

МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЮ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ
ИНСТИТУТ им. А.П. КАРПИНСКОГО»

ПРИОРИТЕТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ НЕДР

По материалам 34-й сессии
Международного геологического конгресса



Издательство ВСЕГЕИ ◆ Санкт-Петербург ◆ 2014

УДК 005.51:551 (470)

Приоритетные направления геологического изучения недр. По материалам 34-й сессии Международного геологического конгресса / науч. ред. О.В. Петров, Н.В. Милетенко. — СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2014. — 370 с. (Минприроды России, Роснедра, ФГУП «ВСЕГЕИ»).

ISBN 978-5-93761-211-3

В книге представлен обзор основных достижений наук о Земле, современных тенденций в области глобальной тектоники, стратиграфии, литологии, геологии месторождений полезных ископаемых и др. Используются материалы 34-й сессии МГК (2012 г.), опубликованных отечественных и зарубежных работ, научных конференций и симпозиумов, международных программ и проектов. Определены приоритетные направления геологических исследований на территории Российской Федерации.

Книга предназначена для специалистов, интересующихся вопросами геологического изучения, использования и охраны недр.

Илл. 56, табл. 6, сп. лит. 313 наим.

Научные редакторы

О.В. Петров, Н.В. Милетенко

Авторы

О.В. Петров, В.И. Колесников, Е.Н. Афанасьева, Б.И. Беневольский, Б.А. Блюман, Г.В. Брехов, С.С. Вартамян, В.И. Вялов, И.Я. Гогин, Л.И. Гурская, Н.И. Гусев, В.А. Жамойда, В.С. Звездов, С.Н. Калабашкин, И.Н. Капитонов, С.Н. Кашубин, А.А. Кирсанов, О.Л. Коссовая, Т.П. Литвинова, А.Г. Марченко, Е.Д. Мильштейн, Ю.Б. Миронов, А.В. Молчанов, Н.В. Родионов, Г.В. Ручкин, Д.В. Рябчук, С.А. Сергеев, П.Л. Смолянский, В.А. Снежко, В.В. Соколов, Т.Ю. Толмачева, В.А. Шамахов, Н.Н. Шерстюк, С.П. Шокальский, А.Н. Щендригин

При участии

Т.В. Бузковой, Л.Н. Поповой, С.А. Топорца, И.А. Шерстюк

ISBN 978-5-93761-211-3

© Министерство природных ресурсов и экологии
Российской Федерации, 2014

© Федеральное агентство по недропользованию, 2014

© Федеральное государственное унитарное предприятие
«Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского», 2014

© Коллектив авторов, 2014

ВВЕДЕНИЕ

Геологическая отрасль призвана удовлетворять потребности государства и общества в сфере геологического изучения недр территории Российской Федерации и ее континентального шельфа, воспроизводства ее минерально-сырьевой базы, мониторинга и охраны недр. Она является основой экономики нашей страны, ее минерально-сырьевой, энергетической и экономической безопасности и обеспечивает деятельность отраслей, осуществляющих добычу, первичную переработку, транспортировку и реализацию минерального сырья, потребление минерального сырья производителями энергии, металлургической и химической промышленностью, строительной индустрией и агропромышленным комплексом, а также реализацию геополитических интересов страны, в том числе в Мировом океане, Арктике, Антарктике и на континентальном шельфе Российской Федерации.

Необходимым и обязательным условием развития любой отрасли является наличие четких качественных, количественных и временных критериев, позволяющих оценить ее современное состояние и перспективы с учетом отечественных и зарубежных тенденций.

Такого рода критерии содержатся в «Стратегии развития геологической отрасли до 2030 года», утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 21 июня 2010 г. № 1039-р. Они не могут оставаться неизменными и требуют анализа и учета на всех этапах мониторинга, что связано с глобализацией мировой экономики, имеющей непосредственное отношение к минерально-сырьевому комплексу и геологическому изучению недр, обеспечивающему его воспроизводство.

Решение задач по реализации и совершенствованию отечественной геологической отрасли невозможно без активного участия в организации и работе международных научных форумов, в том числе сессий Международных геологических конгрессов (МГК). Целью этих мероприятий является содействие глобальному развитию фундаментальных и прикладных исследований в области наук о Земле в рамках научных программ, устных и стендовых докладов на симпозиумах и сессиях, выставок GeoExpo, рабочих совещаний, деловых встреч и специальных геологических экскурсий.

Результаты оперативного анализа научных и технологических разработок, представленных на 34-й сессии МГК, служат хорошей основой для подготовки рекомендаций по совершенствованию государственной политики Российской Федерации в области геологии и недропользования.

В книге представлены итоги научных исследований 2011–2013 гг. по базовому проекту «Разработать рекомендации по совершенствованию

государственной политики в области геологии и недропользования на основе материалов 34-й сессии МГК»:

- проведен сравнительный анализ отечественных и мировых тенденций в области геологического изучения территорий, использования и охраны недр;

- уточнены перспективные направления геологического изучения, использования и охраны недр территории России и ее континентально-го шельфа в рамках федеральных программ и международных проектов;

- определены положение и роль российской геологии в мировой системе геологического изучения, использования и охраны недр;

- разработаны рекомендации по использованию приоритетных направлений в области геологического изучения недр и воспроизводства минерально-сырьевой базы Российской Федерации.

Даны анализ и оценка следующих направлений:

- современный уровень фундаментальных геологических исследований в различных странах мира;

- современный уровень научно-методических, программных и технологических разработок в области геологического изучения недр и недропользования;

- роль государственных геологических служб (ГС) в изучении геологического строения и оценки минерально-сырьевого потенциала национальных территорий;

- организационные, научные, экономические, правовые формы участия геологических служб в международных проектах;

- практический опыт деятельности отечественной геологической отрасли на международном рынке услуг в области геологического изучения недр и недропользования.

При работе над книгой использованы циркуляры по подготовке 34-й сессии МГК (5–10 августа 2012 г., г. Брисбен), материалы международных геологических конференций и рабочих встреч, проходивших после сессии, результаты рассмотрения международных проектов и программ, деятельности международных организаций в области геологического изучения недр и недропользования, опубликованные научные работы, программные документы, утвержденные распоряжением Правительства Российской Федерации: «Стратегия развития геологической отрасли Российской Федерации до 2030 года»; «Основы государственной политики в области использования минерального сырья и недропользования»; государственная программа Российской Федерации «Воспроизводство и использование природных ресурсов»; «Итоги работы Федерального агентства по недропользованию в 2005–2011 годах» и др.

Работа выполнялась сотрудниками ВСЕГЕИ при значительной помощи и консультациях специалистов Минприроды России и ЦНИГРИ.



СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ
ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И МИРОВЫХ ТЕНДЕНЦИЙ
ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ,
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ НЕДР

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ НЕДР

Сегодня геологическое изучение недр, как в нашей стране, так и за рубежом, носит многофункциональный характер, оно необходимо для формирования минерально-сырьевой базы и всестороннего использования результатов в интересах фундаментальных научных геологических, металлогенических и других исследований; прогнозирования и поиска полезных ископаемых; оптимизации управления геологоразведочными работами; предупреждения катастрофических природных и антропогенных процессов и явлений, надежного геологического обоснования гражданского и промышленного строительства; повышения эффективности землепользования и охраны недр; усиления обороноспособности страны.

Основные тенденции развития региональных геологических работ в мире:

- повышение степени доступности и общественной значимости результатов геологических исследований;
- целевое и программное планирование региональных геологических работ под решение проблем некондиционной изученности, раскрытия минерагенического потенциала конкретных видов минеральных ресурсов, обеспечения безопасного использования геологической среды;
- поиск и внедрение принципиально новых технологий надежного прогнозирования и обнаружения месторождений полезных ископаемых;
- активное внедрение и совершенствование 3D моделирования для целей прогноза и поисков МПИ на основе соответствующих моделей и ГИС-технологий;
- формирование на основе национальных и международных стандартов единых цифровых баз данных, электронных каталогов и атласов карт, выполненных с использованием ГИС-технологий;
- интенсивное насыщение ГИС геофизической, геохимической и изотопно-геохимической информацией, полученной на современной аппаратурной базе.

Во многих развитых странах мира региональные геологические работы проводятся государственными геологическими службами (ГГС) и другими организациями. Поисковые и разведочные работы выполняются по специальным поручениям правительства на определенных территориях и носят больше прогнозный, чем поисковый характер. Кроме того, ГГС в разных странах выполняют иногда достаточно обширные работы и негеологического профиля. Так, ГГС США ведет топографо-геодезические работы, ГГС Канады, ЮАР и других стран выполняют лицензирование геологоразведочных работ и др.

Ассигнования на РГИ находятся в прямой зависимости от размеров страны, степени ее изученности и значения минеральных ресурсов для экономики и бюджета. Дефицит средств восполняется отчасти местными органами управления, геологоразведочными и горнодобывающими фирмами. Удельные затраты (долл./км²) геологосъемочных работ по разным странам от 3,5 (Норвегия) до 240,5 (Великобритания).

В отличие от России, где в структуре финансирования наблюдается «перекосяк» в сторону геологоразведочных работ, в зарубежных странах эти расходы ложатся преимущественно на частный бизнес, а госбюджетные средства распределяются для решения

общенациональных геологических и социально-экономических задач, включая экологический мониторинг.

Особенности организации региональных работ зарубежных геологических служб. Региональные геологические работы и составление картографической продукции рассматриваются как научные исследования, проводимые высококвалифицированными специалистами, имеющими степени магистров и докторов наук, а сами ГГС выполняют в том числе и функции научных учреждений. В меньшей степени РГИ проводятся другими организациями – геологическими обществами, фирмами, научными институтами, учебными учреждениями, академиями наук. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых относятся к сфере промышленной деятельности и финансируются частными компаниями.

В структуре ГГС зарубежных стран (по роду своей деятельности, финансированию, решаемым задачам) выделяются условно три главных направления:

- *федеральное (национальное)* (США, Великобритания, ЮАР);
- *региональное* (ФРГ, Канада, Австралия и др.) с относительно высокой степенью самостоятельности ГГС регионов;
- *научно-производственное*, объединяющее ГГС и ряд геологоразведочных и добывающих предприятий.

В экономически развитых странах (США, Канада, Австралия) совместно планируются региональные геологические исследования и картосоставительские работы. Если до 90-х годов прошлого века основным направлением было картографирование территории страны с целью открытия месторождений минерального и энергетического сырья, то в начале XXI в. акценты сместились в сторону решения вопросов, связанных с обеспечением гидрогеологическими ресурсами, охраной окружающей среды, оценкой безопасности проживания и др.

При планировании РГИ в США сначала определяются общенациональные и международные приоритетные направления, вырабатываемые в результате обсуждения в правительственных органах, общественных и специальных советах путем опроса сотрудников научных учреждений, геологических обществ и др., а затем специальные отделы (секторы) в составе ГГС разрабатывают многоуровневые системы регионального изучения территории страны. Но все же основной целью исследований является обеспечение необходимой геологической информацией компаний, занимающихся поисками и разведкой минеральных ресурсов для поддержания и увеличения объемов добычи минерального сырья.

Особенности организации региональных работ в России. В конце прошлого столетия стало очевидным, что действующая система планомерного наращивания объемов геологосъемочных работ, оправдавшая себя в условиях недостаточной геолого-картографической изученности территории страны, имеет существенные недостатки:

- узкоцелевой характер геологосъемочных работ, направленных прежде всего на обеспечение нужд геологоразведочного производства;
- нехватка информации для использования недр другими отраслями хозяйства (гражданское и военное строительство, охрана окружающей среды, мелиорация и др.). Из накопленного огромного объема не полностью обработанных и проинтерпретированных данных (даже по полезным ископаемым) в основном использованы сведения в отношении месторождений, выходящих на поверхность. Стало ясно, что имеющиеся материалы ГСР по многим геолого-экономическим и освоенным районам не представляют достаточной базы для решения задач рационального недропользования.

В конце 80-х – начале 90-х годов в России приступили к разработке новой концепции общегеологических работ. Важнейшее значение для них как основы воспроизводства минерально-сырьевого комплекса имеют два положения:

- опережающий ход региональных работ, прогнозирования, поисков и оценки стратегических и остродефицитных для страны видов минерального сырья с целью получения научно обоснованного задела для развития минерально-сырьевой базы и экономики в целом;
- сохранение научного и технического потенциала геологической службы на уровне, достаточном для решения сложного и обширного комплекса задач в области геологии

и воспроизводства минерально-сырьевой базы России. Были предложены три программы – «Госгеолкарта-200», «Госгеолкарта-50» и «Госгеолкарта-1000», – обеспечивающие создание качественно нового информационного продукта в виде многофункциональной геологической основы рационального природопользования и развития минерально-сырьевой базы.

Рассмотрим основные тенденции развития геологического изучения недр в России и зарубежных странах применительно к наиболее важным направлениям исследований – геологосъёмочные и картосоставительские работы, геохимические, включая изотопно-геохимические, геофизические, включая глубинные геофизические, дистанционное зондирование и информационно-геологическое обеспечение.

Геологосъёмочные работы в составе региональных геологических исследований базируются на картографической основе, которая представляется в виде карт различного геологического содержания и разных масштабов.

Мелкомасштабное геологическое картографирование, масштаб 1 : 1 000 000 (1 : 500 000).

Основной задачей мелкомасштабного геологического картографирования является комплексное геологическое изучение суши и континентального шельфа в пределах экономической зоны с целью составления Госгеолкарты-1000/3 в аналоговой и цифровой формах с электронными базами данных, формирующих банк фундаментальной геологической информации. Госгеолкарта-1000/3 служит основой создания сводного информационного уровня, обеспечивает развитие прикладной геологической науки, даёт общие знания о геологическом строении и минерагеническом потенциале регионов страны, позволяет осуществлять разработку и реализацию программ изучения и рационального использования недр, обосновывать направления прогнозных работ и перспективные площади для их постановки.

Работы по составлению Госгеолкарты-1000/3, начатые в 2002 г., построены на принципиально новой концептуальной основе. Госгеолкарта определена как информационно-аналитическая система, базирующаяся на принципах ГИС, что позволяет расширить информационную емкость карт и сопровождающую базу фактографических и картографических данных. Усилена направленность на решение прикладных задач путем расширения содержания комплектов в зависимости от особенностей геологического строения, эколого-геологического состояния регионов и их хозяйственного значения. На картах ГК-1000/3 отображены данные о строении дна акваторий внутренних бассейнов, континентального шельфа и зоны перехода от суши к морю, включая острова. Повысилось значение прогнозно-минерагенических исследований по оценке сырьевого потенциала территорий суши и акватории и локализации новых перспективных площадей. Работы по созданию листов Госгеолкарты-1000/3 обеспечены опережающей базой, включающей серийные легенды (СЛ), цифровые топографические (ЦТО), геофизические (ГФО), геохимические (ГХО) и дистанционные (ДО) основы.

До 2011 г. в работу в основном были вовлечены площади основных горнорудных и экономически освоенных регионов России. В геологическом отношении это складчатые или платформенные районы, характеризующиеся одно-двухъярусным строением разреза с достаточно высокой степенью геологической изученности. С 2012 г. в производство вовлекаются слабоосвоенные территории, характеризующиеся двух-трёхъярусным строением геологического разреза и низкой степенью геологической изученности. Для решения проблем развития минерально-сырьевой базы этих территорий и повышения прогнозной эффективности Госгеолкарты-1000 и ГМК-500 требуются создание современных высокоточных опережающих основ, мелкомасштабное геохимическое доизучение площадей, а также усиление удельного веса сопровождающих геофизических и полевых прогнозно-минерагенических исследований, что неизбежно повлечет за собой удорожание работ при сокращении показателя прироста оперативной изученности.

Этот масштабный уровень по аналогии с ведущими зарубежными странами должен стать базовым для формирования национальной геологической ГИС. В соответствии с этим должна отстраиваться стратегия развития этих работ и совершенствоваться методическая база их проведения.

Целевое планирование мелкомасштабных геологических работ в России привело к выявлению и переоценке значительного количества перспективных площадей, представляющих значительный интерес для инвестиционных проектов и лицензирования рекомендованных участков. В зарубежных странах картирование сходных масштабов по листам стандартной разграфки практически не осуществляется, но сходное специализированное картирование целевых металлотектов – обычная практика.

Другое возможное направление повышения отдачи мелкомасштабного геологического картографирования – увязка и анализ геологического строения и минерагении крупных геологических структур.

Среднемасштабное геологическое картографирование, масштаб 1 : 200 000 (1 : 100 000).

Основной задачей среднемасштабного геологического картографирования является комплексное геологическое изучение суши и континентального шельфа России и составление Госгеолкарты-200 и других карт в аналоговой и цифровой форме с базой данных.

По состоянию на 1.01.2011 уровень среднемасштабной геологической изученности территории России и ее континентального шельфа составляет 80,6, а для сегодняшней изученности 16,7%. Дефицит современной картографической информации объясняется во многом отсутствием в России значимых геологических открытий (крупных месторождений полезных ископаемых) за последние 15 лет. По-видимому, для пополнения фонда перспективных площадей нужен рациональный баланс между объемами среднемасштабных и крупномасштабных геологосъемочных и прогнозно-поисковых работ. Нет альтернативы для геологосъемочных работ (ГСР) в части выделения и подготовки перспективных площадей для постановки прогнозно-поисковых и поисковых работ. Повышение их эффективности видится в усилении прогнозно-поисковой составляющей.

Сегодняшний уровень изученности формируется за счет создания комплектов Госгеолкарты-200 в цифровых форматах. Кроме того, для наиболее перспективных территорий составляются геолого-минерагенические карты масштаба 1 : 200 000 (ГМК-200). Вспомогательные работы заключаются в создании опережающих геохимических (ГХО), геофизических (ГФО) и дистанционных (ДО) основ на площадь картографируемых листов ГК-200. Затраты на их создание составляют до 31% от общих затрат, необходимых для решения задачи.

Эти карты – главный источник информации для установления закономерностей формирования и размещения месторождений полезных ископаемых, прогноза и предварительной оценки перспективных площадей, они обеспечивают восполнение убывающего фонда лицензионных объектов под поисковые и оценочные работы. На основе анализа материалов ГК-200 решается широкий круг вопросов в области горного дела, мелиорации, строительства, рационального природопользования, экологии, прогноза опасных природных процессов и явлений. Среднемасштабные геологосъемочные работы в связи с их особой значимостью планируются и осуществляются в основном в перспективных на открытие стратегических видов минерального сырья горнорудных районах. Часть съемок этого масштаба направлена на удовлетворение потребностей территорий в конкретной информации геологического и прогнозного характера (эколого-геологическая, сейсмогеологическая и т. п.).

Среднемасштабный вид изученности – наиболее детальный и эффективный из применяемых в современной России для прогнозирования и выявления месторождений полезных ископаемых. В области среднемасштабного картирования ситуация схожа с мелкомасштабным практически во всех деталях. Отработанная в России современная технология этого масштаба стала базой для осуществления аналогичных работ в некоторых странах СНГ (Украина, Казахстан), которые приняли ее на вооружение практически без изменений. Работы в ведущих зарубежных странах, по аналогии с мелкомасштабным картированием, уступают в детальности картирования, но выигрывают за счет применения последних достижений в области геохимических и геофизических методов, позволяющих проводить в том числе 3D моделирование перспективных участков недр.

Геологическая съемка масштаба 1 : 50 000 имеет статус специальных работ, финансируемых за счет средств недропользователей. В то же время этот масштабный уровень

должен по аналогии с ведущими зарубежными странами стать базовым для формирования национальной геологической ГИС. В соответствии с этим должна отстраиваться стратегия развития этих работ и совершенствоваться методическая база их проведения.

Виды работ по региональному изучению недр, проводимые зарубежными ГГС, в целом соответствуют принятым в России, и масштабы геологического картографирования сходны между собой. Так, в США геологосъемочные работы ведутся по трём основным направлениям:

- детальное геологическое картирование масштаба 1 : 24 000 (2000 футов в 1 дюйме) – основной масштаб для всей территории США, кроме Аляски;
 - составление нового поколения геологических карт масштаба 1 : 100 000 в основном путем сведения имеющихся данных, прежде всего съёмки масштабов 1 : 24 000 и 1 : 62 500 (1 миля в дюйме);
 - составление трёхмерных геологических моделей с использованием ГИС-технологий.
- Зарубежные ГИС интенсивно насыщаются геофизической, геохимической и изотопно-геохимической информацией, полученной на современной аппаратурной базе.

Полевые работы в зарубежных странах проводятся в значительно меньших объемах и зависят от масштаба и поставленных задач. При крупномасштабных исследованиях, по сравнению с российскими, меньше внимания уделяется поискам. Перспективные участки изучаются относительно редко, так как работы на них выполняются частными предприятиями.

В методике проведения полевых работ маршрутные «исхаживания» при ГСР масштабов 1 : 250 000 и 1 : 50 000 предусмотрены в ограниченных объемах. Задачей полевых наблюдений является выяснение природы геофизических полей, данных интерпретации дистанционных материалов, детальное изучение опорных разрезов, включая по керну буровых скважин и горным выработкам, проведение опробования. Прослеживание и рисовка геологических границ часто проводятся по данным дистанционного зондирования и других материалов.

При выполнении работ масштаба 1 : 250 000 плотность геологических маршрутов и профилей геологических наблюдений составляет 0,1–0,2, при масштабе 1 : 50 000 менее 0,5 км/км². Плотность геохимического опробования в масштабе 1 : 250 000 в США, Канаде и Австралии 0,1–0,2 пробы/км², в масштабе 1 : 50 000 редко более одной пробы. При изучении детальных участков суммарная плотность от 0,3–0,5 до 1–2 пробы при масштабах 1 : 100 000–125 000, редко достигая пяти проб при масштабах 1 : 15 000–1 : 20 000, а на перспективных участках от 5 до 15 проб/км².

Сроки проведения ГСР могут колебаться от двух до четырех лет в зависимости от условий. При выполнении первичной геологической съемки масштаба 1 : 250 000 в малоосвоенных районах Канады (площадь листа 10–12 тыс. км²) потребовались четыре года, в Австралии – два-три года. Сокращение трудозатрат и времени проведения работ (по сравнению с Россией) объясняется широким использованием дистанционных методов исследований и относительно меньшей плотностью наблюдений.

По результатам проведенных исследований создаются следующие карты:

- природы (геологические, дочетвертичных и четвертичных образований, гидрогеологические и др.);
- оценки (регистрационные карты полезных ископаемых, качества подземных вод и др.);
- прогноза (металлогенические, водообильности, прогноза геологических опасностей, условий проведения геохимических поисков и др.);
- изученности (геологической, геофизической и др.).

Апробация отчетных материалов и картографической продукции отличается от российской. В их приемке отсутствуют коллегиальные органы – научно-технические, ученые, научно-редакционные и другие советы. За качество проведенных исследований отвечает автор работ, фамилия которого стоит на карте наряду с фамилией директора отделения ГГС, а в коллективных работах добавляется фамилия редактора.

Геохимические исследования нацелены на геологическое изучение недр с целью прогнозирования и поисков полезных ископаемых и являются неотъемлемой частью геоло-

гоъемочных, геолого-поисковых и разведочных работ в России и за рубежом. С помощью геохимических методов открыт ряд месторождений и перспективных проявлений полезных ископаемых. Наиболее широко и успешно геохимические методы применялись в Китае, Финляндии и других странах. Например, в Китае за последнюю четверть XX в. открыто 579 золоторудных месторождений путем опробования потоков рассеяния на площади 5,3 млн км² с плотностью отбора одна проба на 4–12 км², что соответствует масштабам 1 : 50 000 – 1 : 200 000.

В мировой практике при геохимических исследованиях почти повсеместно произошел переход от широко применявшихся полуколичественных и приближенно-количественных методов к прецизионным инструментальным методам анализа. Результаты геохимических работ, в которых использовались устаревшие методы анализа проб, сейчас уже вызывают недоверие и, как правило, в качестве фактической базы не воспринимаются ни ведущими научными журналами, ни экспертами (*competent person*) при рассмотрении отчетов о результатах геологоразведочных работ, минеральных ресурсах и рудных запасах. Среди современных инструментальных методов мультиэлементного анализа преобладают ICP/OES и ICP/MS. Они широко применяются международными лабораториями, производящими геохимические анализы и имеющими широкую сеть филиалов по всему миру: SGS, ALS, Stewart Group, AcmeLabs, Actlabs и др. Первые три перечисленные лаборатории имеют филиалы в России. Эти методы, в частности, используются и во ВСЕГЕИ (ЦХАЛ).

Резко увеличилось применение портативных рентгеновских анализаторов для экспресс-анализа минерализованных пород и руд *in situ* и для анализа геохимических проб прямо в поле, в ряде случаев непосредственно на точке опробования. Во всем мире стали доступными портативные переносные рентгенофлуоресцентные анализаторы Mobilab X-5000 (масса 9 кг, производитель Olympus Innov-X, США), Delta Premium (масса 1,5 кг, производитель Olympus Innov-X, США), OXFORD X-MET 3000TX и др., которые позволяют при геохимических работах непосредственно в полевых условиях анализировать рыхлые и твердые материалы на широкий диапазон элементов: от Mg до Pb с пределами обнаружения большинства элементов, по крайней мере на уровнях 0,00n–0,0n мас. %.

Доклад М. Cameron, E. Nummi на симпозиуме по прикладной геохимии (август 2011 г.) посвящен практике и совершенствованию технологии использования таких анализаторов не только при геохимических поисковых работах (рис. 1), но и в эколого-геохимических



Рис. 1. Анализ почвенных отложений с помощью рентгенофлуоресцентного анализатора. Рудопроявление Карасьок, Норвегия

исследованиях (Higuera et al.). Открывается возможность получения аналитической информации прямо на участке работ, что позволяет своевременно выполнять детализацию аномалий, корректировать программу и т. д. Но пока это возможно лишь при определении элементов с минимально-аномальными содержаниями не менее нескольких десятков г/т (Cu, Pb, Zn, Ni, Co, Cr и т. п.). Рассчитывать на уверенное определение более редких элементов (Au, PGE, Ag, Bi и т. п.) все же не приходится — для низкокларковых элементов не обойтись без лабораторного инструментального анализа.

Важнейшая проблема, которая прослеживается в материалах симпозиума по прикладной геохимии, — это геохимические поиски рудных месторождений на полузакрытых и закрытых территориях.

Необходимость пополнения минерально-сырьевой базы за счет выявления труднооткрываемых месторождений на полузакрытых и закрытых территориях требует совершенствования прогнозно-поисковых технологий, в том числе геохимических, что увеличило бы глубинность прогноза и поисков и повысило надежность оценки типа и параметров рудных объектов, выявляемых и прогнозируемых под наносами с помощью геохимических методов.

В докладе китайских ученых Xueqiu Wang, Rong Ye отмечалось, что еще до конца не поняты процессы, которые приводят к миграции химических элементов из глубины к дневной поверхности при формировании наложенных вторичных ореолов рассеяния. Газовые потоки могут играть важную роль в переносе металлов от глубокозалегающей минерализации к поверхности. Приводится пример наблюдения наноразмерных частиц металлов в почвах и почвенных газах над глубокозалегающим (400–700 м) медно-никелевым месторождением в Китае. Результаты исследований интерпретируются авторами как результат миграции наночастиц металлов с газовыми пузырьками, движущимися из глубины к поверхности. Одна часть этих наночастиц остается в почвенных газах, другая закрепляется в почвах на геохимических барьерах.

Модель пузырьковой миграции металлов от глубокозалегающего оруденения к поверхности была впервые предложена российскими геохимиками. Однако она не исчерпывает всех возможных механизмов формирования наложенных ореолов над глубокозалегающими и/или перекрытыми наносами рудными месторождениями, предлагаются и другие модели.

Предпочтительнее использование литохимических поисков по вторичным наложенным сорбционно-солевым ореолам и потокам рассеяния, для выявления которых требуются специальные геохимические технологии. Наиболее значимые новые достижения в области совершенствования известных и разработки новых технологий геохимических работ, нацеленных на прогноз и поиски месторождений полезных ископаемых на закрытых территориях, лежат в области методик и технологий, использующих анализ подвижных и вторично закрепленных форм нахождения индикаторных элементов для выявления наложенных ореолов и потоков рассеяния рудных объектов.

В последние годы методы анализа подвижных и слабозакрепленных форм нахождения элементов в верхней части геологической среды разрабатываются, совершенствуются и все более активно применяются. В России это МАСФ — метод анализа сверхтонкой фракции (ВСЕГЕИ); метод «Геогаз» (ИМГРЭ); ТМГМ — термомагнитный геохимический метод; МДИ — метод диффузионного извлечения элементов; МПФ — метод металлоорганических почвенных форм нахождения элементов (Геологоразведка).

Метод анализа сверхтонкой фракции (МАСФ), разработанный во ВСЕГЕИ, широко применяется и приносит положительные результаты в различных регионах России, в том числе при поисках золота на полузакрытых и закрытых территориях такого труднодоступного региона, как Западный Таймыр (рис. 2).

С.Ю. Соколов (Россия) в своем докладе убедительно показал, что МАСФ по своей поисковой эффективности сравним с лучшими мировыми аналогами ММІ и др.

За рубежом применяются методы NAMEG (NAnoscale MEtals in EarthGas — наноразмерные металлы в земных газах) для анализа газовой составляющей верхнего слоя рыхлых отложений (метод чаще известен как GEOGAS) и MOMEО (Mobile Forms of Metals in Overburden — мобильные формы металлов в рыхлом покрове) для извлечения из почвен-

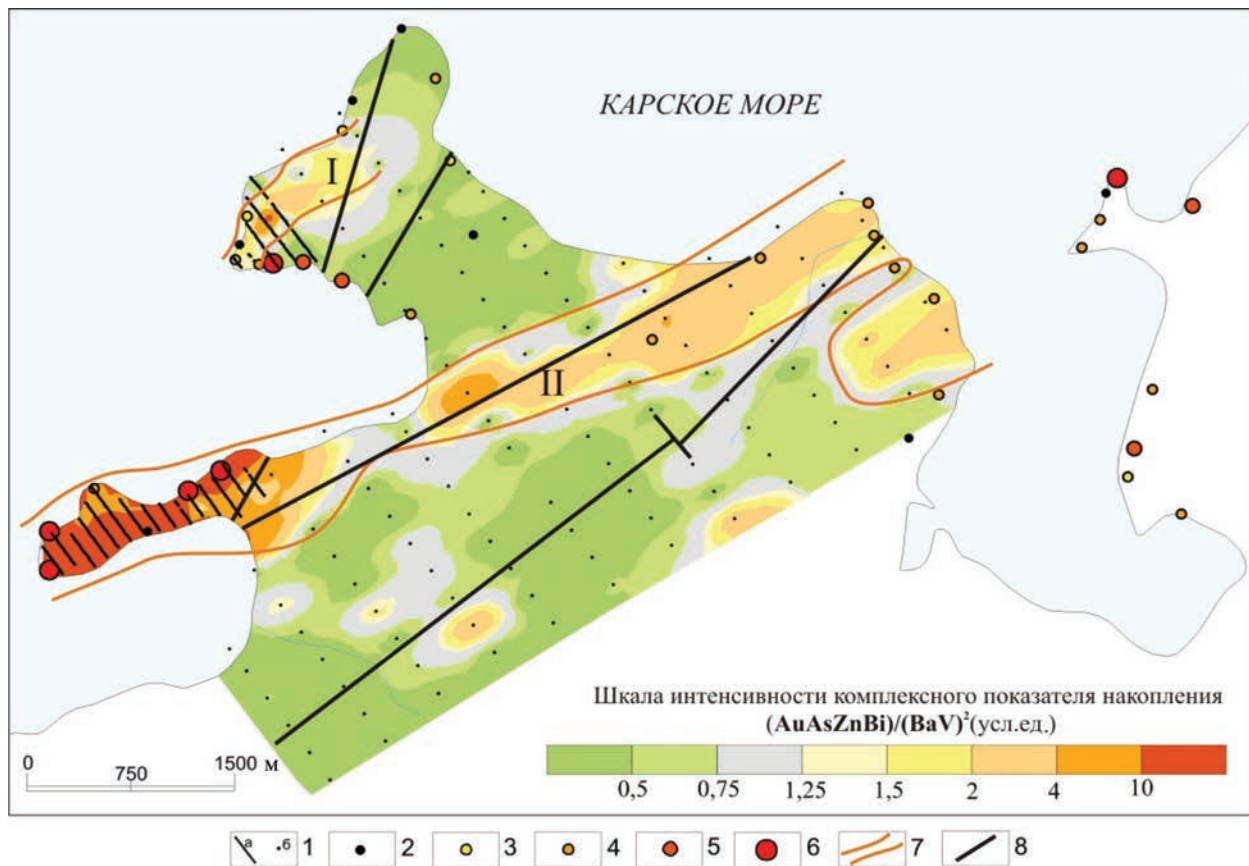


Рис. 2. Прогнозно-геохимическая карта участка Бухта Конечная (Западный Таймыр), построенная по результатам геохимических поисковых работ МАСФ

I – геохимическое опробование МАСФ (*a* – профили опробования масштаба 1 : 10 000, *b* – точки опробования масштаба 1 : 50 000); 2–6 – точки коренного опробования с содержаниями золота (г/т): 2 – < 0,002; 3 – 0,002–0,01; 4 – 0,01–0,1; 5 – 0,1–1; 6 – > 1; 7 – прогнозируемые рудные зоны (*I* – Видимое, *II* – Конечное); 8 – разрывные нарушения

ных проб различных групп мобильных форм нахождения элементов: водорастворимых, элементоорганических, адсорбированных форм и ионно-обменного комплекса (Китай); MMI (Mobile Metal Ion – мобильные ионы металлов) для выделения мобильных ионов металлов из проб рыхлого покрова (реализуется лабораториями SGS в разных странах); GORE-SORBER – метод поисков по атмосхимическим ореолам нефтегазовых (углеводородные газы и пары жидких углеводородов), а также рудных (металлы в парообразном состоянии) месторождений; методы литогеохимических поисков по вторичным ореолам для частичной селективной экстракции элементов из проб.

Использование селективных экстракций элементов применяется в зарубежных странах не только при детальных геохимических поисках, но и при геохимических работах региональных и обзорных масштабов. Национальная ГС Австралии выполняет программу по прогнозной оценке золотоносности страны с использованием метода MMI (доклад P. Caritat, Cooper), примененного на золото по редкой сети (работы континентального масштаба). Результаты показали, что, во-первых, уверенно выделяются главные золоторудные районы с известными месторождениями, во-вторых, по аномалиям золота, т. е. по региональным наложенным ореолам, намечаются новые перспективные районы и пояса.

В то же время многие вопросы, касающиеся сравнительной поисковой эффективности различных технологий поисков по наложенным ореолам и потокам рассеяния, формам нахождения элементов в ореолах и потоках рассеяния, соотношениям и распределению этих форм в различных ландшафтных и геологических условиях, по-прежнему не решены.

Изотопно-геохимические и изотопно-геохронологические исследования позволяют получить наиболее качественный информационный продукт о характере и направленности геологических явлений и процессов. Анализ изотопных исследований прикладного характера, выполняемых лабораториями ведущих зарубежных геологических служб при геологосъемочных, региональных и металлогенических работах (Австралия, США, Германия, Франция, Китай, Финляндия, Канада), показывает, что эти данные широко востребованы и незаменимы при современном уровне исследований. Бурно развивающаяся во всем мире изотопная геология активно используется в практическом решении вопросов способа и времени образования рудных месторождений, источника вещества, стратиграфического расчленения и корреляции, геодинамических реконструкций. Развитие аналитической базы изотопной геохимии, а именно, появление мультиколлекторных масс-спектрометров с индуктивно-связанной плазмой позволяет существенно расширить круг элементов, незначительные изотопные вариации которых могут быть измерены с необходимой точностью.

Главными научно-техническими достижениями за последние годы стали инновационные методики и методические рекомендации по применению комплекса самых современных изотопно-геохимических и изотопно-геохронологических данных для поисков и оценки месторождений высоколиквидных благородных и цветных металлов, включая методику определения генезиса пород по изотопному составу лития и исследования циркона как основного носителя информации о возрасте и эволюции полигенных и полихронных горных пород. Это инновационные направления, они впервые основаны на комплексных изотопных исследованиях, т. е. на сочетании интерпретации результатов анализа независимых изотопных систем и возможностей исследования нано- и микроколичеств вещества, имеющих генетическую привязку.

Во ВСЕГЕИ с 2001 г. функционирует Центр изотопных исследований – первая и единственная в России лаборатория, способная выполнять весь спектр изотопных исследований на современном уровне и имеющая государственную аттестацию. Новые технологии позволяют увеличивать точность и надежность геохронологических определений, применять новые методики на основе лютеций-гафниевого, рений-осмиевого изотопных систем, ранее в отечественной геохронологии не использовавшихся.

В лаборатории изучается генезис месторождений рудных полезных ископаемых и источников рудного вещества (коровых или мантийных) по инновационной изотопной систематике никеля, меди, лития и других металлов наряду со ставшими уже классическими исследованиями изотопов неодима, стронция, свинца. Изотопные исследования востребованы и при изучении углеводородного потенциала территорий.

Однако сейчас в России разработка столь необходимого направления исследований весьма ограничена:

- в РФ не производятся эталонные образцы с аттестованными значениями изотопного состава. Поэтому отсутствует единство измерений в области изотопно-геохимических и геохронологических исследований и снижается достоверность получаемых результатов;
- количество аналитических приборов, необходимых для выполнения прецизионных и качественных измерений изотопного состава различных элементов, чрезвычайно мало;
- практически отсутствуют аттестованные в органах Госстандарта РФ методики выполнения измерений изотопного состава элементов в природных и искусственных объектах.

Выявлены и специфические проблемы, главная из них – трудность или невозможность в ряде случаев однозначной интерпретации изотопной информации.

Это не связано со сбоями в работе приборов или ошибками персонала, это следствие либо небольшого числа применяемых методов непосредственного датирования рудного вещества и пород полигенной или полиметаморфической природы, либо отсутствия полноценных методических рекомендаций для корректной постановки изотопных исследований – выбора конкретных методов, правильного изучения и опробования породы для изотопных работ, интерпретирования полученных результатов.

Данные дистанционного зондирования Земли (ДДЗ) при геологическом изучении недр как за рубежом, так и в России с различным пространственным разрешением (от 0,4 м до 1 км) – Ресурс-ДК1 (Россия); MODIS, Landsat 7, IKONOS, Quick Bird, Worldview-1, GeoEye-1 (США), SPOT 5 (Франция), ERS-1 и -2, Envisat (ЕКА), Cartosat-1 и -2, ResourceSat, RISAT1 (Индия), ASTER, ALOS, PALSAR (Япония), EROS (Израиль), RapidEye, TerraSAR-X, Tandem SAR-X (Германия), RADARSAT 1 и 2 (Канада), Kompsat (Корея), Formosat-2 (Тайвань) и др. – широко используются в геологоразведочном процессе. Это экономически выгодно и технологически целесообразно. ДДЗ обеспечивают необходимую достоверность, точность и детальность результатов геологических работ одновременно на значительных площадях.

Опубликованные отчеты и доклады о результатах дистанционных исследований при геологических работах в зарубежных странах и России, в том числе материалы 24- и 25-й Международных картографических конференций (Сантьяго, 2009; Париж, 2011), Международных конференций по фотограмметрии и дистанционному зондированию (Вена, 2010), «Геоинформатика: теоретические и прикладные аспекты» (Киев, 2011) и «Новые технологии обработки и использования данных дистанционного зондирования Земли в геологоразведочных работах и при ведении мониторинга опасных геологических процессов» (Санкт-Петербург, 2012) показывают, что в научно-методическом и технологическом плане идет постоянное развитие с использованием новых ДДЗ при геологосъемочных и прогнозно-поисковых работах.

Анализ применяемых методик обработки много-, гиперспектральных и радиолокационных ДДЗ и технологий их использования при геологическом изучении недр позволил выделить три основные тенденции развития дистанционного зондирования.

1. Создание новых методов компьютерной обработки много- и гиперспектральных данных: Landsat 7 ETM+, ASTER, WorldView 2 и др. Прежде всего это совершенствование и развитие методик целенаправленной обработки многоспектральных данных, в том числе и высокого разрешения, при геологическом картировании. Повысились информационные и прогностические качества разномасштабных геологических, минерагенических, гидрогеологических и других карт геологического содержания – от геологической карты мира масштаба 1 : 50 000 000 до геологических карт отдельных листов масштаба 1 : 25 000. Наиболее эффективны для решения геологических задач цифровые космические многоспектральные снимки Landsat 7 ETM+, имеющие важные преимущества перед другими данными российских и зарубежных космических систем по информационным качествам (наличие 8 спектральных диапазонов и пространственное разрешение 30–15 м, размер кадра 185 × 185 км, информационное обеспечение работ в масштабах от 1 : 2 500 000 до 1 : 100 000). В России, в отличие от зарубежных стран, при создании геологических карт масштабов 1 : 5 000 000, 1 : 2 500 000, 1 : 1 000 000 и 1 : 200 000 используют дистанционные основы. Под дистанционной основой (ДО) понимается геоинформационный продукт в цифровой форме с качественно новыми индикационными свойствами, созданный по материалам космических многоспектральных съемок в определенной картографической проекции и системе координат. Совершенствование методик обработки ДДЗ направлено на выявление наиболее информативных вариантов сочетаний спектральных диапазонов данных Landsat 7 ETM+ для картирования пород и уточнения границ геологических тел при составлении комплектов государственных геологических карт нового поколения масштабов 1 : 1 000 000 и 1 : 200 000. Специализированные методы обработки этих данных позволяют создавать и актуализировать содержание геологических карт при минимальных затратах. В ряде случаев стоимость создания геологических карт по сравнению с традиционными технологиями снижается на порядок.

Методики обработки гиперспектральных данных и использования их результатов при геологоразведочных работах основаны на том, что многие минералы и горные породы имеют уникальный спектр отражения и поглощения и выделяются по их спектрам. Спектры горных пород отличаются большим разнообразием минерального состава, типов кристаллической решетки минералов, размеров зерен минералов. Индикаторами рудных тел являются либо нерудные компоненты залежей, либо окolorудные изменения рудовмещающих пород, которые фиксируются на гиперспектральных изображениях, например алунит, арсенопирит, гематит, гипс, карбонаты, каолинит, кварц, лимонит и др. Материалы, по-

лученные в результате обработки с использованием спектральной библиотеки минералов и горных пород, позволяют решать задачи, направленные на выявление определенных горных пород и границ их распространения для геологического картографирования, а также минералов-индикаторов полезных ископаемых при прогнозно-поисковых работах.

Во ВСЕГЕИ по заданию Роснедра в горно-складчатых регионах России проводится картирование минералов-индикаторов геологических обстановок, перспективных на выявление полезных ископаемых по данным обработок ASTER. Разработана технология на базе программного комплекса ENVI с использованием методов обработки гиперспектральных данных – Spectral Angle Mapper и Spectral Feature Fitting.

2. Разработка технологий прямого поиска полезных ископаемых на основе физико-химического воздействия на космические многозональные снимки предполагает развитие технологий со специализированной обработкой космических снимков для решения прогнозно-поисковых задач на твердые полезные ископаемые и углеводороды. В основе технологии лежит лазерное сканирование фотоснимков, в результате которого выделяют спектральные аномалии, индицирующие контуры залежей углеводородов на обработанных изображениях. Работы нацелены на прямые поиски конкретных месторождений золота, нефти и газа.

В ЗАО «ТОМКО» разработана технология квантово-оптической фильтрации космоснимков при поисках и разведке месторождений углеводородного сырья. За теоретическое обоснование технологии приняты идеи Е.И. Тарновского, которые базируются на том, что атомы во всех молекулах имеют определенное пространственное положение и собственное электромагнитное поле с характеристическим пространственно-частотным распределением интенсивности. Авторы разработки считают, что электромагнитное излучение большого объема количества нефти и газа фиксируется определенным образом на космическом снимке и может быть использовано для подтверждения открытых и выявления пока еще неизвестных месторождений.

Метод геокосмического зондирования Земли (ГКЗ) дает возможность выявлять в приземной атмосфере аномальные концентрации наночастиц химических элементов минералов и пород, затем устанавливать границы нанопылевых облаков и их площадных аналогов (нанохимических аномалий) и определять интенсивность нанопылевых аномалий на качественном уровне на данном этапе развития метода. Работы методом ГКЗ должны завершаться наземной заверкой нанохимических аномалий и их оценкой комплексом геолого-геофизических и геохимических методов с применением горно-буровых работ. Метод ГКЗ может распространяться также на поиски аномальных концентраций ионов метана, его гомологов и на его использование при геологическом картировании закрытых территорий.

С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин и др. (Украина) – авторы оригинальной технологии обработки и интерпретации спутниковых данных для прямых поисков и разведки месторождений. Технология позволяет оперативно обнаруживать и картировать аномальные зоны типа зон рудной минерализации, которые обусловлены месторождениями золота, урана, цинка, железа и т. д.

3. Разработка и совершенствование методик обработки радарных снимков, вызванных расширением круга решаемых геологических задач и направленных на совершенствование методик обработки радарных снимков для мониторинга геологической среды и создания цифровых моделей рельефа. Этим вопросам уделяется большое внимание на различных международных форумах. На Международной конференции по фотограмметрии и дистанционному зондированию (Вена, 2010), на секции «*Микроволновое дистанционное зондирование*» были представлены многочисленные доклады, посвященные изучению и мониторингу оползней, наиболее распространенных и опасных экзогенных геологических процессов, а также использованию поляриметрических данных для построения цифровых моделей рельефа и дифференциальной интерферометрии для изучения изменений поверхности. При исследованиях используются радарные данные многих стран: ERS-1 и -2, Envisat (ЕКА), RISAT1 (Индия), PALSAR (Япония), TerraSAR-X, Tandem SAR-X (Германия), RADARSAT 1 и 2 (Канада). Отечественные космические съемочные

радиолокационные системы на орбите отсутствуют, а аппаратура находится еще в стадии разработки.

Как показывают доклады международных конференций, работы ведутся во многих странах (Италия, Испания, Франция, Германия, Румыния, Швейцария, Япония, Узбекистан и др.), в том числе и по международным проектам. Материалы спутниковой интерферометрии применяются для мониторинга оползней в рамках различных европейских проектов Terraforma и PREVIEW, входящих в проект GMES (Глобальный мониторинг окружающей среды и безопасности). При выполнении проекта GMES используются различные методы интерферометрии для картографирования и мониторинга оползней главным образом по спутниковым данным ERS и Envisat, включающим новейшие исследования и технологические разработки в области дистанционного зондирования для совершенствования методов управления природными рисками. Используемые методы базируются на интеграции оптических и радарных данных дистанционного зондирования. Эта информация объединена с данными традиционных полевых измерений и наблюдений для обновления существующих инвентаризационных данных о состоянии и геометрии оползней и выявлении их изменений, а также новых оползней. Используя эту технику, можно достигнуть существенных успехов в картографировании и мониторинге оползней.

Геофизические работы. Ведущие в этой области в мире Канада, США, Норвегия, Великобритания, Австралия. Наиболее крупным производителем региональных геофизических исследований считается Канада. К национальным приоритетам в Канаде относится изучение геомагнетизма. Кроме того, там, как и в других упомянутых странах, существует специализированный центр геофизических данных (GDCINFO), который концентрирует все виды информации по региональной геофизике, обеспечивает доступ к аэромагнитным, гравиметрическим, электрометрическим, сейсмическим, радиометрическим и другим результатам геофизических исследований и обладает современными инструментами для их проведения. Одним из крупнейших центров геофизических данных является и компания GETECH (Великобритания), владеющая всемирной базой гравиметрических, аэромагнитных, сейсмических и других данных. Компания располагает широким спектром программного обеспечения, в том числе и собственным (GETdbase), с возможностью обработки любых типов данных, от аналоговых до цифровых.

В Австралии действует проект «Геофизические исследования континента Австралия». Собрана активная группа специалистов, занятых приобретением, обработкой, архивированием, представлением и интерпретацией аэрогеофизической и гравиметрической информации. Аэрогеофизическая база данных геофизики содержит приблизительно 19 млн км профильных данных, гравиметрическая больше 1,4 млн станций, собранных в 1500 обзоров. Вся продукция доступна для правительственных агентств, промышленных предприятий, исследовательских и образовательных учреждений, а данные проекта – для приобретения, интерпретации, исследования и обучающих программ.

Анализ региональных геофизических исследований, проводимых за рубежом, показывает, что геологические службы, сервисные компании во многих странах (Канада, Финляндия, Великобритания, США, Австралия и др.) при изучении земных недр широко применяют комплексирование разных геофизических методов. Основными являются аэрогеофизические методы, сейсморазведка, электроразведка, радарные съемки.

Наиболее распространены магнито- и гравиметрические методы. В аэромагниторазведке применяемые датчики магнитометров обычно парашелочные и с оптической накачкой, цезиевые или более чувствительные калиевые, а также основанные на эффекте Оверхаузера. Широко применяется также вертикальный магнитный градиентометр, способный проследивать геологические контакты. Совершенствуется технология горизонтальной градиентометрии. Расширяется практическое её применение, в частности, для межмаршрутной интерполяции аэромагнитных измерений. Разработаны фирменные методы обработки градиентометрических данных, например, GT – Grid компании Scott Hogg и Associates (Торонто, Онтарио). Такая конфигурация позволяет наряду с вертикальным градиентом измерять и горизонтальные – продольный и поперечный.

На мировом рынке услуг лидирует аэрогеофизическая компания UTS Geophysics. Она обеспечивает полный набор услуг, включая аэромагнитометрические (односенсорные и градиентные), аэрорадиометрические, аэрогравиметрические и аэроэлектромагнитные съемки. Компания занимается разработкой инновационных технологий и поставкой геофизических данных самого высокого качества в области экологии, добычи полезных ископаемых, нефти.

Несмотря на высокую стоимость, особую роль в зарубежной практике играют банки данных петрофизической информации. Определение физических свойств пород позволяет устранить или уменьшить действие принципа эквивалентности. Возрастание количества методов ведет к удорожанию стоимости исследований и увеличению времени их выполнения, однако западные компании в большинстве случаев на это не скупятся, поскольку геологическая эффективность при изучении объектов становится тем выше, чем шире будет комплекс.

Глубинные геофизические исследования при геологическом изучении недр. Огромный накопленный фактический материал, высокий аппаратно-технологический уровень полевых работ, достижения в обработке геофизических материалов дают возможность существенно повысить геологическую информативность исследований.

Начало этапу развития глубинных геолого-геофизических исследований было положено в 1997 г. Государственная сеть опорных геофизических профилей, параметрических и сверхглубоких скважин на территории основных минерально-сырьевых провинций России как основа работ общегеологического и специального назначения создается уже больше пятнадцати лет. Исследования проводились и ведутся практически на всей территории континентальной России, а также на акваториях Баренцевоморско-Карского и Охотоморского бассейнов, в глубоководной части Северного Ледовитого океана. Общий объем профилей на 2011 г. составил 23 400 пог. км (на континентальной части России более 11 575, на акваториях 11 825 пог. км), параметрическими скважинами пройдено 12 000 пог. м.

Коренным образом повысился прирост изученности территории глубинными исследованиями благодаря введению нового элемента сети опорных профилей, так называемых *композиционных профилей*, составленных камеральным путем на основе обобщения и анализа результатов и обработки материалов ранее пройденных глубинных региональных профилей.

Важнейшим элементом Государственной сети является система *глубоких и параметрических скважин* в зоне проложения опорных профилей. За последние годы отработаны две параметрические скважины в зоне опорного профиля 1-ЕВ (Восточно-Европейская платформа) – Воронежская и Онежская (2009). Проводятся работы по второму этапу Янгиюганской параметрической скважины в восточной части опорного профиля Полярно-Уральский трансект. Одна из основных задач – получение параметрической информации о физических свойствах пород разреза с целью выяснения природы сейсмических границ и аномалеобразующих объектов. В работы по созданию параметрических скважин входит не только широкий комплекс геофизических исследований скважин, но и большой объем современных лабораторно-аналитических исследований.

За последние годы существенно *повысилось качество обработки* материалов по основному комплексу полевых исследований на опорных профилях: обработка (по большей части) выполняется на достаточно высоком уровне; унифицированы методики стандартной обработки данных МОГТ на наземных и морских опорных профилях, обработки глубинных геоэлектрических данных ГМТЗ-МТЗ-АМТЗ. Достигнуты определенные успехи в обработке гравиметрических и магнитометрических данных – неотъемлемой части комплекса глубинных исследований. Значительный вклад в повышение уровня и геолого-геофизической информативности представляемых материалов – широкое внедрение современных систем углубленной обработки, основанное на использовании статистических и статистическо-динамических характеристик волновых и потенциальных полей. Использование современных компьютерных технологий определило принципиально новый уровень обработки и представления материалов.

Ведутся исследования, направленные на разработку моделей глубинного строения как фундаментальной геолого-геофизической основы научных исследований земной коры, изучения источников возникновения и прогноза природных геологических процессов, уточнения закономерностей формирования и размещения месторождений полезных ископаемых и повышения качества всех карт геологического содержания.

Проблеме создания *глубинных структурно-физических моделей* уделяется всё большее внимание, поскольку именно эти модели должны служить фактологической основой для дальнейшей геологической интерпретации. До недавнего времени этот вид работ не выделялся в самостоятельный этап.

Важное достижение – использование информационных ресурсов и компьютерных технологий, обеспечивающих современный технический и технологический уровень геологосъемочных, геофизических, геохимических, дистанционных и лабораторно-аналитических работ. В связи с этим основной тенденцией геологического изучения недр России является дальнейшее совершенствование **информационного обеспечения**.

Сравнительный анализ направлений развития работ информационного обеспечения при геологическом изучении недр в России и зарубежных странах позволил выделить две основные тенденции, имеющие общемировое значение: первая – *системная организация цифровых геологических материалов*, вторая – *создание удаленного доступа к геолого-картографической информации*. Эти тенденции обозначились в середине первого десятилетия нынешнего века и продолжают развиваться. Совершенствование методологии по систематизации данных и существенный прогресс в развитии программно-технологических средств позволяют успешно решать одну из основных задач геологических служб развитых государств (в том числе и Минприроды России) – оперативного обеспечения общества достоверной информацией о геологическом строении недр и геологических опасностях на подведомственных территориях.

Системная организация цифровой геологической информации включает три уровня:

- международные стандарты и классификации;
- гибридные (интегрированные) системы;
- частные классификации.

В области системной организации цифровой геологической информации на уровне *международных стандартов и классификаций* мировыми лидерами являются геологические службы Австралии, Великобритании, США и Канады. Эти страны, первыми столкнувшись с проблемами организации информации, разделили их на две составляющие. Целью одной является организация надлежащего хранения и учета цифровых информационных ресурсов, а второй – их организация с позиций эффективного использования. Второе направление, ориентированное на эффективное использование уже накопленных цифровых данных, – наиболее сложное и неоднозначное. Учитывая общемировую тенденцию к глобализации промышленного производства, науки и технологии, в области использования геологических ресурсов обозначился ряд приоритетов, которые оказывают кардинальное влияние на способы организации геологической информации. Среди основных приоритетов – возможность быстрого интернет-доступа (использование стандартных международных форматов доступа к данным), максимальное единообразие и сопоставимость геологических материалов (унификация, которая бы позволяла их использование представителями различных геологических школ без дополнительной переработки). Именно это играет и будет играть решающую роль при выборе методологий и технологий организации геологических данных.

Для создания разрозненных локальных хранилищ цифровой геологической информации ГС развитых стран пошли по пути интеграции имеющейся информации, организации единых баз цифровых геологических данных и создания национальных геолого-картографических систем. Работы ведутся достаточно давно (в Великобритании с начала 90-х, США, Канаде, Австралии с 1993 г.) по причине низкой эффективности применения цифровых геологических данных для анализа и обобщения информации. По сути сложные и дорогостоящие геоинформационные системы использовались в геологии как графические редакторы, основным предназначением которых была подготовка печатных

версий карт. При таком подходе терялся смысл создания цифровых моделей геологических карт и дальнейшего использования ГИС. Проанализировав сложившуюся ситуацию, специалисты USGS и CGS пришли к выводу о необходимости смысловой структуризации цифровой геологической информации, создания унифицированной концептуальной модели данных и единой терминологической основы. В технологическом плане был взят курс на переход от каталожно-файловой структуры хранения на формат базы данных и реализацию UFM-модели.

Выбранный подход себя полностью оправдал – разработанная ГС США и Канады концептуальная модель NADM-C1 получила общемировое признание, она с успехом использовалась для построения национальных геолого-картографических систем в Канаде, Австралии, США. Сегодня эта модель используется как основа для создания национальных систем в ряде стран Африки, Юго-Восточной Азии и Латинской Америки, в Европе она стала стандартом де-факто для геологических служб, участвующих в реализации программы INSPIRE, финансируемой Евросоюзом. Сейчас эти работы ведет Комиссия по управлению и использованию геологической информации (CGI) Международного союза геологических наук (IUGS). Вторая составляющая проблемы по системной организации цифровой геологической информации – унифицированная терминологическая основа решается ведущими геологическими службами мира в рамках работ, координируемых Комиссией по управлению и использованию геологической информации (CGI) представителями рабочей группы по многоязычному тезаурусу (Multi Lingual Thesaurus Working Group).

Успешное совершенствование и внедрение в практику геологического картирования этих составляющих цифровых геологических данных (унифицированная концептуальная модель, структура и терминология) позволили ряду геологических служб перейти к созданию бесшовных геологических карт крупных регионов и даже континентов. Именно на основе таких подходов подготовлены сводные карты территории Великобритании, Франции, части штатов США, провинций Канады, но наибольшего успеха, на наш взгляд, достигли австралийские геологи (рис. 3).

В декабре 2008 г. ГС Австралии выпустила пресс-релиз (http://www.ga.gov.au/image_cache/GA13055.pdf), в котором указывалось, что за восемь лет работы была подготовлена бесшовная геологическая карта всей территории Австралии и о. Тасмания масштаба

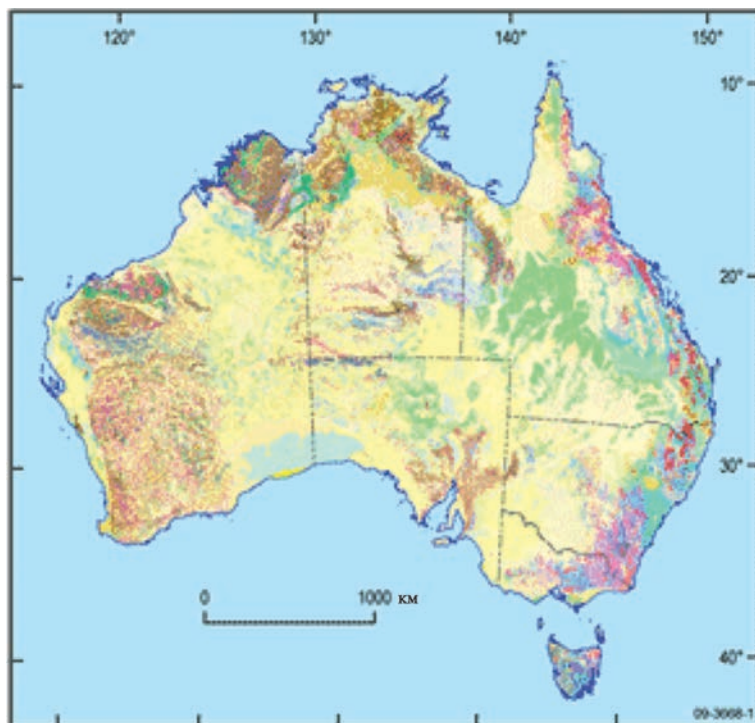


Рис. 3. Бесшовная геологическая карта Австралии масштаба 1 : 1 000 000

1 : 1 000 000, содержащая более 5900 литостратонов (картируемых подразделений) и 247 000 полигонов (картируемых объектов). В качестве исходных материалов для создания карты использовалось более 400 карт масштабов 1 : 250 000 и даже 1 : 50 000.

Системная организация цифровой геологической информации на уровне *частных классификаций* – использование унифицированных моделей, структур, схем описания и терминологической основы только (лишь) для системной организации базовых цифровых информационных ресурсов, таких как государственные геологические карты и легенды серий листов (в зарубежной практике как аналог используется каталог картируемых подразделений). Унификация цифровых материалов таких карт зачастую может привести к необходимости в некоторых случаях коренным образом менять (унифицировать) саму методику их составления, поскольку в отличие от чисто геологического содержания этих карт очень сильно варьирует не только в различных геологических школах (разные парадигмы), но и существенно зависит от времени создания, региона и пр., и, конечно, большинство геологических служб еще не готово к такого рода преобразованиям. В России ярким примером такого ресурса является «Информационно-аналитическая геолого-картографическая система «ГИС-Атлас Недр России», на основе которого проводится построение сводной цифровой геолого-картографической основы России, главной задачей которой является обеспечение Федерального агентства по недропользованию, его региональных и территориальных органов и подведомственных организаций интегрированной координатно привязанной информацией о геологической изученности, геологическом строении, закономерностях размещения полезных ископаемых, распределенном и нераспределенном фонде недр Российской Федерации. В России создание такого рода информационных систем имеет устойчивую тенденцию.

В рамках различных государственных контрактов Роснедра разрабатывает достаточно большое количество информационных систем, в которых предусмотрены накопление данных, мониторинг и учет результатов различных видов работ по геологическому изучению недр:

- автоматизированная система «Мониторинг состояния и использования ресурсной базы углеводородного сырья распределенного и нераспределенного фонда недр»;
- макет двухуровневого геоинформационного проекта «Анализ геофизической и буровой изученности территории Российской Федерации и ее континентального шельфа на основе современных геоинформационных технологий с целью выбора оптимальных направлений работ по геологическому изучению недр и воспроизводству МСБ углеводородного сырья»;
- автоматизированная система лицензирования недропользования (АСЛН);
- система государственного учета и баланса ресурсов и эксплуатационных запасов питьевых и технических подземных вод;
- картографическая информационно-поисковая система.

Все эти проекты обеспечивают систематизацию цифровой геологической информации на основе классификаций, принятых для исходных аналоговых документов – справочников, классификаторов и кодификаторов информации по изучению недр и воспроизводству МСБ.

Системная организация цифровой геологической информации на уровне *гибридных (интегрированных) систем* развивается в основном зарубежными геологическими службами и рассматривается ими как наиболее перспективная. В качестве основы для систематизации цифровой информации базовых ресурсов (геологическая карта, регистрационные карты и пр.) принимаются международные апробированные и хорошо документированные модели, структуры, классификации, а для специализированных данных используются частные модели. При визуализации пользователь пространственно совмещает данные, в том числе и физически разобщенных систем, при которых они хранятся у других участников, такое совместное отображение данных производится при помощи механизмов, основанных на международных стандартах.

По такому принципу формируется Национальная геологическая картографическая база данных США – NGMDB, которая представляет собой гибрид – одни аспекты унифици-

рованы и централизованы, а другие распределены. Важное приоритетное направление – подготовка и представление пользователям сканированных изображений (http://gsa.confex.com/gsa/2011AM/finalprogram/abstract_197740.htm) геологических карт.

Отечественный пример такого рода – создаваемая ВНИИгеосистем информационная система обеспечения работ по геологическому изучению недр и воспроизводству минерально-сырьевой базы. В теории эта система выглядит достаточно привлекательно. Общая идея, декларируемая разработчиками при описании архитектуры системы, соответствует основным общемировым тенденциям развития информационных технологий. Система представляет собой распределённый информационно-коммуникационный комплекс существующих информационных ресурсов и специально разработанной программной инфраструктуры, обеспечивающей актуализацию и обработку информации из различных информационных систем, её выборку, автоматизированный поиск и единый централизованный доступ к ней на основе корпоративных сетей и международного объединения компьютерных сетей интернета.

За последние три года в этом направлении отечественными геологами достигнут существенный прогресс. В рамках объекта по актуализации Геолкарты, направленного на системную организацию цифровых геолого-картографических данных, подготовлены технологические решения, позволяющие осуществлять взаимодействие с любыми другими системами на уровне самых современных обменных форматов.

Обеспечение удаленного доступа к цифровой геолого-картографической информации – важнейшая составляющая ее эффективного использования, она неразрывно связана с системной организацией данных. Зарубежные геологические службы смогли добиться существенных успехов в систематизации цифровых данных, и этот успех дал толчок для стремительного развития работ по организации удаленного доступа к геологическим материалам. Основная причина повышенного внимания к распространению геологической информации заключается в том, что сложившиеся за несколько столетий представления о роли геологии как науки, обеспечивающей потребности общества в минерально-сырьевых ресурсах, существенно расширяются – знания о геологическом строении становятся базовыми при любых работах, связанных с освоением и использованием территории.

Из шести симпозиумов 34-й сессии МГК по теме «Геоинформатика» три непосредственно посвящены данному вопросу:

– инфраструктура геопространственных данных в науках о Земле (Geoscience spatial data infrastructure);

– управление информацией, взаимодействие и стандарты (Information management – interoperability and standards);

– доставка, распространение и использование геологических данных и информации (Delivery, dissemination and exploitation of geoscience data and information) (<http://www.34igc.org/scientific-themes-symposia.php#theme-5-geoscience-information>).

Инфраструктура пространственных данных в науках о Земле. Лидеры в этом направлении – европейские геологи, геологи Северной Америки и Австралии.

Среди активно развивающихся проектов необходимо отметить, во-первых, панъевропейские проекты INSPIRE initiative и SDI, североамериканские проекты GIN (Geconnections initiatives) и австралийский AuScope project.

INSPIRE initiative – наиболее динамичный и последовательный проект. Официально развивается на основе директивы Европарламента и Евросовета № 2007/2/ЕС от 14 мая 2007 г. Он регламентирует инфраструктуру пространственных данных в Европе для обеспечения панъевропейской экологической (или в области окружающей среды) политики и совместной деятельности на национальном уровне (подробнее – <http://inspire.jrc.ec.europa.eu/index.cfm/pageid/2/list/7>).

Цель проекта Geconnections initiatives – создание и организация упрощенного доступа к данным наук о Земле, подготовленного ГС США (федеральный уровень), геологическими службами отдельных штатов, университетами и прочими организациями за счет распределенной сети, использование которой будет доступно для всех пользователей при помощи бесплатного и open-source программного обеспечения.

Общей научной концепцией проекта AuScore project предусмотрено обеспечение и создание взаимоувязанной инфраструктуры данных наук о Земле и интеграция представления информации на всех уровнях исследований – от атомарного до планетарного.

Управление информацией, взаимодействие и стандарты во многом определяются и обуславливаются потребностями развертывания национальных, межгосударственных, континентальных и глобальных информационных систем. Заметную роль играют совместные усилия по созданию и совершенствованию стандартов для цифровых данных, подготовка международных тезаурусов, словарей, унификация онтологии и семантики. Определяющую роль будут играть развитие и внедрение в практику построения информационных систем единых форматов обмена данными и стандартных моделей отображения информации, обеспечивающих основу для их совместимости и взаимодействия (GeoSciML, GML, EarthResourceML, OGC и др.) по сети интернет.

С 2003 г. под эгидой некоммерческой организации International Union of Geological Science (IUGS) ведутся работы по определению стандартизированной формы представления геологических описаний в цифровом виде для обеспечения международного обмена данными (проект GeoSciML). Первоочередная цель проекта – выработка общей модели для представления данных геологических карт и геологических наблюдений с дальнейшим расширением этой модели и описанием всех видов геологических данных. Проект предусматривает разработку собственно языка описания геологических данных и поддерживающей его системы формализации геологических знаний: временных геологических шкал, словарей понятий и т. п. Проект находится в стадии разработки, пока его результаты не доведены до уровня международных стандартов.

В октябре 2011 г. опубликован проект очередной версии GeoSciML version 3. Язык обеспечивает платформенно-независимый формат представления геологических и связанных с ними описаний пространственных объектов, базирующихся на классах языка GML. Геологическая служба России не участвует в этом проекте.

Доставка, распространение и использование геологических данных и информации – развитие инфраструктуры пространственных данных и стандартизация их взаимодействия. Последние достижения в развитии глобальной инициативы проекта OneGeology Europe направлены на удовлетворение потребностей общества в геологической информации на основе размещения в интернете геологических карт стран-участниц.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОГО ПОТЕНЦИАЛА НЕДР

Определяющее воздействие минерально-сырьевого комплекса (МСК) на экономику и социальную жизнь России и зарубежных стран общеизвестно. МСК играет важную роль в высокотехнологичных отраслях промышленности современных государств как потребителей сырья, так и его ведущих продуцентов. В число таких стран входят высоко развитые и быстро развивающиеся страны (США, Канада, Австралия, ЮАР, Бразилия, Китай и др.).

Для Российской Федерации «МСК является главным донором государственного бюджета, а также единственно возможным источником средств на модернизацию отечественной промышленности и социальной сферы. В обозримой перспективе экономическая и геополитическая позиция России в мире будет по-прежнему в значительной степени определяться количеством, качеством и стоимостью извлекаемого из ее недр минерального сырья».

Приведем обзор тенденций использования в экономике России и высокоразвитых зарубежных стран *стратегически важных полезных ископаемых*: платины и металлов платиновой группы; золота, никеля, кобальта; руд хрома, марганца, титана, редкоземельных элементов и алюминия, а также крайне необходимых для народного хозяйства железных руд.

Платина и металлы платиновой группы. К металлам платиновой группы (МПП) – платине, палладию, родию, осмию, иридию, рутению проявляется сейчас повышенный интерес, что связано с их широким использованием не только во многих отраслях промышленности, но и в валютных сферах, и области применения этих уникальных по своим свойствам металлов постоянно расширяются. Производство МПП становится одной из наиболее динамичных отраслей мировой экономики.

Основные производители платиновых металлов сегодня – ЮАР (64% мировой платины и 23% палладия) и Россия (21% платины и 65,5% палладия), в меньшей степени Зимбабве, Канада, США (рис. 4), доля других платинодобывающих стран незначительна (сотые доли %). Ежегодно в ЮАР добывается 245 т МПП, в России 100, в Канаде 18, США 15, Зимбабве 9. Активные поиски платинометалльных месторождений ведутся в Бразилии, Индии, Китае.

Подавляющая часть мировых запасов и ресурсов МПП связана с коренными породами и рудами магматических месторождений. Вклад россыпей в суммарные мировые ресурсы МПП составляет не более 3–4%.

Среди промышленных месторождений выделяются как собственно платинометалльные, так и комплексные платиносодержащие месторождения, где платиноиды являются попутными компонентами. К первым относятся малосульфидные руды расслоенных мафит-ультрамафитовых интрузий, ко вторым – разнообразные геолого-промышленные типы, где ведущими являются руды сульфидных медно-никелевых платиносодержащих месторождений.

В последние годы разведано немало новых месторождений платинометалльных руд: в Бушвелде, помимо знаменитого рифа Меренского (MR), платиноиды стали добывать из хромитовых руд горизонта UG-2, промышленные содержания платиноидов установлены в канадских расслоенных интрузиях Лак-Дез-Ил (провинция Онтарио) и Войсис Бэй (провинция Лабрадор) и китайском месторождении Джиньчуань.

Мировая промышленность МПП базируется сегодня главным образом на собственно платинометалльных малосульфидных рудах расслоенных интрузий ЮАР (Бушвелд), Зимбабве (Великая Дайка), США (Стиллотер). В России, занимающей второе место в мире по производству МПП (после ЮАР), основным источником платиновых металлов являются комплексные сульфидные медно-никелевые руды месторождений Норильского региона. В небольшом количестве платиноиды попутно добываются из ряда титано-магнетитовых, золото-и меднорудных месторождений.

База мировых запасов МПП составляет 65 тыс. т, большая часть (70%) принадлежит ЮАР, а также России (15%), Зимбабве (12%), США (5%). Прогнозные ресурсы оцениваются в 76 тыс. т (при этом малосульфидных 34, хромитовых 40 и сульфидных 23% руд).

Отмечая исключительную значимость месторождений ЮАР (Бушвелд), зарубежные геологи (G. Cowthorn, R.N. Scoon, A. Wilson) разработали генетическую модель формирования платинометалльных руд бушвелдского типа, важную для прогнозирования в раз-



Рис. 4. Структура мирового производства МПП из руд и концентратов (%) на 2011 г.

личных регионах мира. Большое внимание было уделено открытиям новых месторождений МПГ в Великой Дайке Зимбабве (С. Li).

Перспективы платиноносности расслоенных интрузий Финляндии показаны на примере месторождений Пеникат (R. Kaukonen) и Койвиста (K. Kojonen).

Особенности проявления платиновых металлов в сульфидных медно-никелевых рудах охарактеризованы А.Дж. Налдреттом по канадским месторождениям Садбери, где наибольшую практическую значимость имеют офсетные руды экзоконтактовых зон.

На секции «Офиолиты» были представлены доклады по платино-хромитовым месторождениям Турции (пояс Мугла), Греции (Вуринас), Болгарии (Добромирица), Китая (пояс Луобус), ОАЭ (пояс Семал) и мн. др.

Помимо магматических малосульфидных, сульфидных и хромитовых типов платино-содержащих руд, в отдельных докладах были затронуты вопросы, касающиеся нетрадиционных руд, связанных с осадочными комплексами пород. Геологические обстановки проявления платиноидов в т. н. черных сланцах рассмотрены для месторождений Польши (S. Speczik), Узбекистана (С. Смирнова) и Китая (J. Pashava, S. Jiang).

Российские геологи заострили внимание главным образом на результатах минералогических исследований различных типов платинометалльных руд (Т. Гроховская, К. Малич, Э. Ибрагимова, Э. Конников, Н. Толстых, В. Субботин и др.), в том числе на использовании нанотехнологий (В. Дистер).

В Бушвельде, который является безусловным лидером по производству МПГ из *малосульфидных руд*, открываются все новые и новые рудники. Если в предыдущие годы добыча платиноидов производилась преимущественно в Западном и Южном секторах гигантского расслоенного массива (площадью 66 000 км² при длине 430, ширине 260, мощности 9 км), то сейчас добыча смещается в Северный и Восточный секторы с преимущественной отработкой глубоких хромитоносных горизонтов.

Подтвержденные запасы наиболее крупных месторождений Западного и Южного секторов Бушвельда – Рустенбург, Пилансберг, Аманделбалт, Импала – составляют 2 тыс. т платиноидов (при среднем содержании 5 г/т).

В Северном секторе выявлен рудоносный пласт Плат-риф мощностью до 20 м с сульфидной минерализацией и относительно невысоким содержанием платиноидов (около 3 г/т и менее). Здесь действует карьер, вероятные ресурсы которого 1,2 тыс. т МПГ. Работающие здесь компании Anglo Platinum, Impala Platinum Holdings и др. уделяют большое внимание поисковым и оценочным работам, обеспечивая себе будущее. Наиболее крупное из неосвоенных пока месторождений в Северном секторе – месторождение Аканани, там геологоразведочные работы ведутся силами британской компании Lonmin Pls. Выявленные ресурсы составляют огромный объем – 290 млн т руд.

В Восточном секторе начата отработка месторождений Твикенхем, Бокони, Лимпопо, Медиква с подтвержденными запасами МПГ 365 т. Среднее содержание платиноидов в рудах этих месторождений, по данным компаний Anglo Platinum Ltd. и Implats Ltd., от 3,5 до 5,5 г/т (преобладает платина). Ожидается, что коммерческая добыча руды начнется в 2015 г. В центральной части Восточного сектора в 2009 г. введено в эксплуатацию новое богатое месторождение Мототоло. Проект реализован компанией Anglo Platinum Ltd. совместно с американской фирмой Kagiso Platinum Venture Ltd. Кроме того, компания Implats совместно со своим южноафриканским партнером African Rainbow Minerals Ltd. приступила к сооружению рудника Ту-Риверс, прилегающего к Мототоло.

Не освоено месторождение Буйсендал (Booysendal), принадлежащее южноафриканской компании Northam Platinum Ltd. Начало его отработки (836 млн т руды с содержанием 3,84 г/т МПГ) намечено на 2015 г.

Австралийская NKWE Platinum Ltd. и британская Jubilee Platinum Ltd. компании совместно ведут активное освоение богатого месторождения Стилпорт на востоке Бушвельда. Предполагаемые ресурсы платиносодержащих руд 132 млн т со средним содержанием всех шести платиноидов 5,92 г/т.

На начало 2010 г. выявленные ресурсы платиновых металлов Бушвельда составляли 58,3 тыс. т, в том числе подтвержденные запасы 11,6 тыс. т. В 2009 г. из всех разрабатыва-

емых месторождений было добыто 275 т МПГ, в том числе 146 т платины и 75 т палладия. С 2001 до 2010 г. выпуск платиноидов увеличился на 31%.

В Зимбабве (на Великой Дайке) добыча платиноидов ведется на двух подземных рудниках глубиной до 200 м. Платиноносная Дайка (пл. 3500 км²) приурочена к тому же, что и Бушвельд, глубинному Восточно-Африканскому разлому, пересекающему архейский Родезийский кратон Южно-Африканского щита. Это один из мировых уникамов, который представлен крупным дайкообразным телом ультраосновного состава, протянувшимся почти на 600 км в виде субвертикальной интрузии мощностью 2 000 м. Из недавно открытых здесь платиновых рудников наиболее богаты платиноидами (4,6 г/т при Pt/Pd 2) рудники Хартли и Нгези в Северном секторе Дайки. Ведутся активные разведочные работы и в Южном секторе, где выделено несколько перспективных участков, а с 2009 г. начал действовать рудник Мимоса с запасами 2,28 млн т руды, содержащей 8,8 т МПГ, в среднем 3,86 г/т, и соотношении Pt/Pd 1,5.

Открытие «маленького Бушвельда» в США произвело в свое время (1973 г.) на геологическую общественность ошеломляющее впечатление, поскольку считалось, что Бушвельд уникален. Стиллуотерский массив намного меньше Бушвельда (площадь Стиллуотера 300 км²), но он гораздо богаче платиноидами (среднее содержание МПГ в рудах Стиллуотера 14,5–21,5 г/т). Среди платиноидов ведущее место занимают палладий и дорогостоящий родий, который практически отсутствует в Бушвельде. К 2010 г. на подземных рудниках Стиллуотер и Ист-Боулдер переработан уже 1 млн т руды со средним содержанием МПГ 11,5–14,6 г/т (при Pd/Pt 5,1). Изучаются перспективы платиноносности нижних хромитоносных уровней Стиллуотерского массива.

В Финляндии выявлено несколько платиноносных расслоенных интрузий, наиболее перспективные из них Пеникат, Портимо, Койлисмаа. Проводится оценка их ресурсного потенциала и поиски новых объектов, особенно в пределах пояса Торнио-Нюранкаваара.

При изучении Скаергардского расслоенного массива (Гренландия) платиноносный горизонт со средним содержанием платиноидов 2,6 г/т был открыт в конце 90-х годов на глубине 1060 м в средней мафитовой части разреза интрузии.

Появились также сведения о платиноносности расслоенных массивов далекой Антарктиды – массивы Дюфек и Уиллинг.

В России в конце XX в. открыто первое российское месторождение собственно платинOMETАЛЛЬНЫХ руд в Федорово-Панской расслоенной интрузии (площадью 260 км²) Кольского полуострова. Здесь уже околонушено пять месторождений, прослежено несколько платиноносных горизонтов (рифов) со средним содержанием МПГ от 1,37 до 50 г/т (преобладает палладий). Наиболее значимы верхние и нижние рифы с тонким переслаиванием габбро, норитов и анортозитов. Платиноиды присутствуют в минералогической форме и диагностированы. При участии российских (ГП «ЭГГИ», ОАО «ПАНА», Кольская ГМК) и международных (ВНР Minerals, Barric Gold Corporation) компаний разведано несколько месторождений с подсчетом запасов (250 т МПГ). На Федоровотундровском месторождении предполагается строительство двух карьеров – на участках Пахкварака и Большой Ихтегипахк. Продолжаются оценочные работы на месторождениях Киевей (Западно-Панский блок) и Чуарвы (Восточно-Панский блок). При оценке прогнозных ресурсов МПГ Федорово-Панского массива получены величины, сопоставимые со значениями крупных промышленных объектов.

На других расслоенных массивах Карело-Кольского региона установлены перспективы платиноносности отдельных участков Мончегорского плутона, Олангских интрузий и Бураковского массива Карелии. С последним связываются поиски МПГ в хромитовых горизонтах Аганозерского блока, где, по предварительным данным, среднее содержание платиноидов составляет 0,62 г/т и преобладают редкие МПГ – рутений 52% суммы МПГ, осмий 15–20, иридий 3–5%.

Сульфидные платиносодержащие медно-никелевые руды издавна эксплуатируются в Канаде (Садбери) и уже в значительной мере отработаны. Они содержат сравнительно небольшие количества платиноидов (в среднем 1,7 г/т), но месторождение Садбери занимает по запасам сульфидных руд второе место в мире (после России).

Поиски сульфидных руд привели к их выявлению в Китае (Джиньчуань), Австралии (Мани-Манни), Финляндии (Коталаhti).

В России месторождения сульфидных руд сконцентрированы в Норильском районе, на северо-западе Сибирской платформы, где известны уникальные по объемам и качеству платиноидно-медно-никелевые руды. Они связаны с дифференцированными интрузиями мафитовых серий и локализованы преимущественно в придонных или экзоконтактовых зонах. Содержание платиноидов в богатых рудах 4,5–6,8 г/т (преобладает палладий). Главным производителем этих руд является Заполярный филиал ОАО «ГМК «Норильский никель», который ведет разработку месторождений Талнахское, Октябрьское, Норильск I. На 1.01.2013 балансовые запасы платиноидов по Норильскому району составляли 14 664 т при ежегодной добыче 146 т.

В связи с постепенным исчерпанием богатых руд норильских месторождений начаты работы по расширению этого региона. Так, сравнительно недавно вблизи Норильского рудного поля открыто и разведется новое Масловское месторождение, подготавливаются к освоению Черногорское месторождение и ряд перспективных участков на Талнахе.

В Печенгском районе Карело-Кольского региона эксплуатируются четыре месторождения бедных вкрапленных сульфидных медно-никелевых руд – Ждановское, Заполярное, Котсельваара-Каммикиви, Семилетка, где средние содержания платиноидов не превышают 0,07 г/т. Суммарные запасы МПГ этих месторождений превышают 7 т.

Недавно в Восточных Саянах (Кингашское месторождение) обнаружены платиносодержащие руды с содержанием Ni 0,39, Cu 0,17, Co 0,016%, а также благородных металлов Pt 0,25, Pd 0,25, Au 0,08, Ag 0,73 г/т при запасах 172 032 тыс. т руды и 85 т платиновых металлов. ООО «Кингашская горнорудная компания» осуществляет поиски и оценку платино-медно-никелевых руд на Верхнекингашском месторождении, а ООО «Кингашская ГРК» готовит к освоению Кингашское месторождение.

Прочие месторождения сульфидных платиносодержащих руд вносят лишь незначительный вклад в минерально-сырьевую базу платиновых металлов России: на месторождении Кун-Манье в Амурской области выполнен оперативный подсчет запасов, количество МПГ (12,5 т) составляет 0,08% общероссийских запасов, а Шанучское месторождение Камчатки всего 0,004%.

Платино-хромитовые руды, широко эксплуатирующиеся за рубежом, располагаются среди ультраосновных интрузивных пород – в расслоенных интрузиях и офиолитовых комплексах. Их особенность – повышенное содержание редких платиноидов – иридия, осмия, рутения, которые практически отсутствуют в других типах руд. Хромитовые руды представляют значительный интерес не только как источники коренных, но также и россыпных месторождений.

В Бушвельде (ЮАР) платиноиды извлекаются из хромитоносного горизонта UG-2, прогнозные ресурсы МПГ 32 тыс. т (при среднем содержании 3,5 г/т), в Стиллиутере (США) 6 тыс. т (0,8 г/т).

Известны платиноносные хромиты офиолитовых комплексов Греции (о. Скирос, МПГ 0,25 г/т), Кипра (пояс Троодос, рудник Коккинороцес, 0,2 г/т), Испании (Серрания-Ронда, 0,3 г/т), Алжира (Ахаггар, массив Тибеджид, 2 г/т) и некоторых других стран Средиземноморского пояса.

В России возможность использования хромитовых руд в качестве источника платиновых металлов – новая проблема. До сих пор хромитовые руды рассматривались у нас как мономинеральное сырье для производства хрома без учета примесей платиновых металлов. Переработка хромитовых руд сопровождается таким образом безвозвратными потерями драгоценных металлов. С учетом экономической значимости хромитовых руд встает вопрос не только об оценке их ресурсного потенциала, но и о разработке технологических методов попутного извлечения платиновых металлов из хромитовых руд. Наиболее перспективным районом для таких работ является Полярный Урал, где известны крупные хромитоносные массивы Рай-Из площадью 380, Войкало-Сыньинский 1900, Сыум-Кеу 600 км². Технология этой важной проблемы рассматривается на горно-металлургическом факультете Санкт-Петербургского горного университета.

Формирование *платиноносных россыпей* различных генетических и морфологических типов связано с разрушением ультраосновных пород и прежде всего хромитоносных дунитов. Поиски россыпных месторождений – одна из актуальных мировых задач, поскольку большинство известных зарубежных месторождений отработано или на грани исчерпания: Колумбия (бассейн Аtrato, западный склон Кордильер), США (штат Аляска, россыпи Гудньюс Бей), Канада (штат Британская Колумбия, район Туламин), Австралия (Адамсфилд), Япония (о. Хоккайдо, р. Юбари), Индонезия (Калимантан).

В России основные промышленные платиноносные россыпи связаны с Кондерским массивом Якутии ($1\text{--}2\text{ г/м}^3$ МПГ) и небольшими проявлениями на Урале. Крупным достижением российских геологов было открытие в 90-х годах прошедшего столетия богатых россыпей Корякии (Сейнав-Гальмоэнанский россыпной узел, р. Вывенка). По составу руды относятся к весьма ценному иридий-платиновому типу со средним содержанием металлов $2,8\text{ г/м}^3$. Россыпи сейчас уже в значительной мере отработаны.

Перспективы теперь связываются с Феклистовским массивом Дальнего Востока. В пределах этого массива, расположенного в Шантарском архипелаге на о. Феклистов в Охотском море, выделено несколько платиноносных россыпей в прибрежно-морских отложениях (россыпи уходят в море почти на $0,5\text{ км}$). Содержание платиноидов в современных делювиально-аллювиальных осадках $3,14\text{ г/м}^3$.

Помимо малосульфидных, сульфидных, платино-хромитовых и россыпных месторождений МПГ, которые традиционно связаны с магматическими породами основного и ультраосновного состава, в различных странах мира открыты неизвестные ранее для платиноидов нетрадиционные типы руд, связанные с осадочными породами, – *черносланцевые руды*. Их появление стало крупным событием конца XX в. Такие руды часто содержат целый спектр ценных металлов – Ni, Cu, Co, Zn, V, Mo, U, Ag, Au, МПГ, образуя богатые комплексные руды. Это новый сырьевой источник металлов платиновой группы, который можно рассматривать как высокоперспективный. Толщи металлоносных сланцев распространены на десятки–сотни квадратных километров и содержат огромные ресурсы многих металлов. Скоро такие руды могут стать важнейшим источником платиновых металлов, не уступающим по своим масштабам магматическим рудам.

Платиноиды в небольшом количестве добываются из черных сланцев Польши (Любинский район, Нижняя Силезия), Канады (бассейн Селвин, Юкон), Узбекистана (Мурунтау), где они сопровождают медные, полиметаллические и золотые руды.

В России черносланцевые руды практически только начинают изучать. Однако определенные перспективы связываются с платиносодержащими уран-ванадиевыми рудами Карелии (Падма, Онежский прогиб), золотыми рудами Сибири (Сухой Лог, Олимпиада) и Центральной России (Тим-Ястребовская зона Воронежского кристаллического массива – ВКМ). Предварительные расчеты показали, что прогнозные ресурсы платиновых металлов, ассоциирующих с черными сланцами, могут достигать тысяч тонн. Следует вывод о необходимости проведения первоочередных исследований этих типов руд.

К нетрадиционным типам руд можно отнести также *платиносодержащие отложения и металлоносные продукты океанов*, что является чрезвычайно важным открытием.

Ресурсы Мирового океана могут в ближайшие годы занять ведущее место в производстве МПГ, особенно это относится к платиносодержащим железомарганцевым конкрециям (ЖМК) и кобальтмарганцевым коркам (КМК), обнаруженным в семи районах Тихого и на ряде участков Индийского и Атлантического океанов. Залежи руд охватывают громадные площади, измеряемые тысячами квадратных километров. Некоторые обнаружены на сравнительно небольших глубинах (до 200 м) шельфовых зон. Руды представляют собой комплексное сырье на железо, марганец (до 22%), кобальт ($0,64\%$), никель ($0,45\%$), а также на платину (1 г/т).

Значительным событием стало открытие в Атлантическом (впадина Гуйамас в Калифорнийском заливе) и Тихом (хребет Хуан-де-Фука) океанах крупных проявлений массивных сульфидов. По мнению многих исследователей, запасы океанических сульфидных руд соизмеримы с запасами эксплуатируемых на суше сульфидных руд колчеданного типа.

Россия имеет заявочный участок ЖМК в Тихом океане (поле Кларион-Клиппертон), где проводятся разведочные работы. Поисковые работы на КМК начаты в районе Магеллановых гор Тихого океана. Подготавливаются заявочные материалы на сульфидные руды в Северо-Атлантическом океане. Во ВНИИОкеангеология (Санкт-Петербург) разработана концепция освоения минерально-сырьевых ресурсов океанов на российских участках в 2021–2025 гг. В ближайшие десятилетия в сферу использования будут, вероятно, вовлечены новые месторождения других генетических типов с сопутствующей платиновой металлоносностью – коматиитовые, кор выветривания, соленосных бассейнов и др.

Сопоставление минерально-сырьевых ресурсов МПГ России и зарубежных стран:

– основу минерально-сырьевой базы России составляют сульфидные медно-никелевые платиносодержащие комплексные руды, в которых преобладает палладий, тогда как за рубежом лидирующее положение занимают собственно платинометалльные малосульфидные руды с доминирующей дорогостоящей платиной;

– в РФ отсутствует производство платиновых металлов (особенно редких – иридия, осмия, рутения) из хромитовых руд, в то время как за рубежом они составляют не менее 30–40% мировых запасов МПГ;

– восполнение ресурсов платиновых металлов в России ограничено в связи с отсутствием специализированных работ по изучению новых типов МПГ, освоение которых активно проводится во многих зарубежных странах: черносланцевых руд в Польше, Китае, Канаде, коматиитовых в Австралии, гипергенных кор выветривания в странах Южной Америки и Океании.

Федеральные приоритеты в отношении платиновых металлов должны определяться необходимостью создания новых резервных минерально-сырьевых баз (МСБ), в том числе с нетрадиционными и новыми типами руд.

Ориентация нашей платинодобывающей отрасли только на сульфидные руды норильских месторождений (при падающем уровне добычи) на сегодняшний день устарела. Известно, что в норильских месторождениях происходит постепенное снижение содержания и количества платиноидов в рудной массе за счет падения доли сплошных богатых руд. По экспертным расчетам, уже к 2020 г. для сохранения необходимого производства МПГ потребуются в 2,5 раза увеличить количество добываемой Норильским комбинатом рудной массы, что вряд ли реально.

Чтобы не только не потерять завоеванных позиций на мировом рынке, но и занять лидирующее положение, необходимы новые источники МПГ, и в первую очередь такого высоколиквидного металла, как платина.

При рассмотрении научных и методических вопросов, касающихся расширения минерально-сырьевой базы МПГ на территории РФ с использованием зарубежных достижений, возникает ряд проблем:

– географическая – сегодня большая часть разведанных запасов МПГ (более 90%) сосредоточена в труднодоступных Арктических районах РФ, в то время как простаивают готовые металлургические мощности на Южном Урале, в Центральной России, Южной Сибири;

– методологическая (недостаточная разработанность методики проведения поисково-оценочных работ, несовершенство технологии извлечения платиноидов из комплексных руд);

– отсутствие крупных инвестиций в платинодобывающую отрасль, медленно изучаются перспективные площади и новые типы платиносодержащих руд.

Проведенный анализ позволяет предложить концепцию стратегического развития МСБ платиновых металлов в РФ на ближайшую перспективу:

– разработать методы научных и технологических исследований по расширению ГРР в Норильском, Карело-Кольском, Уральском и Корякско-Камчатском регионах, а также созданию резервных МСБ в Курско-Воронежской, Алтае-Саянской, Таймыро-Североземельской провинциях;

– провести качественное обновление (с повышением доли платины) МСБ на основе ввода в строй новых источников МПГ – золоторудных, черносланцевых и других новых для МПГ типов;

– осуществить возрождение роли государства в освоении платинометалльных месторождений, регулировании воспроизводства и продажи таких высоколиквидных металлов, как металлы платиновой группы.

Реализация предложений по развитию минерально-сырьевых баз платинодобычи может привести к экономическому оживлению ряда крупных регионов России. Создание там новых рабочих мест будет иметь немалый социальный эффект.

Нельзя забывать и о политическом значении роли России – стать лидером мирового рынка платиновых металлов. Введение в строй рекомендуемых крупнообъемных источников МПГ может обеспечить Российской Федерации долговременное лидирующее положение в мире.

Золото – редкий металл, его среднее содержание в земной коре всего 5 мг/т. Тем не менее, месторождения золота распространены на территории более ста стран на всех континентах и встречаются в самых разнообразных геологических обстановках. Основными источниками золота служат собственно золоторудные коренные месторождения, а также коренные месторождения комплексных руд, в которых золото присутствует в качестве попутного компонента, и россыпи, где концентрируется золото, высвобожденное при разрушении коренных месторождений. Запасы (reserves) золота в мире, по данным ГС США, оцениваются в 47, общие запасы (reserve base) в 100 тыс. т.

Общепринятой классификации геолого-промышленных типов месторождений золота не существует. Более 89% мировых запасов сосредоточено в месторождениях, которые можно отнести к следующим типам:

– месторождения золотоносных конгломератов, заключающие около 31% мировых запасов золота. Самые значительные месторождения этого типа находятся в уникальном рудном районе Витватерсранд в ЮАР;

– золотосодержащие медно-порфировые месторождения. В них заключено 18% мировых запасов золота, хотя главным полезным компонентом в рудах является медь. Типичные месторождения этого типа: Грасберг (Индонезия), Пеббл (США), Алмалык (Узбекистан), Бингхэм (США);

– эпитермальные месторождения золото-серебряных (и золото-теллуридных) руд, приуроченные к вулcano-плутоническим структурам, содержат около 15,7% мировых запасов золота. Характерные объекты этого типа: Янакоча (Перу), Паскуа-Лама (Чили), Карамкенское, Асачинское, Родниковое, Многовершинное, Купол (Россия);

– месторождения золото-кварцево-сульфидных руд (углеродсодержащих) апотеригенно-сланцевых толщах, в том числе метаморфизованных в зеленосланцевой фации, включают 14% мировых запасов. Наиболее известные месторождения этого типа: Мурунтау (Узбекистан), Сухой Лог, Наталкинское, Олимпиадинское, Нежданинское (Россия), Бакырчик, (Казахстан), Ашанти (Гана);

– месторождения золотосульфидных джаспероидных руд в терригенно-карбонатных толщах (карлинский тип); на их долю приходится 4,4% мировых запасов золота. Типичные месторождения находятся в США (Карлин, Голдстрайк); в последние десятилетия месторождения (специфические гомологи) этого типа обнаружены также в Китае (Цзиньфын) и Бразилии (Паракуту);

– месторождения золото-сульфидно-кварцевых руд в зеленокаменных поясах древних щитов, 4% мировых запасов. Типичные месторождения: Колар (Индия), Холинджер, Поркупайн, Норсмен (Канада), Калгурли (Австралия);

– россыпные месторождения, в которых заключено 1,9% мировых запасов золота;

– остальные 11% запасов распределены по месторождениям, связанным с магматическими и метаморфическими комплексами и сформировавшимся в различных геотектонических обстановках. Среди них важную роль играют комплексные месторождения с попутным золотом, прежде всего колчеданно-полиметаллические, сульфидные, медно-никелевые и др.

С 1998 по 2011 г. в структуре мировых запасов золота в недрах произошли заметные изменения. На 15% уменьшились запасы активно эксплуатировавшихся месторождений группы Витватерсранд в ЮАР. Эти месторождения разрабатываются уже 130 лет и из них

извлечено около 40% золота. Прирост запасов рудного района Витватерсранд обеспечивает лишь доразведка флангов и глубоких горизонтов действующих рудников, но он не компенсирует погашения запасов при добыче. Уменьшились также запасы месторождений золото-сульфидно-кварцевых руд в зеленокаменных поясах древних щитов из-за отработки ряда крупных объектов. Стремительно сокращаются запасы россыпного золота.

Однако увеличиваются запасы золото-кварцево-сульфидных руд в углеродсодержащих терригенно-сланцевых толщах. Это связано с развитием технологий добычи, разведкой и вводом в эксплуатацию большого числа новых объектов с огромными запасами, но низкими содержаниями золота в рудах. Еще 30–40 лет назад такие бедные руды не могли бы привлечь внимания золотодобытчиков. Возросла и роль золото-серебряных месторождений в вулканических поясах прежде всего благодаря открытию крупных объектов в Латинской Америке.

Среди месторождений золота различаются коренные собственно золоторудные месторождения комплексных руд, в которых металл присутствует в качестве попутного компонента, и россыпи, в которые золото попадает в результате разрушения коренных месторождений. Россыпи сегодня играют незначительную роль, их доля в мировых запасах всего 2,5%, в то время как в России на них приходится около 11% запасов металла.

Доля комплексных золотосодержащих месторождений в мире и России сравнима — она составляет около четверти запасов драгоценного металла. В России попутное золото содержат в основном медноколчеданные и сульфидные медно-никелевые месторождения. В мире же подавляющая часть комплексных золотосодержащих объектов представлена медно-порфиоровыми месторождениями, роль которых год от года растет. Более 95% разведанных в мире за последнее десятилетие запасов золота сосредоточено в месторождениях этого промышленного типа. В их числе такие гиганты, как Ую-Толгой (Oyu Tolgoi) в Монголии с выявленными ресурсами (identified resources) золота, превышающими 1930 т, Пebbл (Pebble) на Аляске — 2084 т, Серро-Касале (Cerro Casale) в Чили — более 893 т, группа месторождений Кейдиа (Cadia) в Австралии — 871 т, Песчанка (в России). На сегодня доля мировых запасов золота, заключенных в медно-порфиоровых рудах, достигает почти 18%. В России же объекты этого промышленного типа включают менее 1% запасов.

Уникальную роль в мировой золотодобыче играли и продолжают играть золотоносные конгломераты рудного района Витватерсранд в ЮАР. Крупные месторождения подобного типа известны и в других странах — Жакобина в Бразилии, Тарква в Гане. В России таких объектов пока не обнаружено. Нет у нас и месторождений, связанных с зеленокаменными поясами древних щитов, хотя в мире в них заключено около 5% запасов.

Заметно выросло промышленное значение месторождений золота в терригенно-карбонатных и терригенных, в том числе углеродсодержащих толщах. Для них характерны низкие содержания золота в рудах, часто большое количество вредных примесей (мышьяка и сурьмы). С другой стороны, многие такие месторождения имеют колоссальные запасы. С развитием технологий добычи и извлечения драгоценного металла разработка таких объектов крупными карьерами стала вполне рентабельной. В России яркие представители этого типа месторождений — супергиганты Сухой Лог в Иркутской и Наталкинское в Магаданской областях, а также крупные Олимпиадинское (Красноярский край), Нежданское (Якутия) и Благодатное (Красноярский край) месторождения. Освоение этих объектов только начинается, ввод их в эксплуатацию позволит избежать падения производства золота в России в связи с истощением россыпей и богатых коренных месторождений традиционного типа, а в дальнейшем и увеличить объемы добычи (табл. 1).

В числе предприятий, увеличивших добычу в 2011 г., следует отметить прежде всего ОАО «Полиметалл» (ОАО «Золото Северного Урала», ОАО «Охотская ГГК» ОАО «Омолонская ЗРК» и ЗАО «Серебро Магадана»), ОАО «Полюс Золото» (ЗАО «ЗДК Полюс», ОАО «Лензолото»), а также ЗАО «Васильевский рудник», ООО «Соврудник», ОАО «Высочайший», ЗАО «А/с «Витим», ООО «Друза», ОАО «Селигдар», ООО «Западная», ООО «Нерюнгри-Металлик», ЗАО «Рудник Апрелково», ООО «Маломырский рудник», ООО «Конго», ООО «Статус», артель старателей «Ойна» и др.

Таблица 1

**Распределение прогнозных ресурсов категории Р₃ золота (т/кол-во объектов)
по рудным формациям и федеральным округам**

Прогнозируемая рудная формация	Дальневосточный ФО	Сибирский ФО	Уральский ФО	Северо-Западный ФО	Приволжский ФО	Южный ФО	Центральный ФО
1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Прогнозируемые собственно золотые месторождения</i>							
Золото-серебряная	2699/54	200/4				205/3	
Золотокварцевая малосульфидная	2509/49	700/11	60/1	454/9		108/2	
Золото-сульфидно-кварцевая	967/20	5756/60	313/9	405/1	175/2	230/3	
Золоторудная черносланцевая стратиформная	706/3	1038/9	48/1				
Золотосульфидная	106,2	296/4	215/4	71/3		90/1	70/1
Золото-редкометалльно-порфировая	904/6						
Золото-порфировая		284/3					
Золоторудная адуляр-кварцевая аргиллизитовая	34/1	60/1	27/1				
Золоторудная джаспероидная	120/2	272/5					
Золоторудная листовенитовая		10/1					
Золоторудная скарновая	13/2	208/6					
Золотоносных кор выветривания		50/1	56/3	14/1	125/2		
Золото-шеелит-кварцевая	10/1						
<i>Прогнозируемые золотосодержащие комплексные месторождения</i>							
Медно-порфировая, молибден-меднопорфировая	34/1	168/5	65/2			41/1	
Олово-серебро-полиметаллическая березитовая	15/1						
Золотополиметаллическая березитовая		69/2					
Медно-цинково-колчеданная					26/2		
Платиноидно-медно-никелевая сульфидная ультрамафит-мафитовая		33/2					
Золото-сурьмяно-ртутная	194/2						
Свинцово-цинковая карбонатная стратиформная					20/1		
Медистых песчаников и сланцев		77/1					
Кобальт-никелевая силикатных кор выветривания			1,3/1				
Ванадий-титан-железородная ультрамафит-мафитовая, медно-титан-ванадиевая мафитовая			100/3				
Железородная скарново-магнетитовая			60/1				

Уменьшили добычу золота в 2011 г. ЗАО «Чукотская ГГК», ОАО «Покровский рудник», ООО «Березитовый рудник», ЗАО А/с «Амур», ОАО «Алданзолото», «Нирунган», ОАО «Бурятзолото» и др.

В 2012 г. общее число предприятий, обеспечивавших золотодобычу, стабилизировалось (395 предприятий). На 2,6% (до 234) увеличилось число предприятий с годовым объемом добычи менее 100 кг, на 7% (до 104) уменьшилось число предприятий с годовым объемом добычи от 100 до 500 кг. Таким образом, количество мелких предприятий, занятых на добыче россыпного золота, увеличилось за счет средних (табл. 2).

Иностранные компании (табл. 3) в 2012 г. добычу золота снизили на 13,6% до 42251 кг (23,9% от общей добычи в России).

В 2011 г. акции ОАО «Полюс Золото» выросли на 23,5% до 35 долл., ОАО «Полиметалл» – на 80% до 19 долл. США. Стоимость акций «Полиметалла» к концу 2010 г. сравнялась со стоимостью акций компании Kinross Gold Corp.

Среднегодовая цена золота в 2011 г. по сравнению с предшествующим годом выросла на 26% – до 1224,52 долл. за тройскую унцию (одна тройская унция – 31,1 г), а в рублевом исчислении на 21% – до 1197,27 руб. за 1 г. Восходящий тренд продолжается уже 10 лет, а прирост цены в 2011 г. в абсолютном выражении (+251,17 долл. за одну унцию) стал рекордным. Динамика спроса и макроэкономические факторы по-прежнему поддерживают привлекательность золота. Цена золота, снизившись в 2008 г. до 750 долл. за одну унцию, затем неуклонно росла, достигнув 1400 долл. за одну унцию к концу 2010 г.

Данные опроса 24 трейдеров и аналитиков, проведенного в начале текущего года Лондонской ассоциацией рынка драгметаллов (LBMA), показали, что средняя цена золота в 2011 г. может вырасти еще на 19% по сравнению с 2010 г. и составит 1457 долл. за одну унцию.

Технологии извлечения. Технология цианирования с угольной адсорбцией золота преобладает в западном мире и рассматривается как своего рода революция в золотодобывающей промышленности. По мнению большинства зарубежных экспертов, такая технология универсальна и может быть применена при переработке различных по составу золото-содержащих руд и концентратов, за исключением серебряных и золото-серебряных руд, для которых более рациональным остается процесс Меррилл-Кроу (цементация цинковой пылью).

Однако информация, поступающая в последние годы из дальнего зарубежья и основанная на результатах научных исследований и опыте работы ряда предприятий, которые осуществляют гидрометаллургическую переработку золоторудного сырья, заставляет несколько усомниться в правомочности тезиса об универсальности угольно-сорбционного процесса и о неоспоримых преимуществах угольных сорбентов для извлечения золота из цианистых сред. В основном это связано с последними достижениями отраслевой науки в области изучения, создания и использования ионообменных смол в качестве альтернативы активированным углям.

Многие технические решения, реализованные в ходе внедрения ионного обмена в золотодобывающую промышленность России, носят инновационный характер и нигде до этого в мире не применялись, в частности, процесс отдельного цианирования песковой и иловой фракций руды (после предварительного ее измельчения в цианистых растворах) с переработкой по ионообменной технологии (RIP) только шламистой части пульпы.

В условиях Куранахской ЗИФ данный способ позволил осуществить следующие операции:

- применить пульповый сорбционный процесс при сохранении принятого ранее грубого помола руды (до минус 0,3–0,4 мм) и тем самым существенно (на 15–20%) снизить расход электроэнергии на измельчение;
- вывести в отвал до 20–25% рудного материала (в виде песков с содержанием золота ниже, чем в общих хвостах фабрики), не подвергая его дополнительному сорбционному выщелачиванию;
- улучшить условия сорбции золота на смолу, облегчить процесс отделения сорбента от пульпы и его регенерацию благодаря снижению до минимума количества в пульпе абразивных частиц руды.

Таблица 2

Ведущие золотодобывающие компании России в 2010–2012 гг.

Компании	Объемы добычи по годам, кг			2012/2011, %
	2010	2011	2012	
«Полюс Золото», ОАО	38 262	38 031	39 748	104,5
«Чукотская ГГК», ЗАО	15 433	25 591	19 910	77,8
«ГК Петропавловск», ЗАО	12 240	14 835	13 924	93,8
«Полиметалл», ОАО	8 907	9 298	11 072	119,1
«Nordgold N.V.» (Северсталь)	5 997	9 813	9 297	94,7
«Русдрагмет», ООО	5 120	5 145	5 338	103,8
«Южуралзолото ГК», ОАО	5 243	5 263	4 804	91,3
«Высочайший», ОАО	4 144	3 484	3 760	107,9
«Сусуманзолото», ОАО *	4 002	4 334	3 723	85,9
«Соврудник», ООО	2 589	3 296	3 455	104,8
«Селигдар» а/с, ОАО	2 386	2 878	3 146	109,3
«Прииск Соловьевский», ОАО	2 227	2 500	2 497	99,9
«Витим», а/с,	1 566	1 950	2 294	117,6
«Западная», а/с	1 811	1 901	2 110	111,0
«Поиск», ООО	1 927	1 926	2 108	107,7
«Амур Золото», ООО	3 302	2 482	2 101	84,6
«Золото Камчатки», ОАО	1 396	2 108	2 084	98,9
«Рудник Каральвеем», ОАО	1 221	1 969	1 893	96,1
«Омсукчанская ГГК», ЗАО	1 614	1 608	1 630	101,4
«Чукотка», а/с	1 995	1 770	1 582	89,4
«Друза», ООО	1 215	1 188	1 372	115,5
«Дальневосточные ресурсы», ОАО	1 437	1 286	1 241	96,5
«Ойна», а/с	967	980	1 224	124,9
«Васильевский рудник», ЗАО	1 057	949	1 138	119,9
«Нирунган», ООО	1 343	1 139	969	85,1
Всего ведущими компаниями	127 401	145 724	142 420	97,7
Всего по России	163 891	178 428	176 448	98,9
% от добычи в РФ	77,7	81,7	80,7	

* ЗАО «ГК Петропавловск» в июле 2010 г. завершило сделку по выкупу у ОАО «Сусуманзолото» доли в акционерном капитале ЗРК «Омчак».

В последние годы для подготовки упорного сырья к цианированию начали использовать чановое бактериальное выщелачивание концентратов или руд. В мире уже действует более десятка промышленных предприятий, практикующих эту технологию. Однако капитальные затраты при этом весьма высоки, поэтому они для малых и средних месторождений не оправдываются.

С 2009 г. проводятся исследования проб упорной руды одного из российских месторождений. Извлечение золота сорбционным цианированием из исходной руды составляет всего 11–17%.

Существует реальная возможность совместить два прогрессивных способа золотодобычи – кучное выщелачивание и бактериальное вскрытие – в едином технологическом процессе. Аналогичные приемы используются в металлургии меди, урана и никеля. Фирмой «Ньюмонт Голд» на месторождении Карлин создана демонстрационная установка кучного бактериального выщелачивания, где проводится отработка технологии для ее широкого внедрения.

Таблица 3

Добыча золота иностранными компаниями в России в 2006–2012 гг.

Компании	Объем добычи по годам, кг							2012/2011, %
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
Kinross Gold Corp	3 949	4 696	1 212	1 942	15 433	25 591	19 910	77,8
Petropavlovsk Pic	6 287	7 018	7 421	8 405	12 240	14 835	19 924	93,8
Hijhland Gold Mining Ltd	6 143	5 041	5 023	4 623	5 120	5 145	5 338	103,8
Leviev Group				134	1 221	1 969	1 893	96,1
Angara Mining Plc. *		53	1 138	1 594	1 057	949	850	89,6
Central Asia Gold AB				1 079	846	436	336	77,1
High River Gold Mines	4 898	4 874	4 720	4 683	1 867			
Bema Gold Corp	2 612	2 704	2 778	110				
Итого	23 889	24 486	22 295	22 570	37 784	48 925	42 251	86,4
% от общероссийской добычи	15,0	16,1	15,1	15,6	23,0	27,4	23,9	

* Angara Mining Plc. с 14 сентября 2010 г. принадлежит к группе Газпромбанка.

Особенностью кучного бактериального выщелачивания является высокая продолжительность процесса (около года). Степень дробления руды оказывает существенное влияние на продолжительность и полноту окисления сульфидов.

Для некоторых условий кучное биовыщелачивание может быть экономически эффективнее других способов извлечения золота, так как его реализация требует меньших сроков и капиталовложений, чем строительство фабрики со сложной схемой обогащения.

Первоочередные объекты по воспроизводству золоторудной МСБ располагаются в Алдано-Становой (Центрально-Алданская, Кет-Капская, Северо-Становая металлогенические зоны – МЗ), Верхояно-Колымской (Джоколаг-Нерская, Адычанская, Томпо-Делиннинская, Верхнеколымская, Аян-Юряхская МЗ), Охотско-Чукотской (Пегтымельская, Мечкеревская, Верхнеанадырская, Олой-Еропол-Анадырская, Шайбовеем-Еропольская, Экитыки-Танюерская, Восточно-Чукотская МЗ), Алтае-Саянской (Верхнеенашиминская, Урик-Китой-Боксонская, Синюхинская МЗ) и Уральской (Лонгот-Юганская, Турьинско-Ауэрбаховская, Собственно Восточно-Уральская, Западно- и Восточно-Магнитогорская МЗ, Суранско-Авзянский РР) областях. По одной МЗ с первоочередными объектами содержат Байкало-Витимская (Дарасун-Могочинская МЗ), Монголо-Охотская (Приаргунская МЗ), Колымо-Омолонская (Токур-Юрях-Россошинский РР), Корякско-Камчатская (Пусторецко-Озёрновская МЗ) и Скифская (Нагольчанско-Шахтинская МЗ) области.

Никель входит в число стратегических видов полезных ископаемых, которые определяют развитие базовых отраслей промышленности многих стран. Тенденции и темпы роста МСБ никеля связаны с устойчиво растущими потребностями развитых и развивающихся стран.

Мировые запасы никеля на 1.01.2013 оцениваются в 162 млн т при ежегодном потреблении 1–1,5 млн т. Российская Федерация по запасам этого ценного металла занимает второе место в мире (14% мировых запасов), уступая лишь Австралии. Вместе с тем, по добыче никелевых руд, производству первичного никеля и его экспорту она на первом месте в мире.



Рис. 5. Распределение достоверных ресурсов и подтвержденных запасов никеля (%) в мире на 01.01.2013

Сегодня насчитывается 36 стран с выявленными запасами и ресурсами никеля, но добывают его только в 26 странах, из них ведущие Россия, Австралия, Канада, Новая Каледония, Индонезия, Куба (рис. 5).

Никелевые проблемы в настоящее время остро встают перед многими странами мира.

Геологами Канады (С.М. Leshер) была предложена новая классификация сульфидно-никелевых месторождений с учетом их тектонической позиции, что чрезвычайно важно для обоснования политики планирования в ресурсных отраслях.

В Австралии была разработана модель формирования никеленосных коматиитов, содержащих, помимо сульфидного никеля, богатую золото-платинометалльную минерализацию. Это требует новых технологий.

В Китае впервые выявлено никелевое месторождение гидротермального типа в вулканогенно-осадочных комплексах (Ch. Feng), что нуждается в теоретическом обосновании. Открыто новое месторождение сульфидных медно-никелевых руд Hongqiling (провинция Jilin) в пределах Хингано-Монгольского складчатого пояса, распространяющегося на территорию России (L. Lin-Su).

Финские геологи (Н. Uosukainen) предложили геоботанический метод для поисков сульфидных месторождений никелевых руд. Проверка этого метода в районе промышленных месторождений сульфидного пояса Коталахти показала высокие результаты (Н. Makkonen).

На территории Бразилии выявлен (J. Silva) ультраосновной никеленосный массив Americano do Brazil с довольно высоким содержанием сульфидного никеля (Ni 1%, оцененные его запасы 4 млн т). Продолжаются оценочные работы.

Гипергенные никелевые руды пояса Мирдита в Албании оценены специалистами (F. Arkaxhiu, E. Bedini) как высокоперспективные (100 млн т руды, Ni 1%). Подготовлено новое месторождение Bitincka.

Промышленные концентрации никеля представлены в мире двумя основными типами месторождений (рис. 6):

- магматическими сульфидными медно-никелевыми;
- гипергенными силикатными кобальт-никелевыми в корях выветривания.

Распределение запасов и ресурсов никеля между этими типами месторождений в мировом балансе характеризуется заметным преобладанием гипергенных руд. По оценкам Международной компании Vale Inco Ltd (2006 г.), в мировых ресурсах на долю гипергенного никеля приходится 72, сульфидного – 28%. Однако общие ресурсы никелевых руд из года в год неуклонно растут, в настоящее время в структуре мировых ресурсов доля сульфидно-никелевых руд поднялась до 37%. В прочих типах никельсодержащих месторождений никель извлекается попутно (0,2–0,3% мировых ресурсов).

Сопоставление различных типов никелевых руд по составу и качеству показывает, что руды сульфидного типа ценнее силикатных. Сульфидные руды богаче никелем и имеют,

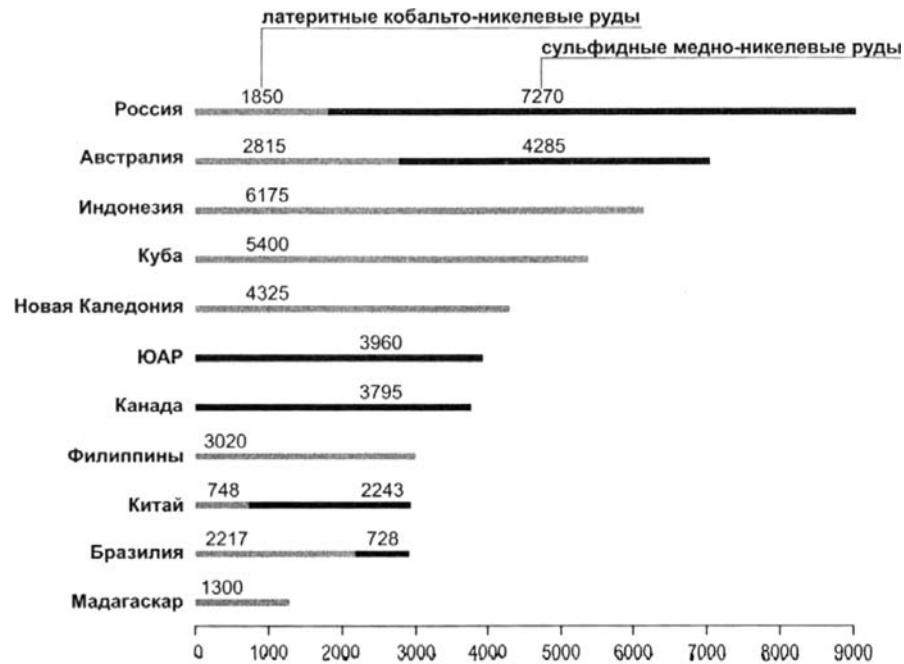


Рис. 6. Подтвержденные запасы никеля (тыс. т) в 2012 г.

что особенно важно, комплексный состав. Кроме никеля, в них содержатся медь, кобальт, платиноиды, золото, серебро, селен, теллур, висмут. В силикатных рудах, помимо никеля, небольшое количество только кобальта. При переработке руд металлы гораздо легче извлекаются из сульфидов, чем из силикатов, поэтому сульфидные руды предпочтительнее силикатных, хотя последних гораздо больше.

Сульфидные медно-никелевые руды ассоциируют с мафит-ультрамафитовыми интрузиями, встречающимися в докембрийских зеленокаменных поясах, зонах протоактивизации и фанерозойской активизации платформ.

Основные страны-производители сульфидного никеля – Россия, Канада, Австралия, Китай.

Россия – мировой лидер по добыче сульфидных медно-никелевых руд. Подавляющая часть (77%) добывается в Норильском районе Красноярского края, в Мурманской области этот показатель составляет 14, на Урале – 9 %.

Основная масса никеля производится на металлургических предприятиях Норильска, а также на заводах «Печенганикель» и «Североникель» в Мурманской области.

Норильские руды месторождений Октябрьское, Талнахское и Норильск I отличаются высоким качеством (среднее сод. Ni 3,65%), что обеспечивает их рентабельную отработку даже в условиях Заполярья. Кроме никеля, норильские месторождения содержат большое количество платиновых металлов, что делает их уникальными. Таких богатых месторождений в мире больше нет.

Руды печенгских месторождений Мурманской области – Ждановское, Котсельваара-Каммикиви, Заполярное, Семилетка заметно беднее (среднее сод. Ni 0,6%) и требуют обогащения.

Компания ОАО «ГМК «Норильский никель», обеспечивая стабильно высокий уровень производства никеля на всех предприятиях страны, на протяжении многих лет сохраняет крепкие позиции на мировом рынке. К сожалению, производство никеля происходит в основном за счет селективной добычи богатых руд норильских месторождений, что влечет за собой снижение качества остаточных запасов. Для сохранения роли никеля в качестве важного экспортного металла необходимо воспроизводство его МСБ, как в районах действующих предприятий, так и в новых регионах Российской Федерации.

Новые объекты недавно установлены в Норильском (Масловское, оз. Барьерное) и Печенгском (Тундровое, Быстринское, Верхнее) регионах. На юге Красноярского края разв-

дуются довольно крупное Кингашское месторождение сульфидных руд, которое может пополнить сырьевую базу страны. В Амурской области британская компания Amur Minerals Corp. проводила разведочные работы на никеленосном массиве Кун-Манье. С 2005 г. добываются медно-никелевые сульфидные руды на Камчатке (Шануч), добычу осуществляет компания ЗАО «НПК Геотехнология».

За рубежом руды сульфидного никеля добываются в Канаде, Австралии, Китае.

В Канаде большая часть запасов никеля сосредоточена на сульфидных месторождениях Садбери (провинция Онтарио), а также Томпсон (Манитоба) и Реглан (Квебек). В 2005 г. приступили к разработке крупного медно-никелевого месторождения Войсис-Бей на п-ове Лабрадор (провинция Ньюфаундленд). В нем руды хорошего качества (Ni 3,5, Cu 2,3, Co 0,14%), и оно расположено близко к поверхности.

Садбери – крупнейший источник добычи и производства никеля. Разработки никелевых руд ведутся здесь с середины XIX в. Открыто около 70 рудников, на многих руды уже отработаны. Наиболее богатые руды (Ni до 6, Cu 3%) добываются на рудниках Коппер Клиф, Стоби и Фруд. Общие запасы никеля месторождения Садбери 10 млн т.

Китайское сульфидное месторождение Джиньчуань (провинция Гансю) – крупнейшее в мире по запасам никелевых руд (500 млн т руды при средних содержаниях Ni 1,3, Cu 0,7, Co 0,11). На северо-востоке Китая разведется недавно открытое еще одно богатое месторождение сульфидных руд Хунчилин (провинция Цзилинь).

Австралия обладает как сульфидными, так и гипергенными никелевыми рудами. Среди сульфидных руд в основном коматиитовые разновидности, которые связаны с древнейшими (AR, PR₁) вулканогенными комплексами. Наиболее богаты никелем коматииты зеленокаменного пояса Норсмен-Вилуна архейского блока Йилгарн (штат Западная Австралия). В настоящее время здесь эксплуатируются четыре месторождения – Камбалда, Скотия, Нипин, Виндорра, хотя их открыто свыше 30. Общие запасы никеля коматиитов около 1 млн т при среднем содержании Ni 4,1%. Суммарные ресурсы коматиитовых руд вновь открытого месторождения Якобинда составляют 434 млн т.

В XXI в. к никелевому сообществу примкнуло еще несколько стран – Бразилия, Испания, Замбия и др.

В Бразилии с 2010 г. начата эксплуатация сульфидно-никелевых руд на трех месторождениях: Бару-Алту (шт. Гояс), Вермелью и Онка-Пума (шт. Пала). Разведуются еще три новых объекта, в том числе крупное Санта-Рита (штат Ипиау).

Испания с 2004 г. разрабатывает сульфидное месторождение Агуабланка (пров. Эстремадура) с ресурсами никелевых руд 20 млн т, Ni 0,66%.

В Замбии австралийская компания Albidon Ltd. получила в 2009 г. первый никелевый концентрат с сульфидного месторождения Мунали (ресурсы руд 6,7 млн т при средних содержаниях Ni 1,23, Cu 0,17, Co 0,07%).

Продолжаются поиски сульфидных медно-никелевых руд в скандинавских странах. В юго-восточной части Норвегии канадская компания Blackstone Ventures Inc. продолжает поиски, начатые в 2004 г. Выделено несколько перспективных участков – Бамбле, Эртельен, Шекердален, Эвье.

В Швеции та же компания ведет поиски никеля на девяти площадях.

На севере Финляндии канадская компания Scandinavian Minerals Ltd. провела в 2007 г. оценочные работы на принадлежавшем ей сульфидном медно-никелевом месторождении Кейвитса (830 млн т руды, Ni 0,22). Произведена переоценка ресурсов восьми сульфидных месторождений, в том числе единственного действующего в Финляндии никелевого месторождения Хитура.

Гипергенные никелевые руды. Всевозрастающий спрос на никель вызвал повышенный интерес к ультраосновным массивам, расположенным в тропических и субтропических зонах и покрытым латеритными корами выветривания, – это Новая Каледония, Австралия, Индонезия, Филиппины, Куба и др.

В коре выветривания Новой Каледонии сосредоточено 12% мировых запасов никеля. Состав руд существенно гарниеритовый при сравнительно высоких содержаниях никеля

1,5–2,6%. Самыми крупными являются месторождения Горо (323 млн т руды, Ni 1,57%), Кониамбо (283 млн т, Ni 2,14%), Тиебаги (40 млн т, Ni 2,4%).

Австралия располагает значительными запасами гипергенных руд (11% мировых), которые сконцентрированы в месторождениях Гринвейл, Кове, Рокгемптон и др. – всего здесь разрабатывается полтора десятка гипергенных месторождений с содержанием никеля 0,58–0,89%. Гипергенные руды труднообогатимы, но на австралийских предприятиях достигается довольно высокий уровень извлечения.

Куба содержит 10,5% мировых запасов никеля гипергенного типа, локализованных в месторождениях районов Мао, Никаро, Сан Фелиппе и др. Запасы руд достигают 1 млрд т при среднем содержании никеля 1,3%.

В Индонезии (9% мировых запасов никеля) открыты два десятка месторождений гипергенных руд. Их разработка осуществляется на о. Сулавеси (месторождение Соровако, ресурсы никелевых руд 497 млн т, Ni 1,73%) и о. Хальмахер (Були, 26 млн т руды, Ni 2,14%).

Филиппины (5,3% мирового объема никеля) имеют богатые руды гипергенного никеля. Среднее содержание никеля в рудах разрабатываемых месторождений Таганито, Беронг, Рио Туба 1,4–2,6%. Самые значительные ресурсы никелевых руд (275 млн т, Ni 1,3%) зафиксированы на месторождениях района Беронг.

Турция (компания Vosphorus Nickel Ltd.) с 2006 г. разрабатывает небольшое никелевое месторождение Чалдаг в корях выветривания ультраосновного массива Мендерес. На базе этого месторождения в 2009 г. начал работать гидротермолургический завод, на котором используется передовая технология сернокислотного выщелачивания HPAL.

На Мадагаскаре развита особая разновидность гипергенных руд – оксидный железорудный тип. Разрабатываются два месторождения в районе Амбатови (ресурсы руд 134 млн т, Ni 1, Co 0,1%). Готовится к освоению еще несколько месторождений.

В России основные месторождения никеля гипергенного типа находятся на Урале в Свердловской, Челябинской и Оренбургской областях, где они разрабатываются с начала XX в. Сегодня эксплуатируются четыре месторождения – Буруктальское, Сахаринское, Липовское, Еловское. Самое крупное – Буруктальское (Оренбургская обл.), в котором заключено около 7% запасов никеля.

В 1990-х годах несколько никелевых месторождений Урала было законсервировано – Аккермановское, Айдерлинское, Черемшанское и др.

Новым источником никеля могут стать в XXI в. черные сланцы, ассоциирующие с разновозрастными осадочными углеродсодержащими комплексами, развитыми практически на всех континентах. Рудоносные сланцы содержат значительные количества многих металлов (Ni, Cu, Co, Mo, U, МППГ и др.). Никель попутно извлекается из меденосных сланцев Польши (Любинское рудное поле, Нижняя Силезия), полиметаллических руд Канады (Юкон) и никель-молибден-ванадиевых руд Южного Китая (месторождения Сунлинь и Цзуньи провинции Гуйчжоу). В России промышленные черносланцевые объекты на никель пока не обнаружены.

Скопления никельсодержащих руд *на дне океанов* не являются сейчас объектами промышленного освоения, но, без всякого сомнения, представляют собой новый перспективный источник никеля. Ресурсы никеля могут быть связаны с железомарганцевыми конкрециями (ЖМК) глубоководных впадин; кобальт-марганцевыми корками (КМК) подводных гор и возвышенностей; гидротермальными сульфидными рудами океанической коры, которые рассматриваются в качестве аналогов континентальных колчеданных месторождений.

ЖМК океанов – это уникальные образования, не имеющие аналогов на континентах: объем конкреций составляет 10 тыс. т на 1 км² при содержаниях никеля 0,1–2,48 и кобальта 0,03–2,5%. Мировые ресурсы никеля в КМК оцениваются в 40 и кобальта 80 млн т (при средних сод. Ni 0,45 и Co 0,68 до 2,5%).

В Мировом океане открыто несколько богатых месторождений, специализированных на никель и кобальт. В их изучении активное участие принимают и российские геологи.

Решение стратегической задачи Правительства РФ по увеличению к 2020 г. ВВП страны в 2,5–3 раза (по сравнению с 2005 г.) потребует увеличения МСБ таких важных экспортных металлов, как никель.

Созданная за годы советской власти крупная минерально-сырьевая база никеля привела к появлению мощных никелевых горнодобывающих комбинатов. Россия стала главным продуцентом никеля в мире. Спад промышленного производства, вызванный переходом к рыночным отношениям, привел к резкому снижению внутреннего спроса на никель, Россия стала экспортировать этот металл, обеспечивая четверть мировых продаж, обгоняя по этому показателю даже Канаду – признанного экспортера никеля.

При существующих темпах отечественного производства никеля рентабельные эксплуатируемые запасы этого нужного металла могут быть исчерпаны в течение нескольких ближайших лет. Сырьевая направленность экономики страны, задействованная в постперестроечное время, вряд ли претерпит сегодня радикальные изменения. Отсюда вытекает необходимость проведения научно обоснованного мониторинга никелевой отрасли, благодаря которому возможно повышение устойчивости функционирования горнорудного комплекса РФ в условиях усиливающейся глобализации мировой экономики.

Перед ГС России стоит сложная задача по удержанию сложившихся объемов экспортного никеля и выявлению новых перспективных объектов, особенно в районах, где имеются предприятия с недостаточной сырьевой базой. Это касается в первую очередь Уральского региона, и это можно решить только на федеральном уровне.

Необходимо также принять меры по совершенствованию *технологических процессов производства никеля*. Схемы переработки никелевых руд определяются их технологическими свойствами и заметно отличаются для сульфидных и силикатных руд.

Обогащение сульфидных руд осуществляется обычно по флотационным схемам. Методы флотации изучены достаточно хорошо, российские специалисты по-прежнему ориентируются на них. Однако появились трудности, заложенные в этом процессе, – низкая селективность металлов. За рубежом сейчас используются не флотационные, а химические методы переработки руд, приводящие к полному разрушению кристаллической решетки рудных минералов и более полному извлечению металлов.

Совершенствование методов производства никеля из сульфидных руд идет в зарубежных странах по пути совмещения обогатительного и металлургического процессов. Самым перспективным направлением по переработке сульфидных медно-никелевых руд становится в XXI в. ограничение роли механического обогащения и перенос проблемы разделения металлов в комплексных рудах на металлургический передел. Это приведет к полному слиянию обогатительных и металлургических процессов в единую технологическую схему.

Кратко сформулируем предложения по использованию в России современных зарубежных достижений в области геологии и технологии никеля:

- для сохранения лидирующего положения по производству никеля и на мировом рынке необходимо активизировать поисковые работы в районах действующих предприятий, прежде всего на территориях Норильского и Уральского регионов;
- усилить геологоразведочные работы в Мурманской (Печенга), Камчатской (Шануч и др.) и Амурской (Кун-Манье) областях, а также в Алтае-Саянской провинции (Кингашская, Барбитай-Йиская группы), где уже есть перспективы для расширения сырьевой базы никеля;
- разработать научно-методические подходы к оценке никеленосности малоизученных типов руд – коматиитовых, оксидно-железорудных в корах выветривания, гидротермальных мышьяково-никель-кобальтовых, черносланцевых) в осадочных толщах;
- расширить поисковые методы, используя опыт зарубежных стран (геохимические, в том числе геоботанические и др.);
- обратить внимание недропользователей на необходимость внедрения новейших технологий для переработки никелевых руд;
- обеспечить финансовую и законодательную поддержку государства для проведения ГРП в перспективных на никель районах.

Кобальт – металл высоких технологий, используется в производстве сплавов, в химической промышленности и медицине. Его мировые запасы (без России), составляющие на 1.01.2012 г. 7,5 и ресурсы 18 млн т, сосредоточены в недрах Африки, Америки, Азии, Австралии (Океании) и Европы соответственно 46, 25, 18, 13, около 6%. Большая их часть

(58%) сконцентрирована в латеритных никелевых месторождениях гипергенного типа, остальная приходится на стратиформные медные (23%) и сульфидные медно-никелевые (14%) месторождения, в меньшей степени на арсенидные, колчеданно-полиметаллические и железорудные, где кобальт является второстепенным попутным компонентом.

Латеритные (Куба, Филиппины, Индонезия, Новая Каледония, Австралия и др.) и сульфидные медно-никелевые (Зимбабве, Мадагаскар, ЮАР, Канада, Австралия, Китай) месторождения содержат сравнительно небольшие количества кобальта (0,05–0,1%). Стратиформные месторождения меди, известные в Заире, Замбии, Уганде и др., заметно богаче (Со 0,1–0,3%), самые богатые руды с содержаниями кобальта до 1% встречаются в кобальт-арсенидных месторождениях Марокко и Канады, но их запасы невелики.

В России развитие минерально-сырьевой базы кобальта связано с двумя кобальтсодержащими рудными формациями:

- сульфидной медно-никелевой мафит-ультрамафитовой (магматической);
- силикатной никеленосных кор выветривания (гипергенной), где кобальт является сопутствующим компонентом никелевых руд.

Рекомендации и предложения по использованию минерально-сырьевого потенциала кобальта в Российской Федерации следует учитывать совместно с никелем.

По общим запасам кобальта Россия находится на третьем месте в мире. Руды кобальта локализованы в Норильском районе (обеспечивают 70% его добычи), Мурманской области (14% общероссийских запасов) и на Урале (5,6%). В сульфидных рудах норильских месторождений средние содержания кобальта составляют 0,1%, в силикатных рудах Урала не более 0,05%. Главный носитель кобальта в сульфидных рудах – никелевый минерал пентландит, иногда встречаются собственные кобальтовые минералы, в том числе кобальтин. В силикатных рудах кобальт находится в виде асболана (кобальтовая чернь), иногда входит в состав нонtronита или сорбируется гидроокислами железа.

С 1994 г. сохраняется устойчивая тенденция к снижению российских балансовых запасов кобальта. В структуре прогнозных ресурсов кобальта (P_1 14,3, кат. P_2 77,2, кат. P_3 8,5%) ведущее место занимают сульфидные руды (74,2%), на долю силикатных руд приходится 22,8%.

Ежегодное производство кобальта в настоящее время в России составляет около 15 тыс. т, его добыча неуклонно растет. Например, в 2007 г. она превысила уровень 1994 г. на 12%. Однако прирост запасов за то время лишь на 62% компенсировал объем добычи. Основные объемы геологоразведочных работ на кобальт сосредоточены в Красноярском крае и Иркутской области, где ожидается прирост прогнозных ресурсов высоких категорий.

Добыча и переработка кобальтсодержащих руд в России осуществляется четырьмя предприятиями цветной металлургии: ОАО «ГМК Норильский никель», ОАО «Кольская ГМК», ОАО «Уфалейникель», ОАО «Южуралникель». Извлечение кобальта в коллективный концентрат на Норильской обогатительной фабрике 61,8 и на Талнахской 88,1%. В шлаках и отвальных хвостах теряется почти 40% этого ценного металла, безвозвратные потери 7,67%.

ОАО «Южуралникель» обеспечивается запасами Буруктальского и Сахаринского месторождений (Со 0,059–0,068%). Руды перерабатываются на Орском заводе (извлечение Со 72,8%).

Сырьевая база комбината ОАО «Уфалейникель» обеспечена запасами Серовского (Свердловская область) и Черемшанского (Челябинская область) месторождений (Со 0,03–0,05%). Переработка руд ведется по технологии шахтной плавки (степень извлечения Со составляет 85,5%).

Обеспеченность текущей добычи кобальта всеми разведанными запасами составляет несколько десятков лет.

Сравнительный анализ МСБ кобальта России и зарубежных стран:

- основу минерально-сырьевой базы кобальта России составляют сульфидные медно-никелевые кобальтсодержащие руды, тогда как за рубежом лидируют гипергенные руды с более низкой себестоимостью (пригодные для карьерной отработки);

– восполнение ресурсов кобальта в России ограничено в связи с отсутствием специализированных научно-исследовательских и геологоразведочных работ на новые типы руд, известные за рубежом как медно-порфиновые, колчеданные, гидротермальные (в вулканогенных базальтоидных комплексах), черносланцевые и медистые песчаники.

Научные предпосылки сравнительного анализа определяются установленными закономерностями размещения в первую очередь никеленосных объектов, а также ряда меденосных, содержащих примеси кобальта.

Предложения по дальнейшему развитию МСБ кобальта в России:

– главные краткосрочные перспективы дальнейшего расширения и укрепления МСБ кобальта в России должны связываться по-прежнему с сульфидными медно-никелевыми и гипергенными рудами известных месторождений;

– федеральные долгосрочные приоритеты в отношении кобальта должны определяться поисками новых резервных МСБ кобальта, ассоциированных с новыми типами руд (в том числе нетрадиционных);

– необходимы увеличение сквозного извлечения кобальта и уменьшение его потерь со шлаками и в отвальные хвосты.

Бокситовые руды. Россия по подтвержденным запасам бокситов занимает шестое место в мире. Запасы (9,8 млрд т) распределяются следующим образом (млн т): Бразилия 2156, Австралия 1900, Гвинея 1000, Вьетнам 810, Ямайка 700, Россия 561, Индия 539, Китай 535, Гайана 350. Уникальные месторождения с наиболее качественными рудами (Al_2O_3 50–69, SiO_2 3,5%) находятся в Гвинее, Бразилии, Австралии.

В России качественные руды, в том числе крупных месторождений Новокальинское и Красная Шапочка, в среднем содержат Al_2O_3 49,5–55,6; SiO_2 2,7–4,6%. Добыча ведется шахтным способом. Руды эксплуатируемого карьером крупного Вежаю-Ворыквинского месторождения с запасами около 100 млн т содержат Al_2O_3 48,98, SiO_2 7,72%.

Объединенная компания «Российский алюминий» (ОК «Русал») добывает бокситы в России на Урале и Тимане, а также в Гвинее на рудниках Киндиа и Кимбо, Ямайке на рудниках Керквейн, Юартон и Манчестер-Плато, в Гайане на рудниках Аронима и Кваквани. В 2011 г. добыча ОК «Русал» составила 19,1% мировой.

По производству первичного алюминия Россия занимает второе место в мире (11%), Китай производит 33, Канада 8, США 7, Австралия 5, Бразилия 4, Норвегия и Индия по 3% первичного алюминия (рис. 7).

Более 50% потребности российских алюминиевых заводов составляет импортируемое сырье. Россия занимает первое место в мире по импорту глинозема (14%) и по экспорту необработанного алюминия (18%), 90% выпускаемого алюминия Россия экспортирует.

Анализ динамики цен на бокситы и их перевозку указывает на необходимость освоения отечественного минерально-сырьевого потенциала бокситовых руд и нефелинового сырья. С этих позиций представляется рациональным решать вопросы подготовки к эксплуатации следующих месторождений:

– Центрального месторождения бокситов в Красноярском крае с запасами 46,8 млн т и содержанием Al_2O_3 36,5, SiO_2 5,0%;

– Баянкольского месторождения нефелиновых руд (среднее содержание Al_2O_3 28, запасы глинозема 200 млн т) в Тыве. Руды могут перерабатываться по технологической схеме, применяемой на эксплуатируемом Кия-Шалтырском месторождении нефелиновых руд.

Интересен зарубежный опыт нетрадиционного использования алюминия для изготовления новых материалов: пеноалюминия, спечённого алюминиевого порошка и спечённых алюминиевых сплавов.

Железные руды в России и зарубежных странах, избравших путь индустриального развития, используются предприятиями черной металлургии для доменной выплавки чугуна и стали, получаемой при вторичной плавке чугуна. Оба эти материала применяются в машиностроении, а сталь из-за ее важных конструктивных свойств (ковкости, высокой прочности, вязкости, пластичности при обработке давлением и т. д.) широко применяется во всех сферах промышленного производства и в капитальном строительстве.



Рис. 7. Мировая добыча бокситов (%) в 2011 г.

Продукт первичного передела железных руд – чугуна Россия поставляет в страны Евросоюза, США и Китай, являясь мировым лидером экспорта чугуна. Значительные поставки чугуна на мировой рынок обеспечивают также Бразилия и Украина.

Важным направлением использования кусковой железной руды и железорудных окатышей является прямое восстановление железа (ППВ) в шахтных печах газообразным восстановителем (водородом и оксидом углерода) по мере опускания шихты вниз и нагревания до 600–700°. Около 70% ППВ получается по технологии американской фирмы Midrex прямого восстановления железорудной мелочи с использованием природного газа. Самое высокое производство ППВ в 2009 г. было в Индии (21 млн т).

В 2011 г. в России на Оскольском металлургическом комбинате по технологии Midrex произведено 2,44, на Лебединском ГОК 2,3 млн т ППВ. Планируется увеличить его до 4,5 млн т.

В развитых индустриальных странах технологии производства стали отличаются. В США, Японии и Китае 100% составляет экологически менее вредное кислородно-конвертерное и электросталеплавильное производство. Наряду с этими прогрессивными технологиями, экологически вредное мартеновское производство применяется на Украине (44,8%), в России (16,4%), Индии (1,9%).

Китай обеспечивает около 45% мирового производства стали, страны Евросоюза 12, Индия почти 5, Южная Корея чуть больше 4%.

Наиболее высокий темп роста производства стали отмечен в Китае. В связи со снижением спроса там закрываются малорентабельные устаревшие предприятия.

Российские производители с целью создания благоприятных условий для выхода на зарубежные рынки приобрели иностранные предприятия по выпуску стального проката в Италии, Хорватии, Чехии, Румынии и США.

В ведущих странах-производителях (Евросоюз, Япония, США, Индия, Южная Корея) и в целом в мире, несмотря на небольшой спад во время экономического кризиса 2009 г., выпуск стали с 1146 млн т в 2005 г. увеличился до 1414 млн т в 2011 г.

Сопоставимы с российскими наиболее высокие темпы роста в Китае и Индии.

В Китае за последние девять лет выплавка стали увеличилась более чем вчетверо и достигла в 2011 г. 626,6 млн т, что позволило довести долю экспорта стали в 2007–2011 гг. до 40–50 млн т, а также увеличить выпуск экспортной продукции машиностроения. Немного более чем вдвое с 2001 по 2011 г. увеличилась выплавка стали в Индии (с 27,3 до 66,8 млн т). В России за это время выплавка стали увеличилась примерно в 1,5 раза.

Мировой экспорт железорудного сырья в 2005 г. увеличился с 747 до 1041 млн т. Размер экспорта той или иной страны кроме возможностей производства зависит от потребления собственной металлургической промышленности.

За последние пять лет в мире увеличилась доля использования низкосортных железных руд.



Рис. 8. Структура мирового экспорта железорудного сырья (млн т) в 2011 г.

Австралия экспортирует более 90% сырья. Китай все добываемое сырье направляет на собственные металлургические предприятия. Страны Евросоюза почти полностью, а Япония и Южная Корея полностью зависят от импорта руды.

Россия вместе с Украиной, Индией, Канадой и ЮАР является крупным экспортером железной руды (рис. 8).

В 2011 г. по сравнению с 2008 г. увеличился экспорт (с 5,8 до 10 млн т) российского железорудного концентрата и окатышей в Китай, хотя поставщики работают на грани рентабельности. Традиционные потребители нашего железорудного сырья – металлургические предприятия Словакии, Турции, Польши, Венгрии, Чехии, Южной Кореи. В 2010 г. экспорт составил 28 млн т.

Импорт в Россию 10 млн т железорудного концентрата и окатышей из Казахстана объясняется тем, что близрасположенные источники не обеспечивают сырьем Магнитогорский металлургический комбинат.

Украина в связи с близостью её железорудных ГОКов к европейским потребителям является основным конкурентом России на европейском рынке. В 2011 г. 13 млн т железной руды направлено в Китай. В целом экспорт Украины в 2011 г. составил 32,87 млн т.

Крупнейшими в мире экспортерами железорудной продукции в 2011 г. были Австралия (363 млн т), Бразилия (266 млн т), Индия (116 млн т), ЮАР (45 млн т) и Канада (31 млн т).

Распределение важнейших геолого-промышленных типов в российской минерально-сырьевой базе железных руд незначительно отличается от мирового. Более половины запасов находится в крупных и сверхкрупных месторождениях докембрийских железорудных бассейнов с гематитовыми и магнетит-гематитовыми рудами (от 27–50 до 50–64% $Fe_{общ}$) в железистых кварцитах и метаморфических сланцах, богатых рудах кор их выветривания, расположенных на территории России, Украины, Бразилии, Австралии, Индии, США, Канады, Венесуэлы и других стран. Порядка 11% мировых запасов связано с бассейнами бурых железняков. Руды сложены оолитами гидрогетитового, гематитового, лептохлоритового или сидеритового состава. Содержание железа не превышает 30–44%. Нередко присутствуют вредные примеси – фосфор до 2, сера до 1%. Руды отдельных месторождений используются без предварительного обогащения. Бассейны с крупными месторождениями бурых железняков известны в России, на Украине, в Западной Европе (Франция, Германия, Люксембург), Казахстане, Канаде и США.

Скарновые контактово- и гидротермально-метасоматические месторождения магнетитовых (реже гематитовых) руд содержат порядка 12% мировых запасов. Месторождения мелкие, средние, реже крупные (Россия, Казахстан, Китай, Перу, Чили, Иран, США). Содержание железа 25–40%. Магнетит и гематит ассоциируют с сульфидами меди и цинка, золотом, серой и фосфором.

Магматогенные титаномагнетитовые и апатит-магнетитовые месторождения в сумме содержат около 3% мировых запасов.

Титаномагнетитовые месторождения включают титаномагнетит или магнетит и ильменит в дифференцированных телах основного состава. Содержание железа составляет в среднем 16% в крупных месторождениях и достигает 40% в мелких. Характерны примесь ванадия, повышенные содержания меди, кобальта, скандия, золота, платины. Титаномагнетитовые руды имеются в России, Швеции, Канаде, США, Танзании, ЮАР.

Месторождения апатит-магнетитовых руд в карбонатитовых массивах (Ковдор в России и Палабора в ЮАР) и магнетитовых руд в вулканогенных толщах (Швеция) содержат штокверковые и жильные рудные тела с магнетитом, апатитом, пирохлором, баддеилитом и другими минералами.

Скарновые магнетитовые, гематит-магнетитовые и сульфидно-магнетитовые, магматогенные титаномагнетитовые и апатит-магнетитовые руды обязательно требуют обогащения.

Добыча железных руд в зависимости от глубины залегания осуществляется открытым (в Бразилии, Австралии и Индии производится 100% руд, в России большая часть руд), шахтным (используется в Китае) и комбинированным способами.

Шахтную добычу может заменить разрабатываемый в России, но пока не используемый в промышленных масштабах метод скважинной гидродобычи богатых рыхлых железных руд.

В России на месторождениях железистых кварцитов (Михайловское, Лебединское, Стойленское и Стойло-Лебединское в пределах КМА, Костомукшское, Корпангское, Оленегорское, Кировогорское и др. в Карело-Кольском регионе) добывается 66% руды, титаномагнетитовые месторождения (Гусевогорское, Высокогорское, Гораблагодатское и другие на Урале) дают 17% руды, скарновые магнетитовые (Коршуновское на Сибирской платформе, Таштагольское, Казское, Шерегошское, Абаканское, Ирбикское и др. в Алтае-Саянской области) обеспечивают более 15% добычи.

В зарубежных месторождениях наиболее высокое качество (среднее содержание железа 58–64%) имеют железные руды Бразилии, Австралии и Индии. Украинские и заключающие самые большие запасы в мире российские месторождения содержат в среднем 36% железа. Еще более низкие средние содержания железа (24–33%) типичны для месторождений Китая и США.

В Австралии, Бразилии, Индии, Китае, на Украине, в ЮАР, Вьетнаме, Иране и ряде других стран в последние годы интенсивно развивается сырьевая база, расширяются действующие и вводятся в строй новые добывающие железорудные рудники и горнорудные комплексы.

Россия в последние годы готовит к эксплуатации несколько железорудных месторождений с суммарными запасами более 1,5 млрд т руды.

Опытная подземная добыча (ООО «Метал-групп») проводится на Центральном участке уникального Яковлевского месторождения КМА. В 2011 г. добыто 0,3 млн т гематит-сидерит-мартитовых руд со средним содержанием железа 60,5%.

Завершается разведка с подсчетом запасов лицензионного участка Большетроицкого месторождения с целью внедрения метода скважинной гидродобычи (СГД).

На Урале на Собственно-Качканарском месторождении выполняются геологоразведочные работы по уточнению контура рудного тела и содержания в нем полезных ископаемых, выбирается оптимальный вариант вскрытия и отработки (ОАО «Качканарский ГОК Ванадий»).

На Алдане составляются ТЭО освоения участка Магнитный Чинейского месторождения ванадийсодержащих титаномагнетитовых руд (ОАО «Забайкалинвест»).

На юге Монголо-Охотской провинции подготавливается к освоению (ООО ГПК «Лунэн», Китай) Березовское месторождение бурых железняков. В 2010 г. представлен проект его освоения.

Проект освоения Гаринского скарнового железорудного месторождения (ООО «Гаринский ГОК») на юго-востоке Монголо-Охотской провинции вошел в федеральную программу развития Дальнего Востока и Забайкалья. Расположенные в той же части Монго-

ло-Охотской провинции Сутарское и Кимканское месторождения железистых кварцитов намечены к освоению (ООО «Кимкано-Сутарский ГОК»).

В юго-западной части Алдано-Становой провинции начата добыча на Куранахском месторождении апатит-титано-магнетитовых руд (ООО «Олекминский рудник»), в северо-западной части провинции получены лицензии на освоение крупных Десовского и Таёжного месторождений магнетитовых скарноидных руд (ИГ «АЛРОСА»).

Перспективы развития минерально-сырьевой базы железных руд имеются на Урале (Северо-Сосьвинский, Райизско-Войкарский, Щучьинский и Тагило-Кушвинский РР), в Европейской России (Белгородский РР КМА), на Сибирской платформе (Ангарская МЗ) и в Алтае-Саянской области в Ангаро-Питской (Южно-Сулутимский участок), Усинской (Алмалыкский РУ) и Шорской (Горно-Шорский РР) металлогенических зонах.

Для успешного внедрения зарубежных современных достижений и технологических разработок при использовании российской МСБ железных руд предлагаются следующие мероприятия:

– применять на всех 11 ГОКах технологии прямого восстановления железа (ППВ). Продукт ППВ имеет металлизацию 92–96%, что приносит ощутимую экономию затрат на транспортировку при значительном удалении металлургических комбинатов, а самое главное, ППВ может использоваться для выплавки стали в электропечах;

– при металлургическом переделе железных руд и концентратов следует уменьшить применение экологически вредных мартеновских печей с постепенным переходом на кислородно-конвертерное и электроплавильное производство;

– увеличить в российском экспорте долю конечной продукции металлургии (труб, различных профилей проката и т. д.), машиностроительной и судостроительной промышленности;

– реализовать возможности расширения минерально-сырьевой базы железных руд Среднего Урала (в 2011 г. поисковыми работами здесь выявлен скарново-магнетитовый объект ранга среднего месторождения) для поставки их на Магнитогорский комбинат вместо импортируемого из Казахстана сырья).

Марганцевые руды. По объемам потребления марганец находится на четвертом месте в мире после железа, алюминия и меди. Более 90% добываемой в мире марганцевой руды перерабатывается сначала в товарную руду (концентрат), а затем в марганцевые сплавы (ферромарганец, силикомарганец) для выплавки чугуна и стали. При выплавке стали марганец связывает кислород и серу, наличие которых снижает прочность и вызывает ломкость (разрушение под нагрузкой при высоких температурах). В обыкновенных литейных и передельных чугунах содержится 0,03–1,5% марганца, а в зеркальном чугуне, используемом как присадка при выплавке стали, – до 20%. Содержание марганца в промышленных сталях общего назначения до 1%, в высоколегированных достигает 16 и даже 25–30%. При содержании марганца более 1% увеличивается твердость, износоустойчивость, стойкость против ударных нагрузок. Сталь с 11–15% марганца используется для изготовления шаровых мельниц, камнедробильных машин, гусеничных траков, броневых элементов, сейфов. При производстве ряда марок стали, особенно для труб магистральных нефте- и газопроводов, используется азотированный марганец (2–6% азота). В коррозионностойких аустенитных сталях марганец в сочетании с азотом заменяет дефицитный и дорогой никель.

Марганец широко используется в сплавах с различными цветными металлами. В частности, для повышения коррозионной стойкости его добавляют в алюминиевые сплавы, а для получения специальных сплавов, применяемых в электронике, – в золото, серебро, висмут; в небольших количествах (0,1–0,2%) он входит в некоторые цинковые сплавы. Существует также множество медных сплавов с добавлением марганца. Сплавы меди с марганцем (марганцевые бронзы) отличаются высокими механическими, антикоррозионными свойствами, повышенной жаропрочностью. При содержании марганца более 50% марганцевые бронзы обладают демпфирующими свойствами (способность поглощать энергию колебаний) и используются там, где нужно погасить шумы, в частности в кузнечных, штамповочных цехах.

Примерно 7% марганцевых руд расходуется в производстве диоксида марганца для изготовления марганцево-цинковых гальванических элементов. Некоторые соединения марганца применяются в фармацевтике, стекольной, керамической и других отраслях промышленности.

Потребность отечественной промышленности в марганцевых сплавах российскими предприятиями (Косогорский металлургический завод в Туле, Саткинский чугуноплавильный завод в Челябинской области, Челябинский ЭМК) удовлетворяется лишь на 42% (2009 г.). Дефицит в ферро-и силикомарганце погашается импортом из Украины и Казахстана. Тем не менее, Россия экспортирует марганцевые сплавы (в 2009 г. 60 тыс. т).

Потребность в марганцевых сплавах (следовательно, и в товарной марганцевой руде) в индустриальных странах напрямую зависит от объемов производства стали.

Главными странами-производителями товарной марганцевой руды в мире (рис. 9) в 2010 г. были Китай (34,4% мирового производства), ЮАР 16,7, Австралия 11,9, Габон 8 и Бразилия 7,9%. В Китае в 2008 г. по сравнению с 1999 г. производство увеличилось в 4,4, в ЮАР в 2,1, в Австралии в 2,6, в Бразилии в 2, в Габоне в 1,7 раза. В число достаточно крупных производителей товарных руд входят также Индия, Украина, Гана и Казахстан, их суммарная доля в мировом выпуске марганцевых руд 16%.

Мировые запасы марганцевых руд оцениваются почти в 5 млрд т и располагаются на Украине 43,4, в Казахстане 8,4, ЮАР 6,9 и Бразилии 6,6%. Суммарные запасы Мексики, Габона, Китая, Грузии, Австралии, Индии, России (2,7%) и Болгарии составляют около 30% мировых.

На Украине олигоценные карбонатно-терригенные марганценозные отложения развиты в дугообразной полосе протяженностью около 250 и шириной 20–50 км у южного склона Украинского щита. Рудный пласт средней мощностью 2 м сложен терригенными породами, содержащими до 50% конкреций, пизолитов и прослоев марганцевых минералов.

Карбонатные руды в балансовых запасах составляют около 80, оксидно-карбонатные 8 и оксидные порядка 1%. Отрабатываются преимущественно оксидные руды уникального Никопольского месторождения (27% запасов). На заключающем 72% запасов Украины (1727 млн т руды) Большетокмакском месторождении доминируют карбонатные руды (64%), и оно пока не осваивается.

В Казахстане месторождения марганцевых руд локализируются в девонской кремнисто-карбонатной толще Атасуйского рудного района, смятой в многочисленные мелкие



Рис. 9. Мировые запасы марганцевых руд, млн т

а – подтвержденные и разведанные, б – разрабатываемые и подготавливаемые к освоению

складки на крыльях Жаильминской мульды. Мощность рудных залежей до 25 м, протяженность до нескольких километров. Среднее содержание марганца от 11% в железомарганцевых рудах и до 44% в оксидных. С залежами железомарганцевых руд чередуются свинцово-цинковые руды, которые на ряде месторождений в ассоциации с барит-свинцовыми рудами непосредственно подстилают марганценосную часть разреза.

На крупных месторождениях Западный Каражал (эксплуатируется подземным способом) и Ушкатын III (отрабатывается карьерами) на глубине > 700 м руды имеют карбонатно-силикатно-оксидный состав со средним содержанием Mn 20,4%, в приповерхностной зоне окисленные руды со средним содержанием Mn 25,5% подстилаются оксидными со средним содержанием Mn 23%.

В ЮАР уникальные месторождения (Маматван, Нчванинг, Глория, Весселс) локализируются в нижнепротерозойской железомарганцево-кремнистой формации бассейна Постмасбург-Калахари, где выявлены три пласта железомарганцевых руд на глубине до 400–500 м протяженностью до нескольких километров с содержанием Mn 38–48, Fe 4–20, SiO 5% и невысоким содержанием фосфора. Пласты часто затронуты гипергенезом. Все месторождения (кроме Маматван) эксплуатируются подземным способом. Добытые руды дробят и обогащают.

В Бразилии практически значимые месторождения марганцевых руд связаны с кайнозойскими корами выветривания докембрийских метаморфических комплексов гранулитовых и зеленокаменных поясов. Разрабатываемые открытым способом крупные месторождения Узул и Буритырама характеризуются средними содержаниями марганца от 35,2–35,8 до 44,4% и низким содержанием фосфора.

Китай имеет много мелких (> 0,5 млн т) и средних (несколько млн т), а также несколько крупных месторождений марганцевых руд, общие запасы которых в 2007 г. оценивались в 224,4 млн т, среднее содержание в них марганца 22%. Оксидные и окисленные руды с содержанием марганца > 30% и карбонатные руды с его содержанием > 25% составляют 6% от общей суммы запасов. Все остальные руды труднообогатимые и низкосортные.

Возраст марганценосных толщ от позднепротерозойского до триасового и четвертичного. Самые крупные месторождения:

- Сялей в дислоцированной кремнисто-аргиллито-известняковой толще верхнего девона с силикатно-карбонатными и карбонатно-оксидными рудами (среднее содержание Mn 22, Fe 6%), а также окисленными рудами (среднее содержание Mn 38, Fe 9%);

- Сянтань с горизонтом (до 8 м) карбонатных марганцевых руд (серых, черных оолитовых и доломитовых). Среднее содержание марганца 16, железа 3,6, кремнезема 27, фосфора 0,2, серы 2,4%;

- Вафанцы с первичными рудами (16% Mn) в аргиллитах протерозоя и окисленными в зоне их гипергенеза (33% Mn). Все руды содержат железо (12–28%).

В Австралии основную часть марганцевых руд содержит уникальное месторождение Грут-Айленд. Рудный пласт мощностью 3 м залегает в песчано-глинистых отложениях протерозоя на глубине до 30 м. В пласте валуны и галька криптомелана и пирролюзита, марганец 37–52 (в среднем 47), железо 2–11,5, кремнезем 3–13, сера 0,07–0,08 и фосфор 0,7–0,09%. Руды легкообогатимы и отрабатываются открытым способом. Среди более мелких месторождений отметим Вуди-Вуди, его руды содержат мало фосфора и железа, но 41% марганца, широко экспортируемого в Азию и Европу.

Россия имеет запасы (230 млн т) и прогнозные ресурсы (1120 млн т), в том числе 230 млн т марганцевых руд низкого качества (кат. P₁) со средним содержанием Mn 20% и высокой долей (88%) труднообогатимых карбонатных руд. Разведано почти три десятка месторождений, но только два из них являются крупными – Усинское в Алтае-Саянской провинции и Порожинское на Енисейском кряже. Мелкие объекты располагаются в Финском заливе (железомарганцевые конкреции), на Северном Урале (Парнокское и месторождения Северо-Уральского бассейна – Тынинское и др.) и Южном Урале (месторождение Трёхгранное), в Монголо-Охотской (Громовское, Монголтойское) и на юго-востоке Сихотэ-Алинской провинции (Южно-Хинганское).

Добыча в 2011 г. на Дурновском месторождении окисных руд (Кемеровская область) составила 29 тыс. т, на Селезеньковском месторождении – 27 тыс. т марганцевой руды. С шихтовочного склада Громовского месторождения в 2007 г. для обогащения урановых руд отгружено 4,8 тыс. т марганцевой руды.

Для удовлетворения нужд металлургической промышленности немногим более 600 тыс. т было импортировано в основном из Казахстана.

Для замещения импорта марганцевых руд начаты работы по подготовке к освоению Порожинского (ООО «Туруханский меридиан»), Усинского (ЗАО «ЧЕК-СУ. ВК») и Южно-Хинганского (ООО «Хэмен Дальний Восток») месторождений, разрабатываются технологии гравитационно-магнитного и химического обогащения руд Сейбинского месторождения. В 2009 г. учтены Госбалансом Трехгранное (Челябинская обл.) и Каменское (Иркутская обл.) месторождения.

На территории всех охарактеризованных стран-обладателей запасов и ресурсов марганцевых руд в последние годы активно осваивались месторождения и выявлялись площади развития качественных руд.

При учете зарубежного опыта уместно отметить:

– новые тенденции участия России в использовании зарубежной минерально-сырьевой базы марганцевых руд. Начиная с 2005 г. российская компания «Ренова» разведала участок (152 км²) развития марганцевых руд в районе Сайшен ЮАР, на котором в 2008 г. началась опытно-промышленная добыча марганцевых руд со средним содержанием Mn 37%. В 2009 г. добыто 480 тыс. т руд. Планируется увеличить добычу до 2 млн т сырой руды, построить агломерационную фабрику и производить до 200 тыс. т марганцевых сплавов на приобретенном «Реновой» в ЮАР металлургическом предприятии;

– рентабельную отработку марганцевых руд подземным способом с глубин до 400–500 м (ЮАР, Бразилия, Казахстан);

– применение компанией Talvivaara электрохимической технологии рентабельного извлечения металлического марганца (или диоксида марганца) методом кучного биовыщелачивания из руд финского месторождения Талвиваара, содержащего 0,3% марганца.

Развитие минерально-сырьевой базы марганцевых руд России связано с освоением в Алтае-Саянской провинции Усинского и Порожинского месторождений, заключающих почти 70% российских запасов.

Первоочередные работы на руды марганца рекомендуются в Алтае-Саянской (Порожинский РУ, Иочиминская прогнозная площадь, Присаянская, Шорская и Бостокская прогнозные площади), Уральской (Северо-Сосьвинская и Орангско-Талотинская прогнозные площади, Улутелякское РП) и Сихотэ-Алинской (Южно-Хинганский РУ) провинциях.

Хромовые руды. До 80% добываемых хромовых руд используется в металлургии. Руды металлургических сортов почти полностью перерабатываются в различные сорта феррохрома для производства нержавеющей стали и получения высококачественного литейного чугуна различного сортамента и назначения, в небольшом объеме для получения различных сплавов и сварочных материалов. Хром – обязательный компонент жаропрочных, кислотоупорных, быстрорежущих, рессорных, шарикоподшипниковых и других качественных сталей.

Хромистая нержавеющая сталь (содержащая от 11 до 36, в среднем 17–18% хрома) используется в качестве конструктивного материала для арматуры нефтеперерабатывающих крекинг-установок, предприятий химической, целлюлозно-бумажной и пищевой промышленности, ядерной энергетики, рядовой строительной арматуры (уголков, труб, включая бесшовные); из нее изготавливают лопатки турбин, кровельные материалы, самые различные инструменты, в том числе хирургические, кухонное оборудование и прочие предметы быта (и роскоши) и т. п. В последние годы расширяется применение нержавеющей стали в автомобиле- и вагоностроении. Металлический хром используется для декоративных и коррозионностойких покрытий стальных изделий, а также для выпуска сплавов – нихрома, стеллита и др. Пленки особо чистого хрома (более 99,99%) применяются при изготовлении жестких дисков компьютеров и покрытия электроннолучевых трубок и жидкокристаллических дисплеев.

Порошковый хром употребляется в производстве металлокерамических изделий и материалов для сварочных электродов, в виде иона Cr^{3+} для получения искусственных рубинов и в медицине.

Химическая промышленность потребляет 7–13% добываемых хромовых руд, главным образом для производства хромпиков (дихроматов натрия, реже калия), хромовой кислоты, оксидов и других соединений хрома.

Около 10% хромовых руд идет на производство огнеупоров. Из их смеси с магнезитом производят хромомагнезитовые огнеупорные материалы, которые вместе с другими хромсодержащими огнеупорами и хромбетоном используются для футеровки мартеновских и индукционных печей, конвертеров, вращающихся печей в цементном производстве и др. Однако потребление хромовой руды в производстве огнеупоров постепенно сокращается из-за негативного их влияния на здоровье работников. Особенно токсичны соединения Cr^{+6} с их раздражающими и разъедающими свойствами. Хромитовые формовочные пески используются в литейном производстве.

Для производства огнеупоров используются алюмохромитовые руды с содержанием Cr_2O_3 22–27% и руды с отношением $Cr_2O_3/FeO < 2$ из стратиформных месторождений расслоенных мафит-ультрамафитовых массивов, в которых металлургические руды очень редки. Гравитационное обогащение алюмохромитовых руд позволяет получить концентраты, пригодные при выплавке феррохрома с содержанием хрома 48–55% (чардж-хром) и нержавеющей стали.

Магнохромитовые кусковые массивные руды со средним содержанием Cr_2O_3 36–50% и отношением $Cr_2O_3/FeO > 2,5$ из месторождений подиморфных офиолитовых массивов могут использоваться для выплавки феррохрома без обогащения.

Мировая МСБ хромитов характеризуется наличием 77,5% запасов (3,1 млрд т) в ЮАР. Казахстан располагает 5,6% запасов, Зимбабве 3,5 (рис. 10). Суммарные запасы Турции, Индии и Финляндии 4,8%. Россия имеет 0,4% мировых запасов. Страны Западной Европы, США, Китай и Япония не имеют таких месторождений, они импортируют хромитовые концентраты и руды.

В связи с большой глубиной залегания рудных тел 87% мировых запасов пригодно для подземной отработки, лишь отдельные месторождения Бразилии, Индии, Мадагаскара, Ирана, Пакистана, ОАЭ и Омана доступны для эксплуатации карьерами.

Хромитовые месторождения ЮАР связаны с крупнейшим в мире Бушвельдским расслоенным массивом, вытянутым на 480 км в широтном и на 250 км в меридиональном направлении. Слагающие массив расслоенные породы падают к его центру под углами 7–12°. Месторождения хромитов образуют Западный (длиной 200 км) и Восточный (длиной около 120 км) пояса. Хромитоносные горизонты тяготеют к нижней части массива, т. н. критической зоне мощностью 1200 м. В нижней части этой зоны выявлено до 25 рудных пластов, промышленное значение имеют пять-шесть.

На большинстве месторождений обрабатывается пласт LG6. Платиноносный пласт UG2 также используется для получения хромитового концентрата. Хромитовые пласты

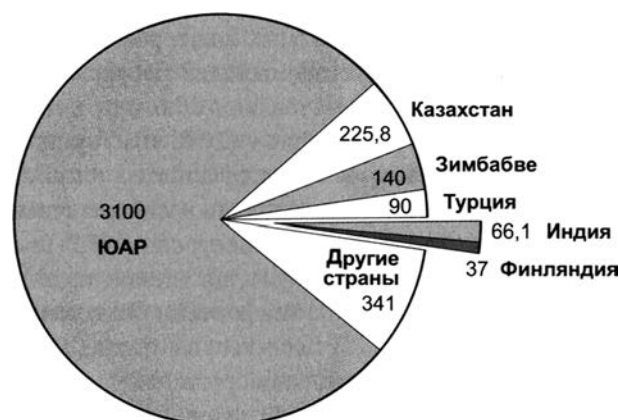


Рис. 10. Распределение мировых запасов хромовых руд, млн т

прослеживаются по падению до 1 км и по простиранию на десятки километров. Их мощность от 1,1 до 1,8 м; иногда они включают безрудные прослои. Всего выявлено 65 месторождений хромитов, в том числе 57 крупных. Запасы хромитов на 2008 г. оценивались в 3,1, ресурсы в 8,6 млрд т.

Наиболее крупные разрабатываемые месторождения – Дварсривер с подтвержденными запасами 39,5 (2010 г.), Торнклифф 32,1, Крундал 19,8 млн т.

В Казахстане хромитовые руды содержат около 50% Cr_2O_3 , т. е. намного больше, чем руды практически всех стран мира. Кроме того, они характеризуются низкими содержаниями железа и вредных примесей (фосфора и серы) и пригодны для всех сфер применения без каких-либо ограничений. Месторождения с такими рудами расположены в пределах Кемпирсайского ультрабазитового массива в Актюбинской области. Большая часть подтвержденных запасов хромовых руд (около 97%) может обрабатываться подземным способом.

Подтвержденные запасы хромитов Казахстана к концу 2011 г. 225,8 млн т. Наиболее крупные объекты, в которых содержится более 90% балансовых запасов хромовых руд, – месторождения Алмаз-Жемчужина (206,2 млн т на начало 2006 г.), Миллионное (39,3 млн т), 40 лет Казахской ССР – Молодежное (36,6 млн т) и Первомайское (11,5 млн т). Подтвержденные запасы месторождения Восход на начало 2008 г. 18,3 млн т. Все эти месторождения разрабатываются.

Площадь распространения элювиально-делювиальных хромитоносных россыпей, приуроченных к Великой Дайке Зимбабве, 518 км², а запасы хромовых руд в них оцениваются в 60 млн т, большая их часть концентрируется в северной части Дайки, где разведано крупнейшее россыпное месторождение Импинге с продуктивным горизонтом средней мощностью 45 см и средним содержанием Cr_2O_3 15–20%. Запасы хромовых руд страны насчитывают 140, оцененные ресурсы 930 млн т. Из семнадцати месторождений Зимбабве четырнадцать имеют запасы более 10 млн т.

В Индии более 90% запасов хромитовых руд (~60 млн т) сконцентрировано в Долине Сукинды на востоке страны, здесь разведано и разрабатывается более 50 хромитовых линз, залегающих в интенсивно метаморфизованных ультраосновных породах докембрийского возраста (тальк-хлоритовых, тальк-хлорит-лимонитовых, тальк-серпентин-хлоритовых сланцах и серпентинитах). Крупнейшие месторождения Бхимтангар и Калиапани-Сукранги содержат 70% всех запасов хромитов страны и 2/3 ресурсов. Средняя мощность линз Долины Сукинды около 11 м, суммарная протяженность 12 км. Содержание Cr_2O_3 40–42%, на отдельных участках оно ниже, поэтому такие руды пригодны к электроплавке на чардж-хром. Значение мелких месторождений хромитов, известных в других штатах Индии, невелико.

Единственное в Финляндии и крупнейшее в Европе месторождение хромитов Кеми расположено на берегу Ботнического залива и относится к стратиформному геолого-промышленному типу. Его доказанные запасы на начало 2011 г. 37 млн т со средним содержанием Cr_2O_3 26%. Пласты залежи хромитов находятся в нижней части крутопадающего расслоенного массива ультрабазитов. Вмещающие породы интенсивно метаморфизованы и превращены в серпентиниты и карбонатные породы. Хромитовая залежь тянется в северо-восточном направлении на 15 км вдоль крупного разлома. Её мощность от нескольких миллиметров до двух метров. Эксплуатируется около десятка залежей мощностью до 40 м. Отношение $\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{FeO}$ 1,5–1,7, что позволяет получать только чардж-хром.

Россия имеет балансовые запасы хромитов 51,4 млн т, в том числе разведанные 17,5 млн т (0,4% мировых) и прогнозные ресурсы 906 млн т. Все запасы и ресурсы высоких категорий (Р₁) заключены в месторождениях севера европейской части страны и Урала (от Полярного до Южного). В расслоенных мафит-ультрамафитовых интрузивах сосредоточено 89% балансовых запасов страны, в том числе крупное Аганозерское месторождение в Республике Карелия с балансовыми запасами 26,6 млн т, остальные месторождения преимущественно мелкие, иногда средние. По содержанию Cr_2O_3 (22–39%) руды российских месторождений относятся к бедным, но все они пригодны к рентабельной отработке. Большая часть балансовых запасов приходится на месторождения, расположенные в экономи-

чески неосвоенных районах Республики Карелия (55%) и Ямало-Ненецкого автономного округа (10%).

Государственным балансом учитываются 24 месторождения хромовых руд, из них 13 разрабатывается, в том числе Центральное в ЯНАО, Южно-Сарановское и Главное Сарановское в Пермском крае. Это средние по масштабу месторождения с относительно высокими содержаниями Cr_2O_3 в рудах (35,6, 37,7 и 39%).

Во всех крупнейших странах-обладателях запасов и ресурсов хромитовых руд в последние годы проводились ГРП по выявлению новых месторождений и вовлечению их и уже известных месторождений в эксплуатацию.

В России подготавливались к отработке Аганозерское (ОАО «Карелмет») и Сопчеозёрское (Северная хромовая компания) месторождения и разведывалось Шалозерское месторождение в Карело-Кольской провинции.

На Хойлинской площади (Полярный Урал) локализованы ресурсы хромитов категорий P_1 и P_2 (5 и 20 млн т).

На Среднем Урале авторская оценка запасов категорий $C_1 + C_2$ 76 тыс. т проводились ГРП на Жиженско-Шаромском участке. Определенный интерес представляет хромитовосность концентрически-зональных ультраосновных массивов типа Кондёр в Южной Якутии и Сейнава-Гальмоэнакской группы в Корякии.

В России в 2010 г. добыто 747 тыс. т товарных хромовых руд (шестое место в мире), на 28% больше, чем в 2008 г. (582,2 тыс. т).

В число основных стран-производителей Россия вошла в 2004 г. за счет эксплуатации месторождения Центральное в ЯНАО, принятого на баланс в 2003 г., но в ограниченных объемах добыча на нем велась с 1996 г. В 2003 г. объем извлеченной руды составил 38, в 2004 г. уже 289, а в 2005 г. достиг 591 тыс. т. За 2008 г. на карьерах Северный и Южный Центрального месторождения добыто 400 тыс. т хромитов, на обогатительной фабрике переработано 495 тыс. т руды (в том числе часть складированной ранее), получено 465 тыс. т хромового концентрата. В 2009 г. добыча на Северном карьере составила 258 тыс. т, обогащено 214 тыс. т хромитов, произведено 205,5 тыс. т концентрата.

В Пермском крае за 2011 г. из недр извлечено 233 тыс. т хромитов (246 тыс. т в 2009 г. на Главном Сарановском месторождении и Сарановской группе россыпей).

На Сарановских месторождениях получено 141 тыс. т концентратов, разрабатывались также мелкие месторождения на Урале (III Поденный рудник, Курмановское, Буслаева Гора и др.).

Немногим более 1 млн т для промышленности хромитовых руд Россия импортировала из Казахстана (~70%) и Турции (~30%).

Как пример применения зарубежного опыта по использованию минерально-сырьевого потенциала отметим организацию ОАО «Мечел», которая при эксплуатации Казахстанского хромитового месторождения Восход (Кемпирсайская группа месторождений) приобрела у владельца 99,3% акций британской компании Oriol Resources Ltd.

В 2009 г. уже работал ГОК на полную проектную мощность 1,3 млн т/год сырых и 900 тыс. т/год товарных хромовых руд. Подтвержденные запасы месторождения на конец декабря 2011 г. оценивались в 18,3 млн т со средним содержанием Cr_2O_3 40,3%. Разработка осуществлялась подземным способом; товарные руды поставлялись на принадлежащий Oriol Resources Тихвинский завод ферросплавов в Ленинградской области. В 2011 г. на руднике произведено 211 тыс. т хромитовых концентратов, в первом квартале 2012 г. 84 тыс. т.

Перспективы прироста минерально-сырьевой базы хромовых руд имеются на Полярном Урале в Войкаро-Сынинском и Сыум-Кеуском массивах, Алтае-Саянской (Агардакский массив), Байкало-Витимской (Шаманский массив) и Монголо-Охотской (Усть-Депрский массив) областях, на Сахалине (Южно-Шмидтовский массив) и севере Камчатки (Великореченско-Хатырский РР).

Титан. Большая часть получаемого титанового сырья идет на производство диоксида титана (94%), в том числе пигментного (89%). Пигментный в основном используется в лакокрасочной промышленности, в меньшей степени как наполнитель пластмасс и резинотехнических изделий, в целлюлозно-бумажном производстве, катализаторах и нано-

технологиях. Измельченную ильменитовую руду в качестве флюса добавляют при выплавке стали. Титановые сплавы находят применение в автомобильных и авиадвигателях.

Россия импортирует 60 тыс. т диоксида титана в год и 40 тыс. т рутилового и ильменитового концентрата для получения губчатого и компактного титана для сплавов и электродов и занимает третье место в мире ($\approx 30\%$) в производстве губчатого и ферротитана (22,6 и 10,5 тыс. т в 2009 г.). Титановое сырье добывается на комплексных редкометалльно-редкоземельном Ловозерском и апатит-нефелиновых месторождениях Хибинской группы (3 и 2 тыс. т TiO_2 в руде).

По подтвержденным запасам диоксида титана Россия занимает первое место в мире (258 млн т), но большая часть запасов (55%) связана с магматогенными месторождениями. Запасы Китая 232,9, Украины 184, Бразилии 123,4, Индии 100, Норвегии 7, Канады 51,4, ЮАР 34,1, Австралии 21,4 млн т (рис. 11).

В Китае около 95% составляют уникальные железо-титан-ванадиевые месторождения с ресурсами от 1,4 до 4,5 млрд т руды. На месторождении Паньжихуа добывается 1,5 млн т руды со средним содержанием TiO_2 12%, из которой получают 300 тыс. т/год ильменитовых концентратов. На юге Китая разрабатываются ильменитовые россыпи (в запасах страны около 5%).

На Украине основные ресурсы титана связаны с коренными габбро-анортозитами Украинского щита с содержанием 6,9–8,17% TiO_2 .

В Австралии почти все запасы находятся в титан-цирконовых прибрежно-морских россыпях. Россыпи Восточно-Австралийской провинции четвертичного возраста в значительной степени отработаны. Сейчас эксплуатируются верхнеплейстоценово-голоценовые месторождения Западной Австралии. Из отработанных дражным и карьерным методом россыпей месторождения Кульярлу в 2008 г. получено 348 тыс. т ильменитового, 58 цирконового, 26 рутилового, 32 лейкоксенового концентрата и 226 тыс. т синтетического рутила.

В Индии запасы титана содержатся в прибрежно-морских титан-циркониевых россыпях. Эксплуатируемое крупное месторождение Чатрапур имеет запасы ильменита порядка 20 млн т. В год получают 220 тыс. т ильменитового (50% TiO_2), 10 рутилового, 2 тыс. т цирконового концентратов. Отрабатывается также уникальное (79,45 млн т ильменита, 5,38 рутила и 4,82 циркона) современное россыпное месторождение Чавара, протянувшееся на 22 км вдоль побережья. Ширина россыпи от 6 до 8 км. Обогащительная фабрика выпускает в год до 50 тыс. т ильменитового, 3,5 тыс. т рутилового и 1,5 тыс. т цирконового концентратов.

В Канаде залежи ильменитовых руд локализируются в массивах габброидов. Крупное (27,5 млн т руды на 01.01.2010) отработываемое месторождение Лак-Тио содержит в рудах в среднем TiO_2 32, FeO 27,5, Fe_2O_3 25,2, V_2O_5 0,41%. С 1950 г. на месторождении добыто 60 млн т руды.

ЮАР располагает уникальными по количеству и качеству россыпными месторождениями, в значительной мере отработанными. Эксплуатируемое крупное месторождение Хиллендейл имеет запасы 18,3 млн т песков со средним содержанием минералов тяжелой



Рис. 11. Мировые подтвержденные запасы диоксида титана, млн т

фракции 7% (в том числе ильменита 56, рутила 46, циркона 6 и лейкоксена 2%). На западном и восточном побережьях широко развиты современные пляжевые и эоловые террасовые россыпи (месторождение Бранд-Сибай), а также современные донные россыпи (месторождение Ксолобени).

Геологоразведочные работы по выявлению и разведке новых объектов и освоение россыпных месторождений особенно активно проводились в Австралии и Кении, на достаточно хорошем уровне на Украине, в Казахстане, Норвегии, ЮАР, Мозамбике, Сенегале, Мадагаскаре, Мексике и Чили.

В России разведан Восточный участок (6,4 млн т TiO_2) Центрального россыпного месторождения в Тамбовской области (ООО «Горнопромышленная компания «Титан»). В Амурской области разведано Куранахское ильменит-титан-магнетитовое месторождение (ООО «Олёкминский рудник») и идет разведка крупного ильменит-титан-магнетитового (кат. Р₁ 36 млн т TiO_2 , его содержание 14%) месторождения Б. Сейим (ООО «Уралмайнинг»). В Мурманской области в 2010 г. завершена разведка ильменит-титан-магнетитового месторождения Юго-Восточная Гремяха, утверждены запасы TiO_2 50 млн т для открытой отработки с содержанием 8,55%. Продолжается разведка Ордынского россыпного месторождения в Западной Сибири.

ООО «Медведевский ГОК» готовит к пуску первую очередь горно-обогатительного комбината на Медведевском месторождении Урала и проводит вскрышные работы.

Вводится в действие горнодобывающее предприятие мощностью не менее 300 тыс. т руды в год на месторождении Партомчорр (ЗАО «Северо-Западная компания») и закладывается карьер производительностью 10 млн т руды в год на Чинейском месторождении (ОАО «Забайкалстальинвест»).

На Куранахском железо-титановом месторождении в Амурской области (не учитываемых Госбалансом (ГБ) запасов титана) британская компания Petropavlovsk PLC в декабре 2007 г. начала открытую добычу ильменит-титан-магнетитовой руды, в третьем квартале 2008 г. пущена в эксплуатацию первая, а в мае 2010 г. вторая очередь Олекминской обогатительной фабрики. Это обеспечило выпуск 290 тыс. т ильменитового концентрата в год.

На Лукояновском циркон-рутил-ильменитовом месторождении в Нижегородской области (ООО «Фирма "Геостар"») проведены технологические исследования рудных песков для составления технико-экономического обоснования постоянных кондиций отработки.

В опытном блоке на участке Левобережный Тарского циркон-рутил-ильменитового россыпного месторождения (Омская область) компания ООО «Тарский ГОК» проводила опытно-промышленные работы по скважинной гидродобыче титаноциркониевых песков из погребенной россыпи, залегающей на глубине 45–70 м, и их гравитационному обогащению, кроме того, завершила поисковые работы в северной части участка Левобережный с оценкой запасов 1674 тыс. т диоксида титана.

В ходе опытно-промышленной добычи на Южно-Александровском участке Туганского россыпного месторождения в Томской области на обогатительной фабрике компании ОАО «Туганский ГОК "Ильменит"» получено 508 т ильменит-рутил-лейкоксенового концентрата, содержащего 208 т TiO_2 .

Геологоразведочные работы последних лет привели к существенному увеличению российских запасов титана, однако ни один из вновь разведанных и ранее известных объектов собственно титановых руд пока не эксплуатируется.

При освоении российских месторождений титановых руд необходимо учесть современный зарубежный опыт по использованию минерально-сырьевого потенциала руд титана. В Канаде, ЮАР, Китае и Вьетнаме добытые руды обогащаются, а получаемый концентрат используется для выплавки титановых шлаков. В Индии, Малайзии и Австралии из ильменитового концентрата получают синтетический рутил. На Украине, в Норвегии и Австралии производственный цикл завершается получением пигментного диоксида титана, но основное производство пигментного TiO_2 ($\approx 70\%$) находится в странах, импортирующих титановые концентраты, синтетический рутил и титановые шлаки (Китай, США, Германия, Япония, Великобритания и др.) До 80% губчатого титана производят Китай, Япония, Россия и США также из импортного сырья.

Редкие металлы и рассеянные элементы, объединяемые рядом исследователей в группу редких металлов, являются ключевыми материалами всех самых современных отраслей промышленности. Их производство в мире активно растет, значительно опережая многие виды традиционных металлов, потребление этих металлов особенно увеличилось в последние годы в Китае, США и Японии (<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/2010/mcs2010.pdf>).

Китай занимает доминирующую позицию в мире как производитель 95% всего объема редкоземельного (ТР) минерального сырья. Он стремительно увеличивает его потребление для создания технологии получения экологически чистой энергии и в оборонной промышленности. Принятое Китаем решение об ограничении экспорта редких земель вызвало возросшую тревогу правительств большинства стран.

Промышленно развитые страны, такие как Япония, США и страны Европейского союза, сталкиваются с дефицитом запасов и ростом цен на редкие земли. В небольшом аналитическом отчете «China's Rare-Earth Industry», опубликованном ГС США в мае 2011 г. (<http://pubs.usgs.gov/of/2011/1042/of2011-1042.pdf>), дан краткий обзор китайского производства, потребления и запасов ТР. Рассматриваются важные аспекты политики Китая в отношении торговли ТР-элементами и их производства, в том числе и недавно анонсированное введение экспортных квот на редкоземельную продукцию (рис. 12).

В России производится не более 8 тыс. т лопаритового концентрата на Ловозёрском месторождении. На Ковдорском ГОК получают около 8,0 тыс. т баддеилитового концентрата, причем он почти полностью экспортируется.

Большую часть редких металлов мы импортируем, хотя по запасам тантала и ниобия Россия занимает первое место в мире, по литию второе, по цирконию третье. Список месторождений циркония, редких земель, висмута, лития, бериллия, рубидия, галлия, рения, селена, германия и теллура включает несколько наиболее значимых объектов (табл. 4).

К началу 2012 г. мировое производство лития увеличилось до 25,4, ниобия до 62, редкоземельных металлов до 124 тыс. т.

Структура российской МСБ коренным образом отличается от зарубежной. Так, за рубежом в качестве промышленного источника лития используется преимущественно рапа

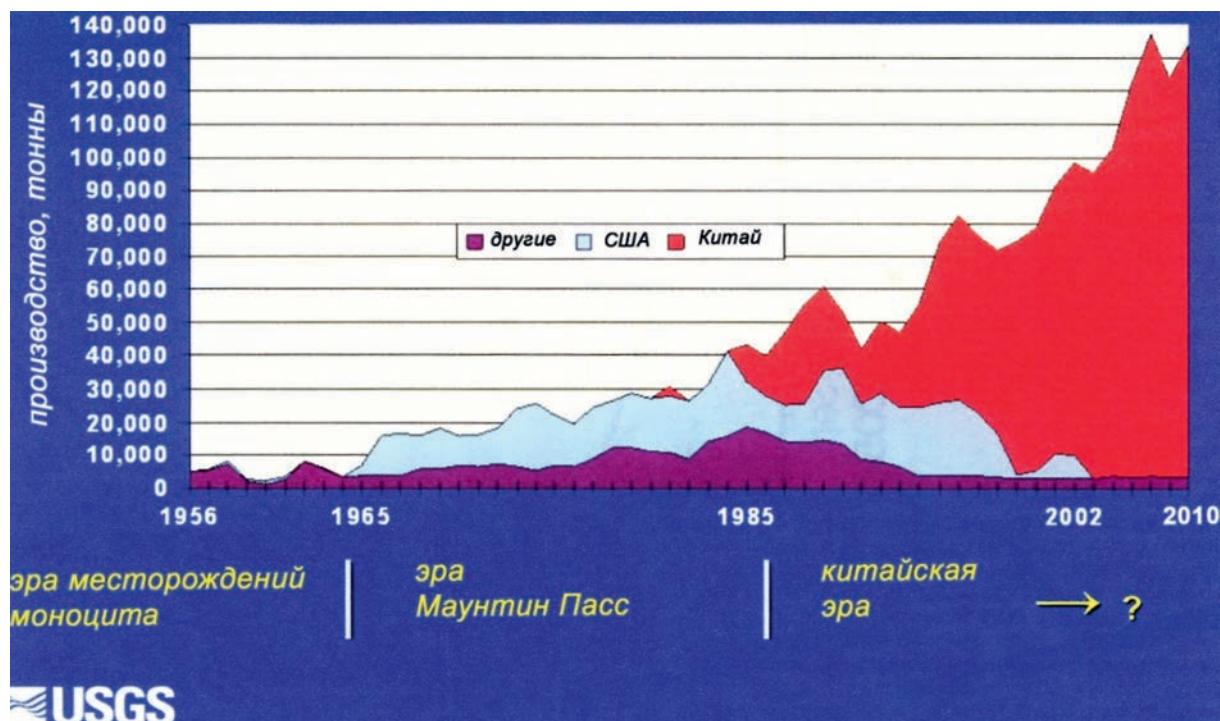


Рис. 12. Производство оксидов РЗЭ в различных странах по данным USGS

Таблица 4

Список месторождений редких металлов в России

Полезное ископаемое	Месторождения и их расположение
Цирконий	Бешпагирское россыпное (Ставропольский край), Туганское россыпное (Западная Сибирь), Ковдорское баддеилит-апатит-магнетитовое карбонатитовое (Мурманская обл.), Улуг-Танзекское карбонатитовое (Тыва) и Катугинское в щелочных гранитах (Южная Якутия) комплексные
Редкие земли	Чуктуконское в корах выветривания карбонатитов (Красноярский край), Белозиминское карбонатитовое (Иркутская обл.), Катугинское в щелочных гранитах (Южная Якутия), Зашихинское комплексное в щелочных гранитах (Иркутская обл.), Ловозёрское карбонатитовое (Мурманская обл.), Томторское (Северо-Западная Якутия)
Висмут	Вольфрамовые скарновые Богутинское, Восток-2 (Приморье), полиметаллические скарновые Дальнегорской группы (Приморье)
Литий, бериллий, рубидий, цезий	Пегматитовые Гольцовское (Восточный Саян) и Ташелгинское (Горная Шория), Апогранитовое Алахинское (Горная Шория), Пегматитовые Боевское и Малышевское (Урал), Орловское и Этыкинское в щелочно-мафических-салических комплексах (Забайкалье)
Галлий	Иксинское месторождение бокситов (Архангельская обл.), Хибинское месторождение апатит-нефелиновых руд (Мурманская обл.), Верхнешугорское месторождение бокситов (Тиман)
Рений, селен, теллур	Медно-никелевые в ультрабазитах Талнахское (Восточная Сибирь), медно-порфировые с молибденом месторождения Михеевское (Южный Урал) и Аксукское (Тува)
Германий	Павловское месторождение углей (Приморье)
Индий	Скарново-метасоматическое свинцово-цинковое Дальнегорское, касситеритовые сульфидные Смирновское и Синанчинское (Приморье)

соляных озер, на неё приходится более 75% мировых запасов и около 65–75% мировой добычи, и только остальное – на коренные руды редкометалльных пегматитов. В российской МСБ, наоборот, 75% запасов представлено редкометалльными пегматитами и около 25% заключено в слюдах редкометалльных гранитов, не представляющих собой промышленной ценности в качестве источника лития.

Около 69% российских запасов циркония заключено в коренных рудах, за рубежом более 99% в россыпях.

По содержанию полезных компонентов российские месторождения за редким исключением уступают разрабатываемым за рубежом. В них в 2–3 раза меньше лития, в 1,5–2,5 раза меньше тантала и ниобия (кроме уникального богатого ниобием Томторского месторождения), и только некоторые циркониевые россыпи по этому параметру не уступают зарубежным.

Горнотехнические условия разработки российских месторождений часто сложнее по сравнению с зарубежными месторождениями. В России нет редкометалльных россыпей, связанных с пегматитами, которые долгое время преобладали в структуре добываемого в мире танталового сырья, нет прибрежно-морских титан-циркониевых россыпей. За рубежом подавляющее большинство редкометалльных коренных месторождений разрабатывается открытым способом, а на единственном редкометалльном месторождении Ловозерское отработка ведется подземным способом в сложных горнотехнических условиях.

В МСБ России значительная часть запасов представлена технологически сложными труднообогатимыми рудами с минералами, имеющими близкие физические и химические свойства, легко измельчающимися, часто тонковкрапленными и со взаимным прорастанием. Нередко для получения товарных продуктов требуется применение химико-металлургических схем. Сквозное извлечение редких металлов из лопаритовых руд составляет 60–70, руд редкометалльных щелочных гранитов 40–50, пегматитовых руд 60–80 для сподуменовых концентратов и 30–50% для колумбитовых.

Общая особенность многих месторождений редких металлов – высокая комплексность руд. Обычно основными являются один-два полезных компонента, подсчитывается и утверждается до 5–8. Монометалльные месторождения редких металлов, обычно разрабатываемые за рубежом, в России крайне редки, перспективы их выявления весьма ограничены.

Значительная часть российских редкометалльных месторождений расположена в сложных, часто экономически слабоосвоенных районах: пегматитовые месторождения лития (Колмозерское и Полмостундровое в Мурманской области, Гольцовое в Иркутской области, Тастыгское в Республике Тыва), крупнейшие танталовые, ниобиевые и редкометалльные объекты (Катугинское на севере Забайкальского края, Улуг-Танзекское в Республике Тыва, Томторское в Республике Саха (Якутия), Белозиминское и Зашихинское в Иркутской области).

Сравнение параметров российских месторождений с зарубежными разрабатываемыми объектами и технико-экономические расчеты экономической эффективности их освоения в современных условиях показали относительно невысокую конкурентоспособность отечественных месторождений. Так, сроки возврата инвестиций по большинству оцененных месторождений составляют не менее 7–9 лет, ВДН в основном не превышает 8–10%.

Относительно низкая конкурентоспособность российских месторождений диктует целесообразность участия государства в освоении редкометалльных месторождений, например, на условиях частно-государственного партнерства, чтобы осваивать относительно бедные или труднодоступные месторождения, имеющие большой ресурсный потенциал. Государство может участвовать в создании инфраструктуры, в первую очередь транспортной, предоставлять особые условия налогообложения на начальных стадиях освоения и льготное кредитование, как во всех развитых странах.

Перспективно освоение редкометалльной МСБ, а также месторождений в рамках ЦЭР или собственно редкометалльных горнорудных районов, чему способствует природная концентрация месторождений редких металлов. Такие районы известны в Иркутской и Мурманской областях. В них сосредоточены месторождения разнообразных редкометалльных полезных ископаемых, имеются энергетические и водные ресурсы и профессиональные кадры.

Повышению инвестиционной привлекательности российских объектов будет способствовать углубленная переоценка ранее разведанных месторождений и хозяйское отношение к комплексным объектам.

Во-первых, необходимо выделить блоки богатых руд для первоочередной отработки, применять технологические инновации в области добычи, обогащения и металлургического передела.

Во-вторых, для многих типов месторождений, например, титан-циркониевых россыпей, редкометалльных пегматитов, карбонатитов, существенное значение имеет комплексное использование сырья, в том числе и его нерудной части, которая в общей стоимости товарной продукции составляет до 30 и даже 50%. При оценке Центрального титан-циркониевого месторождения установлена возможность попутного получения глауконитового концентрата, стоимость которого равна 50% от общей стоимости товарной продукции, что позволило перевести месторождение из забалансового в балансовое.

В-третьих, необходима отработка запасов РЗМ, учитываемых в качестве попутных компонентов в рудах черных, цветных металлов и горно-химическом сырье. Например, при наличии промышленной технологии извлечения редкоземельных металлов из апатитового сырья они из апатита хибинских месторождений не извлекаются, хотя их доля в запасах РЗМ, учтенных ГБ, составляет 47%.

Исключительно важна организация интегрированных производств. В Австралии и Канаде на месторождениях сподуменовых пегматитов создаются полные циклы передела, позволяющие получать в качестве товарной продукции карбонат лития, чтобы конкурировать с месторождениями литиевоносной рапы. В Бразилии и Канаде прекращена продажа пироксидного концентрата. Вывозятся только конечные продукты – феррониобий, пентоксид ниобия и др. Китай резко сократил экспорт редкоземельного сырья и реализует на мировом рынке только товарную продукцию с высокой добавленной стоимостью – магниты, люминофоры и пр.

При подготовке к освоению аналогичных российских месторождений необходимы следующие мероприятия:

– геолого-экономическая оценка разработки месторождений с учетом стоимости конечных товарных продуктов передела. На большинстве редкометалльных месторождений конечными продуктами являются металлы и химические соединения, цены на которые в несколько раз, а иногда и на порядок выше цен на концентраты;

– прогнозирование рынков, так как спрос на продукцию горнодобывающих производств определяют востребованность и перспективы развития МСБ страны в целом и отдельных месторождений.

Развитие в России инновационных технологий обеспечит более широкое применение редких металлов и рассеянных элементов, добываемых из руд отечественных месторождений:

– циркония – в инженерной керамике, изготовление форм для высокоточного литья, подогревателей воздушного дутья, фильтров, керамических топливных элементов SOFC, металлорежущего инструмента, в качестве добавок к стеклу (в том числе к стёклам цветных кинескопов), а также для катализаторов и новых циркониевых сплавов;

– редкоземельных элементов – для изготовления автокатализаторов и постоянных (неодимовых) магнитов для автомобильной электроники, компьютерной, видео- и аудио-аппаратуры;

– висмута – в производстве аккумуляторов, пигментов, в качестве легирующей добавки к сталям и сплавам;

– бериллия – при изготовлении оборудования для спутников, инерциальных систем наведения, компонентов оптических систем и двигателей космических аппаратов, в электронике;

– лития – при производстве аккумуляторных батарей, сверхлёгких сплавов, пьезо- и сегнетоэлектриков, оптических кристаллов для сверхвысокочастотной техники;

– рутиния – как катализатора и промотора в реакциях органического и неорганического синтеза, а также при производстве оптических стёкол, инфракрасной аппаратуры и фотоэлементов;

– галлия – в производстве светоизлучающих диодов на основе GaP, полупроводниковых материалов для компьютеров типа ноутбуков и сотовых телефонов;

– рения – в катализаторах для нефтеперерабатывающей промышленности, в производстве сверхжаропрочных сплавов для авиа- и ракетных двигателей;

– индия – в тонкоплёночных покрытиях прозрачных электродов плоскостельных дисплеев;

– селена – при производстве стекла и фотогальванических солнечных батарей;

– германия – для изготовления волоконно-оптических каналов связи, инфракрасной оптики и солнечных батарей;

– теллура – при выплавке быстрорежущих сталей, производстве термоэлектрических источников энергии, а также катализаторов.

ОХРАНА И РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕДР

Под охраной недр понимается научно обоснованное рациональное и бережное использование полезных ископаемых, максимально полное, технически доступное и экономически целесообразное их извлечение, переработка, утилизация отходов, ликвидация урона, нанесенного естественным природным ландшафтам.

Непрерывный рост потребления минерального сырья в народном хозяйстве и ограниченность ресурсной базы требуют бережного и хозяйственного расходования богатств наших недр. От этого во многом зависит успешное развитие экономики, рост материального благосостояния и культурного уровня жизни населения. Улучшение использования минерального сырья – одно из важнейших условий снижения материальных затрат в народном хозяйстве. Оно способствует совершенствованию структуры производства, повышает отдачу основных фондов.

Основные причины неэффективного использования природно-ресурсного потенциала России:

- несбалансированная микроэкономическая и инвестиционная политика в области природопользования, нерациональное использование природных богатств, диспропорции между добывающими инфраструктурными комплексами;
- несовершенное законодательство, порождающее противоречия в сфере природопользования;
- неразвитость рыночных механизмов и государственного регулирования в сфере природопользования в новых условиях;
- недоучет ассимиляционного потенциала природной среды как экономической ценности при определении альтернатив развития страны и регионов.

Повышение эффективности системы отечественного недропользования во многом связано с совершенствованием законодательной базы, а также с внедрением собственно экономических механизмов управления государственным фондом недр и разработкой соответствующих правовых норм при повышении роли государственного регулирования.

Основные требования по рациональному использованию и охране недр:

- соблюдение установленного законодательством страны порядка предоставления недр в пользование и недопущение самовольного вмешательства;
- полное и комплексное геологическое изучение недр, обеспечивающее достоверную оценку запасов полезных ископаемых;
- недопущение порчи разрабатываемых и близлежащих месторождений полезных ископаемых, а также запасов этих ископаемых, консервируемых в недрах;
- обеспечение наиболее полного извлечения из запасов основных и других полезных ископаемых и попутных компонентов;
- рациональное использование вскрышных пород;
- охрана месторождений полезных ископаемых от затопления, обводнения, пожаров и других бедствий.

В ст. 23 закона «О недрах» предусмотрены правила по рациональному использованию недр, обеспечивающие наиболее полное извлечение и достоверный учет запасов основных и совместно с ними залегающих полезных ископаемых, охрану и наиболее полную их отработку, предотвращение загрязнения недр и окружающей среды. С юридической точки зрения рационализм недропользования – это выполнение нормативно закрепленных требований.

В ст. 49 закона «О недрах» установлена ответственность за выборочную (внепроектную) отработку месторождений, приводящую к необоснованным потерям запасов полезных ископаемых, к порче месторождения и другим нарушениям рационального использования недр.

Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях в ст. 8.10 расширяет перечень нарушений, включает в их число потери и разубоживание полезных

ископаемых, а также нерациональное использование недр, ведущее к сверхнормативным потерям при добыче полезных ископаемых или при переработке минерального сырья.

Анализ мероприятий по охране недр ведущих зарубежных горнодобывающих стран с традиционным рыночным укладом экономики (США, Канада, Австралия) показал, что на повышение эффективности мероприятий по охране недр огромное влияние оказывает не только состояние законодательной базы, но и совершенствование собственно экономических механизмов управления государственным фондом недр и государственного регулирования. Под рационализмом у нас в стране большинство понимает достижение основных позиций по охране недр при наименьшем финансовом вложении. В то же время требования к рациональному использованию и охране недр на конкретном объекте недропользования и экономическая эффективность их освоения часто имеют разнонаправленные тенденции. При плановой экономике, когда владельцем недр и добывающих предприятий было государство, это противоречие было минимальным. Предприятие по большому счету не было заинтересовано в получении прибыли, ибо львиную долю ее забирало государство, за счет чего покрывался ущерб, образованный на т. н. планово-убыточных предприятиях. В условиях рыночной экономики государство как владелец недр отдает недропользователю по лицензии то или иное месторождение для освоения. С этого момента требования по наиболее полному извлечению и использованию запасов вступают в острое противоречие с экономической эффективностью освоения месторождения. Государство заинтересовано в наиболее полном извлечении запасов, а недропользователь в получении максимального коммерческого эффекта при отработке месторождения.

В России, как и за рубежом, можно выделить ряд основных направлений охраны недр и их рационального использования:

- обеспечение полноты геологического изучения и рациональная оценка недр, представленных запасами основных и совместно с ними залегающих полезных ископаемых;
- проведение опережающего геологического изучения недр, обеспечивающего достоверную оценку запасов полезных ископаемых или свойств участка недр, предоставленного в пользование в целях, не связанных с добычей полезных ископаемых;
- проведение государственной экспертизы и государственный учет запасов полезных ископаемых;
- комплексное и наиболее полное извлечение полезных компонентов;
- ресурсосбережение, направленное на рациональное использование минеральных ресурсов;
- сохранение объектов геологического наследия;
- недопущение вредного влияния работ, связанных с использованием недр, на сохранность запасов полезных ископаемых; охрана полезных ископаемых от затопления, пожаров и других факторов, снижающих качество и ценность месторождения.

Первоочередная задача обеспечения полноты геологического изучения и рациональной оценки недр – правильное представление запасов полезных ископаемых и условий, направленных на снижение ущерба от разведки и разработки минеральных ресурсов в условиях рациональной эксплуатации и наиболее полного извлечения минерального сырья.

Основные условия (требования) рациональной оценки недр при проведении разведочных и оценочных работ конкретного месторождения:

- правильно составленные кондиции, соответствующие горно-геологическим и географо-экономическим особенностям месторождения, а также существующей экономической конъюнктуре на добываемое полезное ископаемое. Важнейшим кондиционным параметром является бортовое содержание полезного компонента, обеспечивающее наиболее выгодное оконтуривание запасов при минимальном промышленном содержании извлекаемого компонента;
- правильно проведенный с учетом кондиционных показателей подсчет запасов (оконтуривание, усреднение ураганных проб, выделение подсчетных блоков и др.);
- технически и экономически грамотно составленный проект отработки месторождения (годовая производительность предприятия, выбор способа отработки – подземный

или открытый, соответствие применяемых систем разработки горно-геологическим условиям залегания рудных тел, охрана забалансовых руд от возможной их подработки и др.);

– выбор эффективной схемы обогащения, обеспечивающей максимально возможное извлечение полезных компонентов, и комплексность использования минерального сырья.

На стадии подсчёта запасов инвестиционного проектирования основным критерием рационального использования недр является показатель бортового содержания, который должен обеспечивать оптимальное оконтуривание оруденения, т. е. достижение максимальной бюджетной эффективности при приемлемом уровне внутренней нормы доходности.

Обычно этот уровень устанавливается повариантным определением средневзвешенной доходности горнорудных предприятий, эксплуатирующих месторождения. Все расчеты производятся в данный отрезок времени при существующих ценах на минеральное сырье, а также на материалы, оборудование, электроэнергию и другие составляющие себестоимости выпускаемой продукции.

Существующая практика составления, рассмотрения и утверждения постоянных разведочных кондиций занимает 1,5–2 года. Эксперты ГКЗ, часто не имеющие опыта производственной деятельности, постоянно требуют усложнения технических и экономических расчетов, лишь увеличивающих объем представляемых материалов, но практически не влияющих на кондиционные показатели. Это заставляет недропользователя под любым предлогом отказываться от пересоставления кондиций, что влечет за собой потери части руды при повышении стоимости полезного компонента или же необходимость добычи руд, перешедших в забалансовые, при снижении цены полезного компонента.

С переходом к рыночным отношениям очевидно, что используемые традиционные методы установления кондиций на минеральное сырье в условиях рыночной экономики должны претерпеть изменения.

Важную роль в обеспечении полноты геологического изучения и рациональной оценки недр играет реализация имущественных прав государства-собственника недр и недропользователей, ограниченных правом пользования недрами. При реализации имущественных прав важнейшая роль отводится такому экономическому инструменту, как стоимостная оценка, объектом которой выступают участки недр, содержащие запасы и ресурсы полезных ископаемых или обладающие иной полезностью.

Результаты анализа нормативно-методического обеспечения оценки недр и практики оценочной деятельности в зарубежных странах (США, Канада, Австралия):

– стоимостная оценка участков недр играет важную роль в системе недропользования как необходимый элемент эффективных форм управления собственностью на недра, в том числе государственным фондом недр. Важная роль в обеспечении имущественных отношений и реализации имущественных прав должна отводиться такому экономическому инструменту, как стоимостная оценка запасов и ресурсов полезных ископаемых;

– развитие имущественных отношений в сфере недропользования привело к формированию таких понятий, как минеральное имущество и горное имущество, используемых в том числе в системе учета и налогообложения;

– стоимостная оценка участков недр с запасами и ресурсами полезных ископаемых является самостоятельным направлением оценочной деятельности и отличается высокоэффективным регулированием, стандартизацией оценочной деятельности и аттестацией профессиональных оценщиков. Установление высоких требований к качеству услуг и контроль за их соблюдением осуществляют саморегулируемые профессиональные организации оценщиков минерального сырья;

– оценочная деятельность в области недропользования обеспечена эффективной нормативно-методической базой. В практике стоимостной оценки находят применение все традиционные подходы и методы. Основным подходом при оценке участков недр с достаточной степенью геологического изучения является доходный с применением метода дисконтирования денежных потоков. Этот метод применяется также при оценке мине-

рального имущества при налогообложении. Практическая деятельность по стоимостной оценке участков недр является источником новых, нетрадиционных оценочных технологий.

Что определяет функции и роль стоимостной оценки участков недр в рассматриваемых странах:

- необходимость защиты прав всех субъектов имущественных отношений применительно к участкам недр и в первую очередь государства;
- уровень развития отношений собственности на участки недр или имущественные права на них; значение минерально-сырьевой базы и горнодобывающей промышленности для национальной экономики;
- организация и методы регулирования процесса воспроизводства МСБ;
- контроль за рациональным использованием недр и охраной окружающей среды, развитие эффективных средств его реализации;
- обеспечение процесса привлечения инвестиций в геологоразведку и добывающую промышленность.

Стоимостная оценка участков недр при решении большинства частных задач рассматривается как одно из специфических направлений оценочной деятельности. Функции регулирования деятельности по оценке участков недр в большинстве стран полностью возложены на саморегулируемые профессиональные организации оценщиков, имеющие в своем составе отделения по оценке минерального сырья (Королевский институт присяжных землемеров-оценщиков Великобритании – RICS, Американское общество оценщиков – ASA, Канадский институт сертифицированных оценщиков бизнеса – CIBV и др.) либо непосредственно специализированные в области оценки недр (Канадский институт оценщиков минерального сырья – CIMV, Канадский институт горного дела и металлургии – CIM, Австралийский институт горного дела и металлургии – AusIMM, Южноафриканский институт горного дела и металлургии – SaIMM, Американский институт оценщиков минерального сырья – AIMA, Общество нефтяных инженеров-оценщиков – SPEE и др.). Деятельность по унификации национальных и международных стандартов в области оценки недр проводит Рабочая группа по добывающей промышленности Международного комитета по стандартам оценки (IVSC).

Организации оценщиков отвечают за разработку стандартов и осуществляют контроль за их соблюдением в области квалификационных требований, профессиональной этики, практики проведения работ по оценке участков недр, качества отчетов по оценке, а также методического обеспечения оценочной деятельности и регламентации применяемых подходов и методов оценки. Большинство упомянутых организаций имеет собственные стандарты оценки, требованиям которых должны подчиняться члены этих организаций в практической деятельности. Исключением являются только США, там действует система государственного лицензирования оценочной деятельности и введены единые, обязательные к применению в большинстве случаев стандарты – Единые стандарты профессиональной оценочной деятельности (USPAP). За соблюдением стандартов, равно как и за соблюдением кодексов профессиональной этики оценщика – члена саморегулируемой организации, осуществляется строгий контроль. Исключение оценщика из саморегулируемой организации может стать бесславным завершением его профессиональной карьеры.

Как правило, отдельный стандарт стоимостной оценки участков с запасами и ресурсами полезных ископаемых регламентирует оценку для определенного круга задач. Наиболее ответственная задача в практике зарубежных стран – оценка для целей финансовой отчетности. Подготовленный Международным комитетом по стандартам проект международного стандарта отчетности для добывающих отраслей включает учет сырьевых активов горных компаний на основе их рыночной стоимости, представление сведений фондовым биржам о состоянии сырьевой базы горных компаний, обеспечение сделок с активами горных компаний. При необходимости регулирования оценки для специального круга задач разрабатывается соответствующее нормативно-методическое обеспечение. Так, в США стоимостная оценка минеральной собственности в целях

определения базы налога на имущество регламентируется нормативно-методическими материалами, разрабатываемыми налоговыми службами округов по поручению Службы внутренних доходов США (имущественный налог в США относится к местным). Для таких задач оценки, как определение рыночной стоимости земельного участка и участка, находящегося в федеральной собственности, также используются специальные стандарты оценки.

Наиболее известным и заслужившим признания большинства специалистов разных стран стандартом стоимостной оценки участка является Кодекс и руководство по технико-экономическому изучению и/или стоимостной оценке минеральных и сырьевых активов или ценных бумаг горных компаний для составления отчета независимым экспертом (VALMIN), разработанный Австралийским институтом горного дела и металлургии. Первоначально основная цель разработки Кодекса заключалась в создании документа, регулирующего стоимостную оценку сырьевых активов горных (и геологоразведочных) компаний для обеспечения имущественных отношений в рамках австралийского закона об акционерных обществах, а также защиту прав инвесторов при операциях с ценными бумагами горных компаний на фондовом рынке. Документ оказался более универсальным и сегодня он применяется практикующими оценщиками – членами AusIMM при решении широкого круга задач с использованием стоимостной оценки.

Кодекс регламентирует проведение как технико-экономического обоснования (technical assessment), так и базирующейся на его результатах стоимостной оценки; определяет понятие объекта оценки, устанавливает вид стоимости как базу оценки, определяет квалификационные требования к оценщику и условия выполнения независимой оценки, содержит общие указания относительно методики оценки, содержания отчета по оценке и формы представления результатов. В качестве основания для квалификации сырьевой базы горных и геологоразведочных компаний VALMIN регламентирует применение классификации запасов и ресурсов полезных ископаемых, разработанной AusIMM.

VALMIN принят за основу при разработке стандартов оценки в Канаде, Индонезии, ЮАР и др., а также международного стандарта стоимостной оценки минерального сырья. Американский институт минеральных оценщиков подготовил предложения по разработке специального стандарта по стоимостной оценке недр на основе VALMIN, так как стандарты USPAP не отвечают специфике оценки участков.

Объект оценки в стандартах, разработанных на основе VALMIN, определяется как минеральный актив (mineral asset) или минеральное имущество (mineral property). Под минеральным имуществом понимается совокупность всех имущественных прав, полная или частичная собственность, возникающие в связи с геологическим изучением, освоением, добычей или переработкой полезных ископаемых, вместе со зданиями и сооружениями, машинами и оборудованием, объектами инфраструктуры. Минеральное имущество также включает недвижимое имущество и земельные участки; непатентованные горные права; разрешения и лицензии на проведение работ по геологическому изучению; поисковые работы, разведку и освоение. Сюда относятся также имущественные права, возникшие на основании горной лицензии или договора горной аренды, патенты и патентованные горные права. Ценность минерального имущества в первую очередь определяется ценностью запасов и ресурсов полезных ископаемых, реально или потенциально содержащихся в участках недр.

В зарубежной практике оценки, учета и налогообложения закреплена такая категория, как горное имущество (mining property), необходимость внедрения которой в отечественную практику не раз отмечалась отраслевыми экономистами и правоведами. Из определения минерального имущества видно, что горное имущество входит в его состав. Отнесение к минеральному имуществу элементов имущественного комплекса геологоразведочных и горнодобывающих предприятий, неразрывно связанных и предназначенных для обеспечения основной деятельности производств (горное имущество), сопоставимо с принятым в практике оценки земли понятием объекта оценки как «земельного участка со всеми существенными улучшениями» (land with improvements), к которым относится в том числе и недвижимое имущество определенного вида.

В стандартах содержатся требования по обязательному учету всей существенной информации об объекте оценки. Под существенной информацией понимается такая информация, отказ от учета которой искажает результат оценки в такой степени, что потребитель информации может выбрать неверное решение из множества решений той конкретной задачи, ради которой проводилась оценка. Количественным критерием существенности исходной информации может служить мера 10%-го отклонения результирующих величин.

В качестве основного вида стоимости (базы оценки) минерального имущества рассмотренные стандарты и зарубежная практика в целом определяют обоснованную рыночную стоимость (fair market value), допуская при этом использование иных видов стоимости в зависимости от конкретных задач оценки минерального имущества (стоимость в использовании, нормативно-учетная стоимость и др.).

Регламентируя форму представления окончательных результатов (стоимость в денежном выражении), стандарты обязывают оценщика приводить как дискретную величину стоимости, так и диапазон возможного изменения оценок стоимости (наибольшую и наименьшую), отражающий действие неучтенных факторов и неопределенность исходной информации об объекте оценки. В качестве обязательного документа к отчету по оценке предъявляется требование проведения анализа чувствительности результатов оценки к изменению наиболее значимых факторов.

В отличие от четко определенных и детально изложенных требований по квалификации оценщика, условий его независимости и др. такой важный аспект оценки минерального имущества, как выбор методических подходов и конкретных методов оценки, в большинстве стран относится полностью к компетенции оценщика.

Вот как регламентируется выбор того или иного метода оценки согласно стандарту VALMIN: «Решение по поводу применяемой методики (методик) оценки, равно как и по содержанию Отчета об оценке относится исключительно к компетенции Эксперта или Специалиста, на чье мнение по данному вопросу не может оказывать влияние заказчик. Эксперт или Специалист должен обосновать выбор каждого метода, используемого в Отчете об оценке». Примерно такое же отношение закреплено и в других стандартах оценки, за исключением USPAP, которые вне зависимости от конкретных обстоятельств рассматривают сравнительный подход как наиболее достоверный для определения рыночной стоимости объекта оценки и определяют метод дисконтированных денежных потоков (DCF) в рамках доходного подхода как «дополнительный», наименее надежный. Объясняется это тем, что современная система государственного регулирования оценочной деятельности в США, в том числе в регламентации использования подходов и методов оценки, была введена в связи с острым кризисом кредитных организаций в середине 80-х годов. Во многом кризис был вызван переоценкой недвижимости. Фонд оценки (The Appraisal Foundation) Конгресс наделил полномочиями выпускать стандарты, обязательные к применению в оценочной практике. Первое издание USPAP вышло в 1986–1987 гг. Относительно широкое применение сравнительного подхода к оценке минерального имущества в США во многом обусловлено существованием и эффективной реализацией различных форм собственности на недра и развитием гражданского оборота объектов оценки.

В зарубежной практике, в зависимости от стадии геологического изучения участка недр и степени промышленного освоения месторождения, используются различные подходы и методы стоимостной оценки минерального имущества. Наиболее распространены затратный, сравнительный и доходный методы стоимостной оценки. *Затратный метод* используется на начальной стадии геологического изучения и основан на капитализации предполагаемых затрат с учётом уже произведенных. *Сравнительный метод* применяется в условиях стабильного рынка и при наличии представительной базы сравнения. Метод находит применение при оценке участков на каждой стадии их разработки и основан на принципе замещения полезности. Наибольшее распространение этот метод получил при стоимостной оценке минерального имущества в США, особенно месторождений благородных металлов. *Доходный метод* оценки минерального имущества основан на

принципе ожидания. Он наиболее часто применяется на различных стадиях промышленного освоения. Но ещё чаще используется на более высоких стадиях геологического изучения и освоения недр.

В зарубежных странах результаты стоимостных оценок используются по-разному. Например, в штате Техас (США) запасы полезных ископаемых вместе с машинами и оборудованием по их добыче подлежат обязательной стоимостной оценке, что и формирует базу налога на имущество. В соответствии с классификатором имущества штата к категории имущества относят «стоимость всех запасов минерального сырья в недрах, а также всего оборудования, используемого для производства и подготовки минерального сырья к продаже».

В России, в отличие от практики, принятой в зарубежных странах, в понятие капитала не включаются сырьевые активы горных компаний (запасы и ресурсы полезных ископаемых в недрах в стоимостном выражении), что приводит к необоснованному занижению налогооблагаемой базы. Качество и величина запасов полезных ископаемых не влияют на формирование базы налогообложения и не стимулируют благоприятный режим бережного отношения к рациональному извлечению полезного ископаемого. В настоящее время стоимостная оценка отдельных месторождений проводится в основном на этапе подготовки объектов к конкурсу.

Опережающее геологическое изучение недр — прогноз, выявление и достоверная оценка запасов полезных ископаемых. Одно из первоочередных направлений геологического изучения недр — проведение региональных геологических исследований.

Оно призвано установить закономерности формирования и размещения полезных ископаемых, обеспечить обоснование и удовлетворение потребностей различных отраслей промышленности и сельского хозяйства в геологической информации для решения широкого круга вопросов в областях геологоразведочного производства, горного дела, мелиорации, строительства, обороны, прогнозирования опасных, включая катастрофические, природных процессов и явлений.

Важнейшей задачей регионального геологического изучения недр является научное моделирование и ранжирование перспективных структурно-вещественных и минерагенических комплексов, прогноз и геолого-экономическая оценка потенциальных объектов минерального сырья на основе полученной геологической информации и инновационных технологий геологических, геофизических, геохимических и других методов исследований.

В отечественной и мировой практике сложилась достаточно сходная система основных видов изученности, которые обеспечиваются государством:

- региональная геологическая, металлогеническая, геолого-экономическая, геохимическая, изотопно-геохимическая, гидрогеологическая изученность, совокупно отражающие обеспеченность территории страны и ее регионов картографическими материалами общего геологического и специального содержания, составленными в различных масштабах;
- специальная геологическая изученность, отражающая обеспеченность гравиметрическими картами и информацией по локальным военно-геологическим объектам;
- глубинная геолого-геофизическая изученность, отражающая плотность сети глубинных геолого-геофизических разрезов, опорных и параметрических скважин.

Основным видом региональных геологических исследований являются геологосъемочные работы, включающие геолого-картографические работы с построением сводных (масштабы от 1 : 2 500 000 до 10 000 000) и среднемасштабных (1 : 1 000 000 и 1 : 200 000) геологических карт, являющихся основным источником прогноза и предварительной оценки перспективных площадей для восполнения объектов под поисковые и оценочные работы.

Имеющаяся геолого-картографическая база России в целом обеспечивает получение многоаспектной геологической (в широком смысле) характеристики страны для целей перспективного планирования развития минерально-сырьевой базы и других аспектов освоения территорий. Однако в сравнении с развитыми зарубежными странами комплектность и содержание сводных и обзорных карт, уровень унификации и совместимость их цифровых представлений остаются все еще низкими.

Виды работ по региональному изучению недр, проводимых зарубежными ГГС, соответствуют принятым в России, и масштабы близки. Так, национальная программа геологического картографирования США в 1960–1980 гг. выполнялась главным образом на четырех уровнях детальности:

– 1 : 2 500 000 и мельче – основные черты геологического строения и минерагении страны (соответствует нашей стадии сводного и обзорного геологического картографирования);

– 1 : 1 000 000 – аналогичное изучение регионов (соответствует нашей стадии мелко-масштабного геологического картографирования);

– 1 : 250 000 – планомерное изучение всей территории страны с созданием среднemasштабной геологической основы и геологического файла в национальный ГИС для оценки перспектив полезных ископаемых, геолого-экологической обстановки и решения вопросов водоснабжения (близка к нашей стадии среднemasштабного геологического картографирования и составления комплектов Госгеолкарты-200);

– 1 : 50 000 – детальное изучение отдельных районов (соответствует нашей стадии крупномасштабного ГК).

Геологосъемочные работы в развитых зарубежных странах выполняются по специальным программам на определенных территориях и носят больше научный и прогнозный, чем поисковый характер. Кроме того, ГГС в разных странах выполняют различные, иногда достаточно обширные работы негеологического профиля. Так, ГГС США ведет топографо-геодезические работы. ГГС Канады, ЮАР и другие страны выполняют лицензирование геологоразведочных работ и другие исследования.

В нашей стране геологосъемочные работы масштаба 1 : 50 000 в последние годы практически не проводятся. Основными недостатками материалов сводного картографирования являются отсутствие единой нормативно-методической основы по ее созданию, частое несоответствие требованиям оперативности получения информации углубленного разномасштабного анализа и учета всей совокупности накопленных баз и банков данных, использование разнородных и нестандартных информационных технологий.

Из-за этого снижается информационная ценность конечного продукта и чрезвычайно затруднено создание сводной работы, учитывающей имеющиеся информационные массивы. Кроме того, при создании этих карт недостаточно полно использовались современные геофизические, геохимические данные и данные космических съемок. Для полноценного исполнения современных государственных требований опережающее геологическое изучение недр должно опираться на оценку достоверности имеющейся геологической информации, установление ее достаточности и в случае необходимости выбор и реализация мероприятий, направленных на повышение достоверности геологических представлений (за счет эксплуатационной разведки скважинами и выработками, геофизическими методами, методами горно-геометрического и горно-геологического прогнозирования и т. п.).

Не менее важным является проведение поисковых и оценочных работ и локализация запасов полезных ископаемых в недрах.

В последние 15 лет в освоении минерально-сырьевого потенциала страны имеет место негативная тенденция – прирост разведанных запасов многих видов полезных ископаемых не восполняет их погашения при добыче, вследствие этого остро ощущается недостаток объектов, подготовленных для разведки. Поэтому проблема интенсификации поисковых и оценочных работ в России весьма актуальна.

Для Российской Федерации остро стоит проблема привлечения частных инвестиций для финансирования геологоразведочных работ. В особенности это касается ранних стадий геологического изучения недр, выполняемого на новых, малоизученных в геологическом отношении территориях. Целесообразно изучение зарубежного опыта.

По размеру частных инвестиций, направляемых в геологоразведочные работы, в течение многих лет лидирующие позиции занимают Канада, Австралия и США. Опыт этих стран с их развитой горнодобывающей промышленностью и традиционным ры-

ночным укладом экономики указывает на большую роль воспроизводства МСБ за счет частных средств, на которые существуют юниорные геологоразведочные компании.

Источником финансирования работ юниорных компаний являются средства акционеров – акционерный капитал, привлекаемый путем размещения акций компаний на фондовой бирже. Основная площадка для размещений акций юниорных компаний – фондовая биржа Торонто, ее венчурная часть (Toronto Stock Exchange – Venture Exchange). Именно через эту биржу привлекается основной объем капитала для финансирования геологоразведочных проектов. Значительная доля частных средств поступает напрямую или косвенно от физических лиц – резидентов Канады и США.

Из 2000 существующих в мире юниорных компаний больше половины имеют юридическую прописку в Канаде. Канадские юниоры осуществляют свою деятельность по всему миру, они представляют собой кластер конкурентоспособности, подобный часовой индустрии Швейцарии и автомобильной промышленности Японии. Канадские инвесторы финансируют свои геологоразведочные компании, которые имеют сильные конкурентные позиции во всем мире. Канадские юниорные компании формируют спрос на квалифицированных специалистов в области геологии, а также на продукцию отраслей промышленности и сферу услуг.

Основные направления формирования и развития малого геологоразведочного бизнеса в России:

- использование заявительного порядка предоставления прав пользования участком недр для целей геологического изучения страны в отношении твердых полезных ископаемых, т. е. принятие на себя государством (органом управления государственным фондом недр) обязательств предоставить право пользования участком недр для их геологического изучения лицу, направившему такое заявление;

- отказ от установления требований, подтверждающих специальную правоспособность лиц, которым может быть предоставлено право пользования участком недр для целей геологического изучения;

- система контроля за выполненными пользователем недр объемами геологоразведочных работ;

- доступность геологических информационных ресурсов;

- налоговое стимулирование геологоразведочных работ путем установления льгот по налогу на прибыль и доходы физических лиц в размере затрат на проведение геологоразведочных работ (по аналогии с налоговыми льготами, установленными в отношении медицинских услуг, образования и приобретения жилья);

- возможность непосредственно вовлекать право пользования недрами, полученное для целей геологического изучения недр, в коммерческий оборот, т. е. совершать сделки купли-продажи указанного права, залога, передачи в доверительное управление и др.

Для формирования малого частного бизнеса в России необходимо:

- максимально упростить и регламентировать процедуру рассмотрения заявок;

- предусмотреть представление ежегодного отчёта о результатах ГРП в государственные фонды и разумную плату за пользование недрами. Плата за выдачу лицензии, направленную на геологическое изучение, должна быть небольшой, а лицензия должна быть просто документом, подтверждающим право компании вести ГРП на участке, а в случае открытия месторождения осуществлять его разработку;

- предусмотреть свободный оборот лицензий на право недропользователя на беспрепятственную передачу прав пользования недрами.

Реализация этого принципа позволит создать реальную конкуренцию между компаниями и специалистами, которые осуществляют прогнозные построения, выбирают участки и проводят поисковые работы. Для внедрения этого принципа в практику необходима кардинальная переработка раздела II ФЗ «О недрах»:

- выявление и воспроизводство дефицитных видов минерального сырья общегосударственного значения, к которым на территории области можно отнести нефть, высококачественные стекольные пески, бентонитовые глины, алмазы;

– переоценка традиционно используемого минерального сырья на новые дефицитные, более дорогие виды минеральной продукции, комплексное освоение минерального сырья месторождений, включая отходы горного производства.

Проведение государственной экспертизы и государственный учет запасов полезных ископаемых. Государственная экспертиза проводится в основном в целях создания условий для рационального комплексного использования недр, государственного учёта запасов полезных ископаемых и участков недр, предоставляемых для добычи полезных ископаемых.

В России основной задачей государственной экспертизы недр являются анализ и оценка материалов, содержащих информацию о запасах полезных ископаемых и свойствах участков недр для их рационального использования. В соответствии с основной задачей государственная экспертиза недр оценивает достоверность данных о количестве, качестве, составе, технологических и иных свойствах запасов полезных ископаемых, а также иных особенностей недр; полноту и достоверность геологических, горнотехнических, гидрогеологических, инженерно-геологических, экологических, технико-экономических и иных данных по условиям добычи полезных ископаемых и использования участков недр в целях, не связанных с добычей; технико-экономические обоснования экономической эффективности разработки, коэффициентов извлечения полезных ископаемых; выводы и предложения по расширению минерально-сырьевой базы, степень подготовленности запасов и участков недр для использования; результаты и качество поисковых, разведочных, опытно-эксплуатационных и иных работ по геологическому изучению и оценке недр. Условия и порядок проведения государственной экспертизы запасов полезных ископаемых регламентируются постановлением правительства РФ от 11.02.2005 № 69 «Положение о государственной экспертизе полезных ископаемых, геологической, экономической и экологической информации о предоставляемых в пользование участках недр, об определении размера и порядка взимания платы за её проведение», временными рекомендациями «О порядке проведения государственной экспертизы оперативного изменения запасов месторождений твердых полезных ископаемых» от 30.09.2008 № 812 и требованиями «Состав и правила оформления представляемых на государственную экспертизу материалов по подсчету запасов твёрдых полезных ископаемых» от 23.05.2011 № 378.

Главными системами учета минерально-сырьевых ресурсов России являются ведение государственного баланса запасов полезных ископаемых (далее – ГБЗ) и ведение государственного кадастра месторождений и проявлений полезных ископаемых (далее – ГКМ). ГБЗ ведется на федеральном и территориальном уровнях по единой системе и методике по всей территории РФ, ее континентальному шельфу и морскому дну и содержит сведения об объемах, качестве и степени изученности запасов каждого вида полезных ископаемых по месторождениям на основе классификации запасов месторождений полезных ископаемых. ГБЗ составляется и ведется на основании геологической и иной информации о недрах, представляемой предприятиями, осуществляющими геологическое изучение недр и добычу полезных ископаемых. Основанием для постановки разведанных запасов полезных ископаемых на государственный учет являются утвержденные Роснедра или его территориальным органом заключения государственной экспертизы запасов об их промышленной значимости. Добытые из недр полезные ископаемые, содержащиеся в них полезные компоненты, а также потери их при добыче списываются с ГБЗ без проведения государственной экспертизы запасов полезных ископаемых на основании актов о списании запасов полезных ископаемых, утверждаемых Роснедра или его территориальными органами и органом государственного горного надзора.

Системы учета месторождений и запасов/ресурсов полезных ископаемых в зарубежных странах отличаются от систем, действующих в России. Данные взяты из зарубежных публикаций, докладов зарубежных стран на заседаниях рабочей группы Европейской комиссии ООН по Международной рамочной классификации ООН запасов/ресурсов полезных ископаемых и материалов ряда отечественных исследователей.

Базовая информация об учете минерально-сырьевых ресурсов за рубежом создается и накапливается в горно-геологических компаниях, доступ к этой информации ограничен.

В США Горное бюро в 1975 г. создало систему изучения состояния мировых сырьевых ресурсов (MAS) с целью определения источников минерального сырья для государственных поставок. Система позволяет осуществлять оценку и учет месторождений полезных ископаемых, рассчитывать расходы на извлечение полезных компонентов, определять цену конечной продукции и разрабатывать для отдельных видов сырья рыночные модели месторождений. Система содержит топографические и идентификационные данные о 200 000 месторождений США и других стран.

В последнее время Бюро экономического анализа Департамента торговли США и многие экономисты США выступают с предложениями по расширению и углублению статистической отчетности, касающейся наличия и использования природных ресурсов и охраны окружающей среды. Речь идет о создании системы регулярного обновления информации о количестве и качестве природных ресурсов (в натуральном и стоимостном выражении), их оценке как элемента национального богатства, влиянии процессов деградации (или улучшения) окружающей среды на экономику, приросте чистого и валового национального продукта.

На начальном этапе реализации этих предложений предусматривается учет «минерально-сырьевых активов», т. е. запасов и ресурсов полезных ископаемых в недрах, имеющих рыночную оценку. Федеральная комиссия США по ценным бумагам и биржам (SEC), которая является главной инстанцией, определяющей требования к представляемой компаниями отчетности в сфере недропользования, считает, что к запасам полезных ископаемых может быть отнесена только «та часть запасов месторождения, которая на момент оценки может рассматриваться в качестве потенциального объекта эксплуатации как с экономической, так и с правовой точек зрения».

Однако для отражения в величине и структуре минерально-сырьевых активов компаний в денежной форме (а также в финансовой отчетности, представляющей основной интерес для инвесторов) необходимы надежные методы стоимостной оценки разведанных запасов и ресурсов полезных ископаемых в недрах. Ныне известны различные способы такой оценки – по ценам разовых сделок, затратам на возмещение ресурсов, текущей ренте и т. д. Но серьезной проблемой является гетерогенность видов минерально-сырьевых ресурсов, т. е. присущие им (в пределах каждого вида) природно-экономические различия. Информация об этих различиях страдает неполнотой, а перенесение на другие виды объектов учета имеющихся данных о стоимостной оценке запасов/ресурсов по частным рыночным транзакциям чревато серьезными ошибками. Представление в публичных отчетах для SEC результатов стоимостной (денежной) оценки запасов не допускается.

В Австралии Объединенный комитет по запасам твердых полезных ископаемых (JORC) в 1989 г. впервые опубликовал Австрало-Азиатский кодекс представления публичной отчетности в сфере недропользования, известный ныне как Кодекс JORC. Вскоре после выхода в свет он был официально включен в число обязательных документов процедуры листинга на австралийской и новозеландской фондовых биржах, что стало важным актом признания его роли в предоставлении учетной информации о месторождениях и минеральных ресурсах в недрах. Такая информация рассматривается как непреложное условие подготовки обоснованных инвестиционных решений и определения моделей поведения акционеров в рамках игры на фондовой бирже.

Согласно Кодексу JORC публичные отчеты компаний составляются с целью обеспечения необходимой информацией о запасах и ресурсах полезных ископаемых в недрах инвесторов и их консультантов. В них приводятся характеристика месторождения, его тип, количество и качество полезных ископаемых и другие данные, которые могут оказывать влияние на оценку экономической значимости объекта отношений в сфере недропользования. Практическая полезность и эффективность Кодекса обеспечиваются за счет соблюдения трех главных условий: прозрачности представляемой информации, ее значимости для потребителя и привлечения к составлению публичных отчетов высококвалифицированных специалистов.

В Канаде с 1969 г. действует государственная система хранения, обработки, поиска и выдачи информации о недрах и недропользовании, широко используемая в государ-

ственных учреждениях и компаниях страны. Система комплексная, она охватывает информацию обо всех этапах (видах) пользования недрами: от геологической съемки и поисков до разведки месторождений и добычи полезных ископаемых. Почти все объекты учета в системе имеют четкую географическую привязку на основе координат и универсальной сетки Меркатора, что позволяет легко измерять расстояние на картах различного масштаба. Информация об объектах учета в системе включает широкий набор их признаков, сходных с признаками объектов учета в ГКМ России. Месторождения по степени освоения подразделяются на следующие группы: А – рудопроявления, В – с неопределенной ценностью, С – разведанные и Д – разрабатываемые.

В Индии геологическим изучением недр и вопросами недропользования занимаются ГГС, Министерство горной промышленности и Федерация горнопромышленных отраслей страны. Выявленные перспективные участки недр предоставляются инвесторам на лицензионной основе для промышленной оценки. В случае положительной оценки недропользователь осуществляет детальную разведку отдельных участков месторождения с подсчетом запасов полезных ископаемых. До предоставления лицензии на право разработки месторождения недропользователь обязан представить в Горное бюро Индии план развития добычных работ, в котором должна содержаться информация о месторождении, горно-геологических условиях и технико-экономических показателях его освоения.

Государственный учет месторождений и минерально-сырьевых ресурсов, ведение базы данных об объектах учета возложены на Горное бюро Индии. Система сбора данных стандартизирована и достаточно универсальна по направлениям использования. Национальный кадастр месторождений и запасов полезных ископаемых Индии (NMI) охватывает 61 вид полезных ископаемых и свыше 13 тыс. месторождений, в том числе более 7 тыс. на лицензионных участках. Кадастр является одной из основ национальной информационной системы страны, содержащаяся в нем информация широко используется как на микро-, так и на макроуровне при подготовке управленческих решений по рациональному использованию МСБ отдельных регионов и страны в целом.

Таким образом, объектами учета в сфере недропользования в зарубежных странах являются месторождения и заключенные в их недрах запасы (ресурсы) полезных ископаемых. Термин «участок недр» в зарубежных системах оценки и учета объектов недропользования официально не используется. Системы оценки и учета объектов недропользования по своей структуре и содержанию в той или иной мере близки к кадастровому типу.

Данные систем оценки и учета объектов недропользования в зарубежных странах широко используются при информационном обеспечении решения задач управления ресурсами, в том числе при разработке государственной минерально-сырьевой политики; определении приоритетных направлений поисков и разведки месторождений полезных ископаемых; рациональном размещении предприятий отраслей, ориентированных на использование минеральных и топливно-энергетических ресурсов; реализации инвестиционных проектов дальнейшего расширения объемов национального производства в области добычи и переработки различных видов минерального сырья; разработке эффективной внешнеторговой политики, связанной с минерально-сырьевой продукцией; определении рациональных объемов финансирования минерально-сырьевого сектора экономики; определении приоритетов в области охраны недр; обосновании дальнейшего развития государственной инфраструктуры, строительства связующих железных дорог, портов и т. д.; планировании землепользования и управлении земельным и лесным фондами, а также фондом водных ресурсов; планировании развития дотационных районов; подготовке решений административных органов, связанных с предоставлением, возобновлением и прекращением действия лицензий на добычу полезных ископаемых.

Вхождение России в мировой рынок вызывает необходимость изменения системы государственной экспертизы при гармонизации отечественных стандартов и обновлении ряда основополагающих документов, связанных с учетом запасов полезных ископаемых.

В начале XXI в. скорректирована и успешно реализована стратегия экспертизы недропользования. До недавнего времени экспертизу полезных ископаемых осуществляли несколько разобленно действующих экспертных органов: Государственная комиссия по запасам (ГКЗ), Центральная комиссия по запасам (ЦКЗ), территориальные комиссии по запасам (ТКЗ), Центральная комиссия по разработке (ЦКР). Теперь ситуация изменилась за счет объединения функций экспертизы в одном экспертном органе и налаживании четкого взаимодействия и преемственности между ГКЗ и ЦКР Роснедра.

Разрабатываются новые классификации запасов и прогнозных ресурсов полезных ископаемых в увязке с международными стандартами учета и отчетности о запасах и ресурсах полезных ископаемых и требованиями международных организаций, регулирующих мировые финансовые и инвестиционные процессы. Проводится активная работа с профильными рабочими органами – Экономической комиссией ООН для Европы, независимыми аудиторскими компаниями и международными профессиональными сообществами (SPE, CRIRSCO, PERC, EFG и др.). Со стороны международных экспертов заметно возросла заинтересованность в профессиональном сотрудничестве. Необходимо соответствовать современным хозяйственно-политическим реалиям: условиям рыночной экономики, соблюдению баланса интересов государства и недропользователей, стандартов и кодексов (правил) международных организаций (ООН, Всемирного банка, ВТО, сырьевых консорциумов и др.), используемым методам экономической и финансовой оценки инвестиционных проектов, минерально-сырьевым активам и природным ресурсам как компонентам окружающей среды.

По мнению специалистов ФГУНПП «Росгеолфонд», целесообразны поэтапная разработка и ввод в действие новых классификаций, особенно связанных с учетом запасов полезных ископаемых. В этом отношении следует учесть опыт КНР. Новый вариант их национальной классификации ресурсов/запасов горючих ископаемых и минерального сырья опубликован в июне 1999 г. и введен в действие 1 декабря того же года. Предполагалось, что эта классификация будет использована в качестве основы при разведке и подготовке к добыче минеральных ресурсов, оценке и учете в статистических данных по запасам для обоснования политики и планирования в области ресурсов.

Для внедрения новой системы в общегосударственном масштабе правительство КНР предприняло значительные усилия, чтобы сделать ее широко известной в горной промышленности, и инициировало программу обучения по всей стране специалистов и чиновников разных уровней.

Существующий порядок проведения геологических работ был пересмотрен: осуществлена переоценка запасов/ресурсов в соответствии с требованиями новой системы классификации. Для облегчения госучета правительство КНР переклассифицировало все ежегодные статистические данные по твердым полезным ископаемым. Это мероприятие охватывало всех собственников прав на минеральное сырье и предусматривало представление им основной информации. Специалисты выполняли программу преобразования ресурсов/запасов в соответствии с установленными единообразными техническими стандартами и требованиями.

Полученная информация о ресурсах и запасах была переклассифицирована по новой системе, упрощала сравнение с международными широко принятыми категориями, на этой основе предприятия могли принимать решения о капиталовложениях, а государственные учреждения обеспечивать статистическую отчетность и определять политику.

К 2003 г. в КНР уже заработала новая система оценки и учета запасов и ресурсов полезных ископаемых, государственной отчетности пользователей недр. На это стране потребовалось более трех лет.

Комплексное извлечение и использование сырья предусматривает извлечение из него содержащихся в нем полезных компонентов, включая и использование образующихся при этом отходов. Комплексное использование минеральных ресурсов существенно сокращает потери ископаемых и расширяет сырьевую базу.

Отличительной чертой МСБ России является ее комплексность – она включает в себя практически все виды полезных ископаемых: топливно-энергетические ресурсы (нефть,

природный газ, уголь, уран); черные металлы (железные, марганцевые и хромовые руды); цветные и редкие металлы (медь, свинец, цинк, никель, алюминиевое сырье, олово, вольфрам, молибден, сурьма, ртуть, титан, цирконий, ниобий, тантал, иттрий, рений, скандий, стронций и др.); благородные металлы (золото, серебро, платиноиды) и алмазы; неметаллические полезные ископаемые (апатиты, фосфориты, калийная и поваренная соли, плавиковый шпат, слюда-мусковит, тальк, магнезит, графит, барит, пьезооптическое сырье, драгоценные и поделочные камни и др.).

Комплексное использование минерального сырья в конце XX в. рассматривалось в нашей стране как основное направление развития горнопромышленного комплекса и сейчас получило многостороннее междисциплинарное научно-исследовательское и опытно-конструкторское обоснование по разнообразным видам руд различного состава. Однако созданный инновационный потенциал практически остался нереализованным главным образом из-за отраслевых (ведомственных) барьеров плановой экономики. Комплексное использование минерального сырья началось только в производстве дополнительных видов продукции, соответствующих профилю конкретного министерства (ведомства), например цветной металлургии. Во всех других случаях министерства не находили средств на извлечение непрофильных сопутствующих ценных компонентов, и они выбрасывались в отвалы. Иногда из руды извлекалась по стоимости лишь половина содержащихся в ней ценных компонентов. Горному производству все чаще приходилось иметь дело с труднообогатимыми комплексными рудами, что требовало широкого использования комбинированных технологических схем, включающих, наряду с обогатительными операциями, процессы пиро- и гидрометаллургии.

При переходе от централизованной экономики к рыночным отношениям необходимость комплексного использования природных ресурсов, особенно невозобновляемых минеральных, существенно выросла. Накопились негативные проблемы состояния и использования минерально-сырьевой базы России: острый дефицит отдельных видов минерального сырья, обусловленный отсутствием крупных выявленных месторождений (марганец, барит, бентонит, уран, хром, вольфрам и др.); истощение сырьевой базы ряда действующих предприятий; переход в режим падающей добычи уникальных месторождений нефти, газа, россыпного золота, цветных металлов; снижение среднего содержания металлов в рудах, уменьшение размеров открываемых месторождений, ухудшение качественной структуры разрабатываемых месторождений; нарушение баланса между приростом запасов и объемами добычи; ряд других проблем, в том числе связанных с рациональным использованием минерально-сырьевых ресурсов. Снизилась эффективность горнодобывающих предприятий, изменились требования, предъявляемые к балансовым запасам.

При разработке большинства российских месторождений продолжают доминировать технологии полувековой и вековой давности, что препятствует вовлечению в оценку и хозяйственный оборот объектов нетрадиционных геолого-промышленных и рудно-формационных типов, уже разрабатываемых за рубежом. Для большинства видов многокомпонентных полезных ископаемых в качестве основного выделяется один компонент, имеющий наиболее высокий удельный вес в общей стоимости вырабатываемой товарной продукции или имеющий наиболее высокое содержание в исходном сырье, но в ряде случаев этот принцип изменяется. Например, в медно-никелевых рудах основными считаются медь и никель, в медно-цинковых — медь и цинк, а в полиметаллических — свинец, цинк и медь. К попутным компонентам относятся заключенные в полезных ископаемых минералы, металлы и другие химические элементы и их соединения, которые, как правило, не играют определяющей роли для промышленной оценки месторождения, но при переработке основных полезных ископаемых могут быть извлечены и использованы.

Коллективные концентраты, бедные забалансовые руды, отходы обогащения, окисленные руды целесообразно перерабатывать при предварительном обжиге, бактериальном выщелачивании с помощью сорбционной и экстракционной технологии. Эти процессы используются на практике пока в незначительных масштабах. Детальное изучение тон-

ких структурных особенностей, элементного, фазового и текстурно-морфологического разнообразия полезных ископаемых позволило предложить новые, более перспективные способы их переработки и обогащения. Сегодня необходим сложный комплекс научных исследований и опытных работ по оценке применимости этих методов на глубокозалегающих бокситовых рудах и высокодефицитного каолинита, россыпях олова и золота, также на целом ряде других природных объектов.

Для многих типов руд (например, титан-циркониевых россыпей, пегматитов и др.) существенное значение имеет комплексное извлечение и использование сырья, в том числе и его нерудной части, которая в стоимостной оценке месторождений может достигать 30 и даже 50%, превращая низкорентабельные объекты в экономически эффективные для освоения. Особая проблема – использование запасов попутных компонентов, к которым относятся не только металлы исключительно попутного производства, представленные 12 химическими элементами (V, Bi, Ga, Hf, In, Cd, Re, Rb, Se, Te, Sc, Tl), но и почти все другие редкие металлы (Be, Ge, Li, Nb, TR, Sr, Cs, Zr), которые в большей части балансовых запасов учитываются как попутные.

Серьезные проблемы существуют в обеспечении минеральным сырьем предприятий черной и цветной металлургии. На многих горнодобывающих предприятиях этого профиля, особенно в старых, давно освоенных горнорудных районах, обеспеченность разведанными запасами достигла критически низкого уровня, резерв запасов многих видов полезных ископаемых на эксплуатируемых месторождениях недостаточен. Положение усугубляется тем, что по большинству видов полезных ископаемых имеет место существенное свертывание геологоразведочных работ. Состояние сырьевых баз многих важнейших горнодобывающих регионов и действующих предприятий резко ухудшилось в связи с истощением запасов, снижением их качественных и экономических характеристик, усложнением условий отработки из-за длительной и интенсивной эксплуатации ранее освоенных месторождений.

Министерством природных ресурсов и экологии, исходя из анализа состояния МСБ и уровней потребления минерального сырья, определены государственные геологические приоритеты, геологические задачи, решаемые за счёт разных источников финансирования. Налаживается научно-методическое сопровождение прогнозно-поисковых и поисково-оценочных работ отраслевыми институтами. Принимаются меры по привлечению в поисково-разведочный процесс внебюджетных средств.

Комплексное использование добытого минерального сырья на рациональной экономической основе с учётом экологических ограничений рассматривается как важнейший реальный резерв обеспечения потребностей общества в дефицитных видах продукции и сохранения резерва для будущих поколений. Учитываются прежде всего экономические и экологические интересы – стремление производить максимум конкурентоспособной продукции с более высокой потребительской стоимостью при наименьших затратах материально-вещественных, трудовых, финансовых, нематериальных ресурсов и минимизации отрицательного воздействия на природную среду.

Анализ состояния минерально-сырьевой базы показал, что реализации существенных эколого-экономических преимуществ комплексного использования ресурсов во многом препятствует традиционная методология оценки экономической эффективности, базирующейся на узкоотраслевом подходе, понятиях «основная» и «попутная» продукция, исключающих возможность объективной дифференцированной экономической оценки ценных составляющих (производимых продуктов), на практике способствующая уходу предприятий минерально-сырьевого комплекса от ресурсного налогообложения.

Для успешной масштабной реализации преимуществ комплексного освоения и использования ресурсов недр целесообразна разработка на фундаментальной основе государственной (федеральной, региональной) программы оценки, изучения, освоения и сохранения минерально-сырьевой базы страны и других природных ресурсов, дифференцированной по ценным составляющим стимулирующей системы налогообложения, рассчитанной на 30–50 лет. Формирование научно обоснованной рациональной экологосбалансированной системы недропользования (природопользования в целом)

на основе комплексного освоения и использования совокупности ресурсов недр и повышения глубины их переработки способно обеспечить ускоренный экономический рост и переход от сырьевого к прогрессивному ресурсосберегающему типу российской экономики.

Наряду с необходимостью извлечения попутных компонентов, в сферу комплексного использования минерально-сырьевых ресурсов входит и возможность наиболее полного использования отходов производства. Проблема дефицита минерального сырья делает актуальным поиск его дополнительных источников. Большие перспективы в решении этой проблемы кроются в возможности вовлечения в разработку техногенных месторождений – скоплений минеральных веществ на поверхности Земли или в горных выработках, представляющих собой отходы горного, обогатительного, металлургического и других производств и пригодные по количеству и качеству для промышленного использования, которое становится возможным по мере развития технологии их переработки и изменения экономических условий. На земной поверхности накоплены триллионы кубических метров техногенных отходов. В России из недр извлечено и находится в отвалах и хвостохранилищах около 80 млрд т горных пород и отходов переработки полезных ископаемых. Наибольшее количество отходов накоплено в регионах с развитой горнодобывающей и металлургической промышленностью (Урал, Приморский край, Мурманская, Белгородская, Кемеровская, Тульская области). Особенно много отходов на предприятиях угольной промышленности – 1960 млн т в год. Ежегодно их количество на предприятиях других отраслей составляет (млн т): в черной металлургии 630, цветной металлургии 374, химической промышленности и производстве минеральных удобрений 270, промышленности строительных материалов 265.

Большинство развитых зарубежных стран издавна проводит политику интенсивного использования и утилизации техногенных отходов. Так, в США доля вторичного сырья в производстве цветных металлов составляет по меди более 50, вольфраму около 30, никелю порядка 25%. Подобная тенденция прослеживается в Канаде, Великобритании, ЮАР, Испании и других странах.

Вопрос утилизации отходов горного производства у нас особенно остро стоит в старых горнорудных и металлургических районах. Значительная часть складированных материалов в ряде случаев по качеству превосходит руды, добываемые из недр. В отвалах добычного производства заключены колоссальные объемы пород вскрыши (пески, глины, скальные породы и др.), которые могут использоваться в производстве строительных материалов. Однако, несмотря на огромные объемы полезных компонентов, заключенных в отходах горного и обогатительного производств, и наличие разработанных технологий по их извлечению, переработка их осуществляется в единичных случаях. Так, в Свердловской области реализуется 15 проектов федеральной целевой программы по переработке техногенных образований, что позволит дополнительно получить 20 тыс. т меди, 1,6 тыс. т цинка, 134 тыс. т железа и снизить экологический ущерб от накопленных отходов горных производств.

Потребность в сырье различных секторов экономики России и улучшение состояния окружающей среды обуславливают социально-экономическую необходимость освоения техногенных месторождений. По мере исчерпания запасов разрабатываемых месторождений для многочисленных горнодобывающих и горно-металлургических предприятий техногенные объекты могут стать приоритетным, а в некоторых случаях и единственным источником минерального сырья.

Огромные запасы полезных компонентов содержатся в техногенных отходах, возникающих при добыче, обогащении и переработке продуктов обогащения руд многих цветных и редких металлов.

В Канаде из отходов меднорудных предприятий, содержащих 0,45% меди, извлекается 40% меди благодаря новым способам обогащения (кучного кислотного, кучного пиритного и бактериального выщелачивания). В США, в штате Монтана, из отвалов рудника Мандиски, содержащих 0,84 г/т золота и 2,8 г/т серебра, получают ежегодно 2 т золота и 4 т серебра, а в штате Мичиган из хвостов обогащения (содержание меди 0,3%) извлекается

60% меди. В Болгарии из отходов, содержащих 0,1–0,15% меди, получают медный концентрат, себестоимость которого в три раза ниже, чем при получении его из природного сырья. В ЮАР из отвалов фабрик при содержании золота 0,53 г/т и урана 40 г/т получают 3,5 т золота и 696 т урана.

У нас, по приблизительным подсчётам, в хвостах обогащения руд цветных металлов доля неизвлеченных компонентов от их количества в исходной руде составляет олова 35 и 58, вольфрама 30 и 50, цинка 26 и 47, свинца 23 и 39, молибдена 19 и 53, меди 13 и 36; никеля 10 и 25%. Показатель извлечения основных полезных ископаемых в России в настоящее время составляет 65–78%, а попутных элементов (в цветной металлургии) от 10 до 30%.

Вовлечение в хозяйственный оборот техногенных месторождений позволит решить некоторые важные проблемы минерально-сырьевого комплекса страны и улучшить экологическую ситуацию. В частности, оно обеспечит сокращение расходов на поиски и разведку новых месторождений, повышение производительности труда за счет рентабельной переработки уже добытого сырья, улучшение условий труда, так как техногенные месторождения расположены на поверхности Земли в отличие от все более глубокозалегающих обычных коренных месторождений полезных ископаемых, высвобождение занимаемых техногенными отходами земель и их рекультивацию, ликвидацию источников загрязнения окружающей среды.

Ресурсосбережение, направленное на рациональное использование минеральных ресурсов. Характерной чертой современного использования минерально-сырьевых ресурсов в мире является переход ведущих стран к ресурсосберегающим технологиям, базирующимся на научных достижениях и инновационных направлениях в области воспроизводства и рационального использования минерально-сырьевого комплекса.

В условиях рынка за последнее десятилетие снизилась эффективность горнодобывающих предприятий, изменились требования, предъявляемые к балансовым запасам. Возник ряд проблем, связанных с неэффективным использованием запасов полезных ископаемых.

Сегодня в рамках действующей системы налогообложения недропользования добывающие компании не заинтересованы в отработке малорентабельных трудноизвлекаемых запасов, что ведёт к их выборочной отработке. Такой подход позволяет увеличивать рентабельность добычи, но приводит к повышению замороженных, а часто и остаточных запасов в недрах. Решение этой проблемы возможно при переходе к рентной системе налогообложения, при которой разработка высокоэффективных запасов облагается максимальным, а трудноизвлекаемых минимальным налогом, и усилению надзора за охраной недр.

Как уже сказано, в разработке большинства российских месторождений продолжают доминировать устаревшие технологии, тогда как за рубежом применяются скважинные технологии добычи (гидравлическая добыча, подземное и кучное выщелачивание руды) и современные способы обогащения (рентгенорадиометрической, фотометрической сепарации). Необходим сложный комплекс научных исследований и опытных работ по оценке применимости эффективных методов на глубокозалегающих бокситовых рудах, высокодефицитного каолинита, россыпей олова и золота, также целого ряда других природных объектов.

Немалую лепту в повышение эффективности добычи и переработки минерального сырья может внести и повышение степени готовности получаемой товарной продукции. Тенденция организации интегрированных производств активно развивается в последние 10–15 лет за рубежом и способствует успеху таких предприятий в конкурентной борьбе.

Экономически развитые страны, прошедшие путь индустриализации в конце XIX – начале XX в., в значительной мере истощили свои ресурсы полезных ископаемых, но достигнув весьма высоких показателей их использования на душу населения, уже не могут без серьёзных последствий сократить потребление, хотя и лидируют в области разработки и внедрения ресурсосберегающих технологий. Это касается большинства западноевропейских стран, а также Японии, Южной Кореи, США.

Эти страны имеют больше шансов не растрчивать свои стратегические ресурсы, а покупать их у соседей и, обладая более совершенной технологией, использовать отходы производства и вторичное сырье менее богатых соседей. Резервами в экономии минеральных ресурсов являются более полное использование вторичного сырья и побочной энергии, замена дефицитных металлов менее редкими материалами. Так, современная металлургическая промышленность может работать на 40% и более на вторичном сырье.

Важнейший резерв сбережения и соответственно охраны недр — применение заменителей дефицитного минерального сырья. Металл может быть с успехом заменен пластмассами, деревом и даже камнем. Совсем недавно трудно было себе представить чайник из тефлона, а телевизор без электронных ламп накаливания. Судя по темпам производства пластмасс, полимеры в скором времени превзойдут металлы.

Минеральное топливо может быть заменено геотермальной энергией, выделяемой из термальных подземных вод. Особенно перспективны в этом отношении районы Исландии, Японии, Новой Зеландии, Мексики, в России — районы Северного Кавказа, Магаданской области, Камчатки, Сахалина. В Венгрии тепличное хозяйство, животноводческие комплексы и даже жилые помещения обогреваются за счет геотермальной энергии. Серьезных успехов достигла Австралия, геотермальные ресурсы которой весьма ограничены.

В августе 2006 г. правительством Австралии утверждена программа «*Энергетическая безопасность на суше*». Геологической службой разработан проект по геотермальной энергетике для изучения возможности использования геотермальных ресурсов страны и привлечения инвестиций в исследования возможности использования альтернативных источников энергии, в том числе и геотермальных.

Задачи проекта:

- сбор данных о тепловом потоке на территории Австралии для районирования геотермальных ресурсов;
- моделирование источников и ловушек для выявления потенциальных систем горячих пород;
- составление национальных наборов данных, полезных для геотермальной индустрии, в том числе о температуре грунтовых вод, температурном режиме в скважинах, теплопроводности горных пород, участках молодой вулканической активности и горячих источниках, геохимии гранитов и осадочных пород, получение термально-инфракрасных изображений систем неглубокой гидротермальной циркуляции;
- создание системы геотермальной информации для эффективного хранения новых и существующих данных о тепловом потоке и обеспечение легкого доступа к этим данным широкой общественности, промышленности и научных учреждений;
- использование полученной информации для скорректированной оценки всех содержащихся в недрах Австралии геотермальных ресурсах.

Исследования Австралии в области геотермальной энергетике будут способствовать развитию и потреблению экологически чистого вида энергии. На сегодня измерены температурные градиенты по 5722 нефтяным и рудным скважинам по всей стране (рис. 13), по результатам измерений созданы карты теоретических температур земной коры до глубины 5 км и карта распределения теплового потока (рис. 14, 15).

Проект по геотермальной энергетике получил финансирование, необходимое для закупки требуемого полевого и лабораторного оборудования. Новые данные о тепловом потоке планируется получить в сотрудничестве с ГС штатов и территории согласно существующему Национальному геонаучному соглашению (National Geoscience Agreement).

Существующие знания о распределении геотермальных ресурсов Австралии сосредоточены исключительно в области высокотемпературных (> 150 °С) ресурсов горячих пород, которые с учетом соответствующих геологических условий и технологического опыта могут использоваться в теплоэнергетических целях.

В ходе реализации проекта «*Геотермальные ресурсы для городов*» геотермальные ресурсы, находящиеся под некоторыми столичными городами и главными промышленными

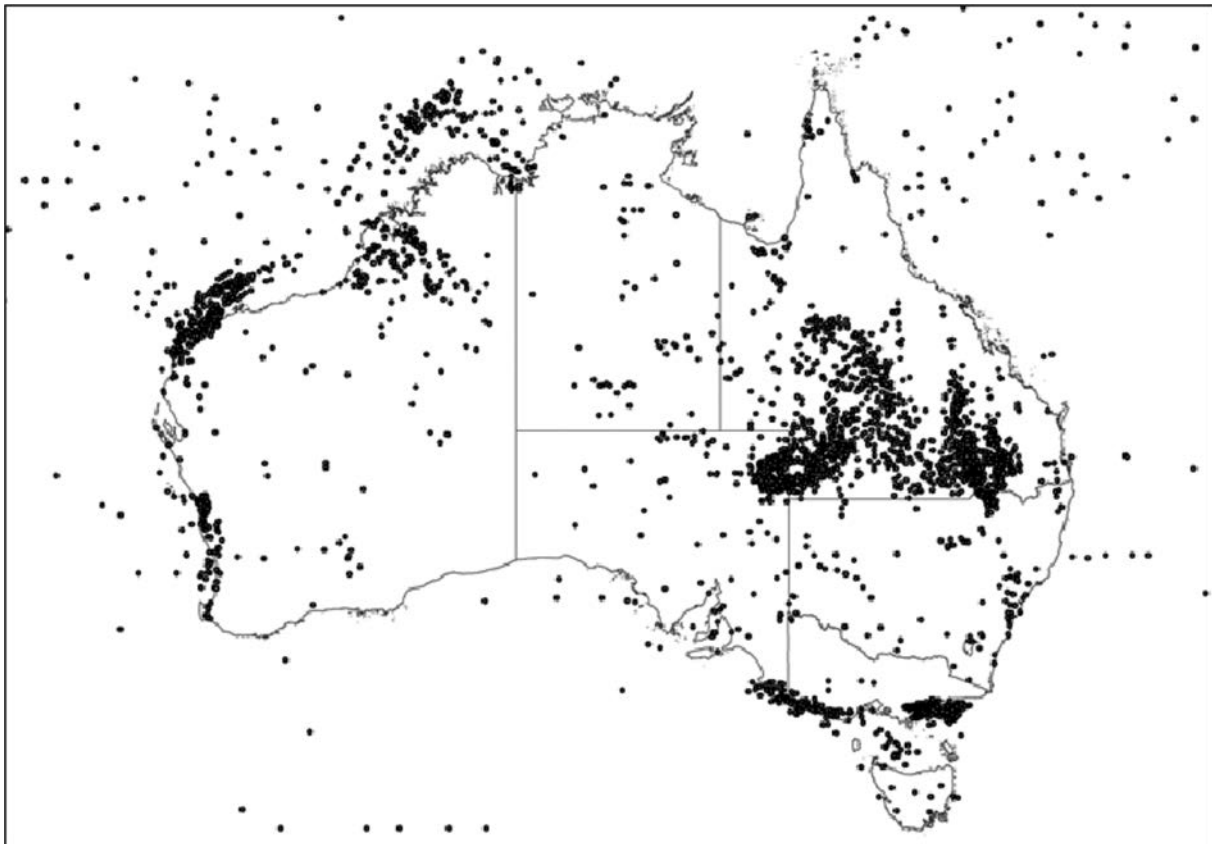


Рис. 13. Распределение буровых скважин

центрами всей Австралии, также планируется оценить путем измерения геотермальных градиентов и удельной теплопроводности пород в скважинах.

Применение геотермальных ресурсов предусматривает прямое использование энергии тепла, а не превращение ее в другие виды энергии, например электроэнергию. Существует широкий спектр возможностей прямого применения, в том числе в сельском хозяйстве (обогрев теплиц), промышленности (выпаривание, сушка, стерилизация, химическое извлечение), при обогреве помещений, для бытовых нужд, в аквакультуре и при опреснении воды. В мае 2005 г. прямое использование геотермальной энергии во всем мире составило примерно 273 372 ТДж/год (75 943 ГВт/год), что эквивалентно ежегодной экономии 25,4 млн т нефти и предотвращению выброса в атмосферу 24 млн т углерода. Выполненные работы позволят увеличить потребления геотермальной энергии прямого использования в населенных или промышленных районах, в которых существуют низкотемпературные ресурсы.

К использованию геотермической энергии вплотную подошли китайские ученые и инженеры из Института преобразования энергии при Китайской академии геологических наук (http://www.vsegei.ru/ru/news/index.php?ELEMENT_ID=67163). Они исходили из того, что половина стоимости сооружения геотермоэлектростанций приходится на бурение, что делает их рентабельными преимущественно в районах с высокой геотермальной активностью. Исследованы возможности использования для энергетики ранее пробуренных на нефть и газ глубоких (3–5 км) заброшенных скважин, в которых в силу известного геотермического градиента (25–30 С/км) на глубине могут сохраняться высокие температуры. Намечено создание типовой геотермальной электростанции мощностью около 54 кВт.

В 2011 г. Китай приступил к оценке потенциала для строительства геотермальных электростанций в 29 городах страны, включая Шицзячжуан, Шэньян и Чжэнчжоу. Цен-

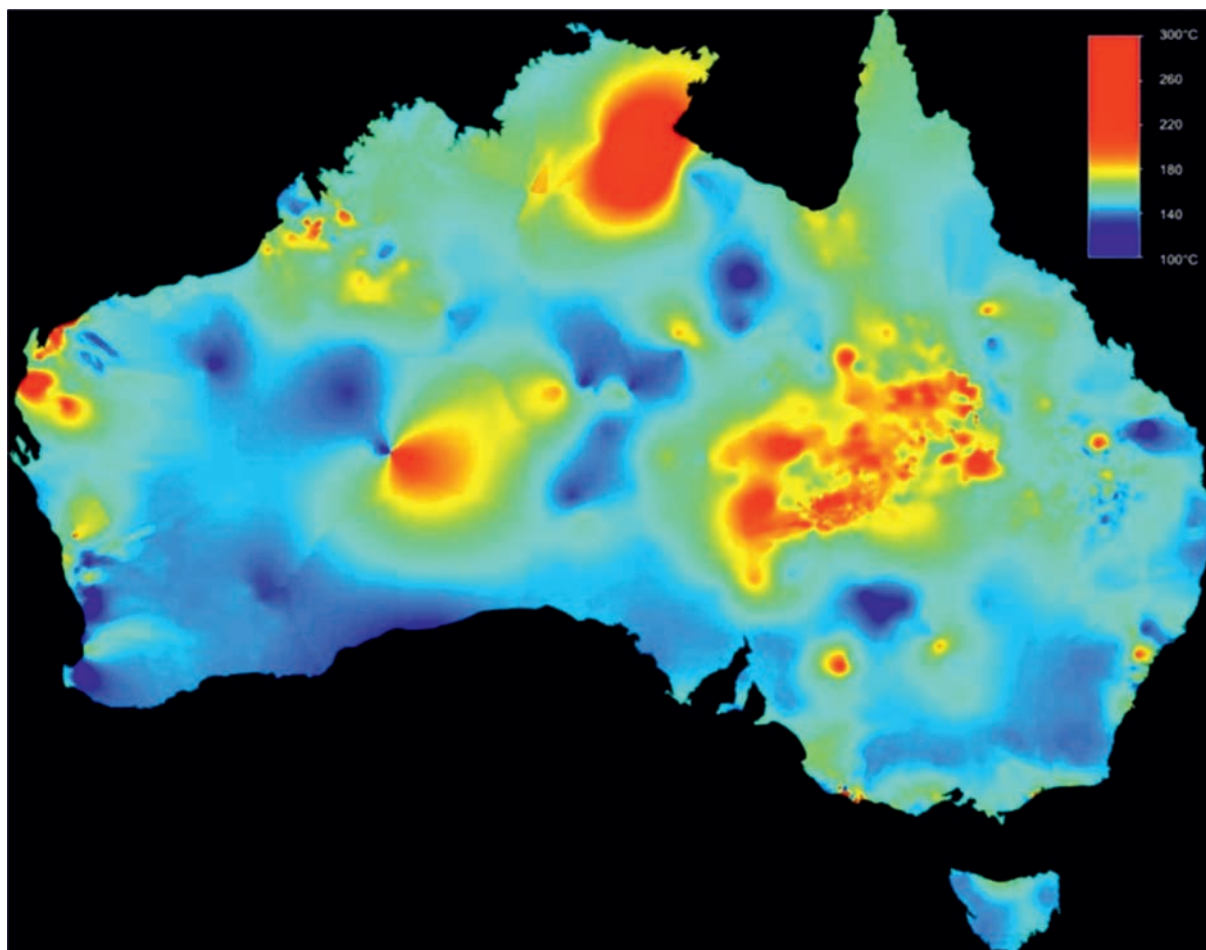


Рис. 14. Теоретические температуры земной коры на глубине 5 км

тральное правительство обещало вложить в исследования около 25,3 млн долл. Согласно плану Министерства землепользования и природных ресурсов КНР, к 2015 г. геотермальные электростанции обеспечат до 1,7% электроэнергии в стране (<http://aenergy.ru/3221#more-3221>).

Ресурсосбережению и улучшению экологической обстановки способствует утилизация отходов. В зарубежных странах этому отводится достаточно важная роль. Основное направление утилизации отходов — использование их в качестве сырья в промышленном и строительном производстве, в дорожном строительстве, для закладки выработанного пространства и для производства удобрений, жидкие отходы после соответствующей очистки — для хозяйственно-питьевого водоснабжения, орошения и т. д., газообразные — для отопления и газоснабжения.

Проблема перехода национальной экономики на ресурсосберегающий технологический уклад, обеспечение более полного извлечения минерального сырья из недр и более глубокой его переработки лишь частично находится в сфере компетенции Минприроды России. Еще в 2006 г. МПР России инициировала разработку комплекса мер по глубокой переработке минерального сырья и использованию попутного газа. Приказом МПР России от 21.03.2007 № 61 утверждены «Методические рекомендации по проектированию разработки нефтяных и газонефтяных месторождений», которые содержат требования по включению в проектную документацию специальных мероприятий по использованию попутного нефтяного газа.

Одновременно Роснедра начали рассматривать и принимать лишь те проектные документы, в которые включены требования по доведению объемов использования попутного нефтяного газа до 95%. Постановлением правительства Российской Федерации

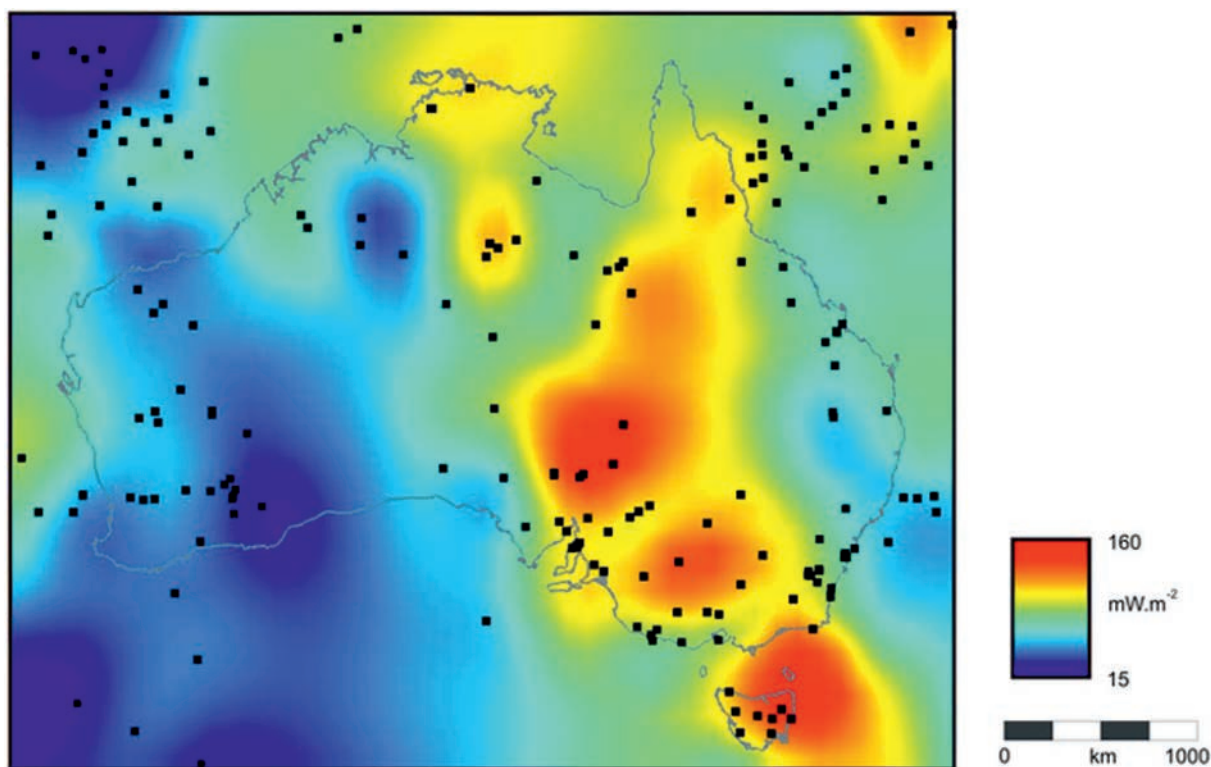


Рис. 15. Карта распределения теплового потока на поверхности Австралии

от 8.01.2009 № 7 «О мерах по стимулированию сокращения загрязнения атмосферного воздуха продуктами сжигания попутного нефтяного газа (ПНГ) на факельных установках» установлен целевой показатель сжигания ПНГ на факельных установках на 2012 г. и последующие годы в размере не более 5% от объема добытого попутного нефтяного газа. Роснедра при подготовке лицензионных соглашений по вновь выданным и актуализируемым лицензиям включает требование по использованию ПНГ таким образом, чтобы обеспечить в ближайшее время целевой показатель использования ПНГ в размере 95%.

Постановлением Правительства РФ от 3.03.2010 № 118, разработанным Минприроды России, утверждено Положение о подготовке, согласовании и утверждении технических проектов разработки месторождений полезных ископаемых и иной проектной документации на выполнение работ, связанных с пользованием участками недр, по видам полезных ископаемых и видам пользования недрами, пп. 12 и 13 которого предусматривают включение в проектную документацию на разработку месторождений полезных ископаемых мероприятий по обеспечению требований в области охраны окружающей среды, а для месторождений углеводородного сырья – в обязательном порядке мероприятий по обеспечению утилизации *попутного нефтяного газа* (ПНГ).

На сайте Минприроды России <http://www.mnr.gov.ru/regulatory/detail.php?ID=128153> рассмотрены вопросы *утилизации шахтного метана и попутного нефтяного газа*. В этом документе сообщается, что проекты с *полной утилизацией кооптируемого метана* осуществляются на шахтах Печорского угольного бассейна с 1970-х годов. В основном угледобывающем регионе Кузбассе, где сосредоточено около 65% шахт, разрабатывающих высокогазоносные пласты угля, использование кооптируемого дегазационными установками метана – одно из перспективных направлений. Однако не везде дела с утилизацией шахтного метана обстоят так хорошо, как в Кузбассе. В других регионах и областях страны (Ростовская область, Урал, Дальний Восток) при массовой ликвидации угледобывающих предприятий возникли ситуации, «граничащие с экологическим бедствием»: затопление горных выработок, подтопление шахтными водами участков

проживания людей, образование провалов, заболачивание, засоление территории и снижение качества питьевой воды.

Решение вопроса экономического стимулирования добычи и *утилизации ПНГ* на месторождениях УВ сырья связано с использованием механизмов, предусмотренных Киотским протоколом к Рамочной конвенции ООН об изменении климата. В июле 2010 г. Минэкономразвития России одобрило первый из проектов совместного осуществления (ПСО) с международными компаниями, который будет разработан ОАО «НК «Роснефть»» и Всемирным банком с целью утилизации ПНГ на месторождении Комсомольское, расположенном в Ямало-Ненецком автономном округе. Предполагается создать новую инфраструктуру для переработки и транспортировки собранного газа от месторождения до газового рынка, а полученные «единицы сокращения выбросов» продать углеродным фондам Всемирного банка. Приказом Минэкономразвития России от 23.07.2010 № 326 утверждено 15 проектов, шесть из них направлено на эффективное использование ПНГ совместно с международными компаниями Mitsubishi Corporation, Nippon Oil Corporation, BNP Paribas, Carbon Trade, Finance SICAR S.A., а именно, сбор газа на Самотлорском (ОАО «Самотлорнефтегаз») и Еты-Пуровском месторождениях (ОАО «Газпромнефть»); расширение Южно-Балыкского газоперерабатывающего завода (ОАО «СИБУРхолдинг»); утилизация ПНГ на Комсомольском (ОАО «НК «Роснефть»»), Восточно-Перевальном (ОАО «РИТЕК») и Среднехулымском нефтяных месторождениях (ОАО «РИТЕК»).

Охрана недр и объекты геологического наследия. Проблематика сохранения объектов геологического наследия (геологические памятники природы, уникальные геологические объекты и пр.) и охраны недр органически связана с вопросами охраны окружающей среды. Эти вопросы входят в круг интересов и обязанностей Минприроды и экологии России. Распоряжением Правительства Российской Федерации от 11.11.2010 № 1950-р Министерство природных ресурсов определено ответственным исполнителем по разработке государственной программы «Охрана окружающей среды». Основные направления реализации данной государственной программы – обеспечение экологической безопасности и качества окружающей среды; сохранение территорий, занятых государственными заповедниками и национальными парками; повышение эффективности функционирования системы экологического надзора.

Минприроды России является головным ведомством по осуществлению работ в рамках Конвенции ЮНЕСКО об охране всемирного культурного и природного наследия (Париж, 1972). Среди объектов природного наследия в конвенции названы *геологические и физиографические образования, природные достопримечательные места или строго ограниченные природные зоны, имеющие выдающуюся универсальную ценность с точки зрения науки, сохранения или природной красоты.*

Под *объектом геологического наследия (ОГН)* понимается доступный для непосредственного изучения геологический объект, имеющий научное, культурное, эстетическое или иное значение. Актуальность тематики ОГН характеризует тот факт, что с 2009 г. известная издательская компания Springer стала издавать научный журнал «Geoheritage».

Состояние дел с изучением и охраной ОГН России по сравнению с ситуацией в европейских странах отражено в материалах состоявшегося во ВСЕГЕИ в мае 2011 г. Рабочего совещания российской группы ProGeo (с участием представителей Казахстана и Азербайджана) «Изучение и охрана объектов геологического наследия России».

Геологические объекты в России предлагается относить к ОГН на основании критериев, отражающих их научную, образовательную или историко-культурную значимость, а классификацию для изучения и сохранения ОГН рассматривать по двум параметрам: геологической специализации (табл. 5) и информативной значимости (имеет четыре уровня – глобальный, надрегиональный, региональный, локальный).

По разработанной методике силами российской группы ProGeo вся имеющаяся информация об ОГН систематизирована и включена в БД ОГН РФ, созданную в программе Access, позволяющей проводить поиск и отбор информации по любому параметру (субъектам Федерации, типу геологической специализации, уровню информативной

Таблица 5

Классификация ОГН по геологической специализации

Тип ОГН	Характеристика ОГН
Стратиграфический	Стратотипы и опорные разрезы стратиграфических подразделений разного ранга
Палеонтологический	Местонахождения фоссилий или следов их жизнедеятельности, имеющих хорошую сохранность и разнообразный систематический состав
Палеогеографический	Объекты, отражающие физико-географические условия геологического прошлого
Минералогический	Местонахождения, характеризующиеся разнообразием минералов, присутствием редких и самоцветных минералов, необычных парагенезисов, кристаллографических и агрегатных форм минералов; участки современного минералообразования
Рудно-литопетрологический	Обнажения горных пород с хорошо выраженными структурами и текстурами, позволяющими судить о процессах их образования, а также уникальные или типовые месторождения полезных ископаемых, сформированные этими процессами
Вулканологический	Действующие вулканы и участки проявления поствулканической деятельности
Тектонический	Участки проявления в земной коре тектонических процессов, нашедших отражение в формировании структур разного ранга
Космогеологический	Участки, отражающие результаты воздействия космических импактных событий (падение астероидов и метеоритов) на поверхность Земли
Геоморфологический	Формы рельефа и их комплексы, отражающие условия рельефообразования
Спелеологический	Подземные полости и отложения пород внутри них, отражающие процессы подземной эрозионной и аккумулятивной деятельности
Гидрогеологический	Редкие по водносолевому составу, температуре, дебиту или типичные подземные воды (гидротипы) и их выходы на поверхность; выходы сухих газов и продуктов грязевого вулканизма
Историко-горногеологический	Древние горные выработки и объекты, на которых были сделаны значительные для развития геологии открытия

значимости, категории ООПТ и т. д.). В БД включено 950 ОГН, преобладают объекты стратиграфического (22%), рудно-литопетрологического (20%) и палеонтологического (17%) типов. Глобальный уровень значимости имеют 94 объекта, надрегиональный – 240, региональный – остальные. Около половины ОГН, включённых в БД, не имеет статуса ООПТ. Большинство охраняемых ОГН имеет статус «памятник природы» (ПП) регионального значения, что часто не соответствует их научной значимости.

Созданная в ArcView GIS 3.2 карта расположения ОГН России отражает современный уровень информации о национальном геологическом наследии: территориальное распределение ОГН, их тип по геологической специализации, уровень информативной значимости, наличие охранного статуса и уровень охраны (федеральный, региональный, местный). Карта легла в основу опубликованной в Национальном атласе России карты ОГН масштаба 1 : 15 000 000 с врезками масштаба 1 : 5 000 000.

Из анализа содержания докладов совещания ProGeo следует, что на сегодняшний день в России существует известная неопределенность в придании имеющему особое значение геологическому объекту того или иного статуса. Дело в том, что наряду с ОГН специалисты по охране недр РФ используют также термин «особо охраняемые геологические объекты» (ООГО), которые должны выделяться на основании № 33-ФЗ от 14 марта 1995 г. «Об особо охраняемых природных территориях» (ООПТ). Согласно закону, особо охраняемыми при-

родными территориями «являются участки земли, водной поверхности и воздушного пространства над ними, где располагаются природные комплексы и объекты, которые имеют свое природоохранное, научное, культурное, эстетическое, рекреационное и оздоровительное значение, которые изъяты решениями органов государственной власти полностью или частично из хозяйственного использования и для которых установлен режим специальной охраны». Однако «в существующих нормативно-правовых документах отсутствуют критерии отнесения геологических объектов к ООГО, что затрудняет реализацию данного постановления».

Во ВСЕГЕИ в рамках государственного контракта с Роснедра создана информационно-поисковая система (ИПС) «Уникальные геологические объекты России». Она служит информационной основой для проведения мониторинга их состояния, помогает их использованию для регионального геологического изучения территории, создает предпосылки для развития в России геологического туризма и детско-юношеского движения.

Описания геологических объектов, рекомендуемых для придания им юридического статуса УГО, позволяют обосновать необходимость сохранения конкретных геологических объектов, имеющих научную, культурно-познавательную, коллекционную (товарную) или эстетическую ценность.

ИПС «Уникальные геологические объекты России» включает в себя 2386 объектов, в том числе 1964, утвержденных в законодательном порядке, и 422 предлагаемых. Постоянно пополняется база данных материалами региональных геологических исследований и особенно геологосъемочных работ, данными Росприроднадзора, интернета и различных печатных источников.

Основные факторы угрозы для ОГН в нашей стране, по мнению российского вице-президента ProGeo: отсутствие общепринятых рекомендаций по изучению, сохранению и использованию ОГН; разработка месторождений полезных ископаемых; типовая рекультивация карьеров; строительство; расхищение макрофоссилий и коллекционных образцов; создание водохранилищ; эксплуатация водозаборных скважин с нарушением естественного баланса подземных вод; сельскохозяйственная деятельность; естественные процессы (оползни, эрозия, зарастание и пр.).

Неудовлетворительное положение дел с ОГН в России отмечено в решении Международного рабочего совещания российской группы Европейской ассоциации по охране геологического наследия (ProGEO) с участием представителей Казахстана и Азербайджана «Проблемы изучения и охраны объектов геологического наследия России» (25–27 мая 2011 г., Санкт-Петербург). Россия обладает уникальным по объему и значимости геологическим наследием. Однако в области его сохранения и рационального использования существуют нерешенные проблемы, общие для стран СНГ. По плотности размещения охраняемых ОГН Россия весьма значительно отстает от большинства европейских стран». Количество официально зарегистрированных особо охраняемых природных территорий геологического профиля (менее 2000) совершенно не отвечает европейскому и мировому уровню геозаповедания (геоконсервации). Плотность объектов геологического наследия в европейских странах 1–10 на 1000 км², в России 0,1 на 1000 км² (как минимум в десять раз меньше), многие геологические феномены, в том числе мировой значимости, не имеют статуса охраняемых территорий и подвергаются реальной опасности деградации вплоть до полного уничтожения.


Есть в этом решении и важный раздел, касающийся *геопарков*. Мировой опыт сохранения и изучения геологических объектов особой научной и образовательной ценности показывает, что одной из действенных форм этой деятельности является активное развитие геологических парков (геопарков), в том числе и под эгидой ЮНЕСКО. Одна из основных целей работы геопарков – сохранение геологических объектов особой научной и образовательной ценности, активная пропаганда среди населения естественнонаучных знаний и бережного отношения к природе.

В 1993 г. на симпозиуме «Geoconservation in Europe» в г. Кёльн (Германия) создана Европейская ассоциация по охране геологического наследия. Принят устав и определена

структура ассоциации в составе Генеральной ассамблеи (ProGEO), Совета, Исполнительного комитета, региональных и национальных рабочих групп. В рамках ассоциации осуществляются два проекта: MANUAL и GEOSITES.

Проект MANUAL – подготовка к публикации монографии «Геоконсервация в Европе», в которой будет представлена информация о положении дел с изучением и сохранением геологического наследия во всех европейских странах, входящих в ProGEO.

Проект GEOSITES осуществляется в целях выявления и сохранения для будущих поколений самых выдающихся, имеющих глобальное значение ОГН, что возможно при постоянном контроле и принятии адекватных мер для их сохранения.



ОБЗОР ИТОГОВ
НАУЧНОЙ ПРОГРАММЫ
34-й СЕССИИ
МЕЖДУНАРОДНОГО
ГЕОЛОГИЧЕСКОГО КОНГРЕССА

С 5 по 10 августа 2012 г. в г. Брисбен (Австралия) прошёл крупнейший форум геологов мира – 34-я сессия МГК. В нем участвовали 6012 делегатов из 112 стран. Главным спонсором выступил Международный союз геологических наук (IUGS), а организатором IGC 2012 (34th International Geological Congress) Австралийский совет по геофизическим исследованиям. Международный геологический конгресс – некоммерческая научная и образовательная организация.

История международных геологических конгрессов начинается с 1878 г., когда в Париже состоялась первая сессия МГК. Профессионалы геологической отрасли со всех уголков земного шара собираются раз в четыре года для обсуждения главных достижений в области геологии, геофизики и методологии проведения геологоразведочных работ, технологических достижений и продвижения новых разработок. Его основная цель – содействие глобальному развитию фундаментальных и прикладных исследований в области наук о Земле. Австралийский форум IGC-2012 проходил под девизом «Исследование нашего прошлого и будущего – ресурсообеспечение завтрашнего дня», отражающим ведущую роль геологических наук в удовлетворении потребностей общества и решении глобальных проблем человечества. Для России этот лозунг имеет особое значение, так как полностью отвечает стратегии развития геологической науки и отрасли страны в XXI в.

В конгрессе IGC приняли участие представители промышленности, академических институтов, правительственных учреждений, негосударственных организаций, профессиональных и научных обществ. Характерной особенностью прошедшей сессии конгресса стало также участие руководителей геологических и горнодобывающих служб 65 стран, что свидетельствует о большой заинтересованности многих государств в решении проблем развития геологических наук и увеличения минерально-сырьевых ресурсов.

В июне 2010 г. на заседании оргкомитета IGC в Брисбене приняли решение ограничить продолжительность научной программы 34-й сессии до пяти дней. Это решение было вызвано необходимостью более эффективного использования рабочего времени проводимых мероприятий, а также высокими ежедневными затратами арендуемых площадей. Четкая организация проведения научных сессий и сокращение количества помещений для одновременных заседаний позволили упорядочить процедуры совещаний и уложиться в предлагаемые сроки.

Важность обсуждавшихся на конгрессе проблем привлекла многие авторитетные международные организации, в том числе Международный союз геологических наук (МСГН) и Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ). Наиболее крупными были австралийская, китайская и российская делегации. По данным оргкомитета, от России было зарегистрировано около 240 человек – руководители, специалисты и ученые из геологических предприятий Роснедра, институтов РАН, учебных заведений и компаний-недропользователей. В научной программе конгресса, в деловых встречах, в работе выставки GeoExpo-2012 приняли участие министр природных ресурсов и эко-

логии РФ С.Е. Донской, заместитель министра природных ресурсов и экологии РФ Д.Г. Храмов, специалисты Роснедра во главе с заместителями руководителя Роснедра А.Ф. Морозовым и Е.А. Киселевым, директор департамента международного сотрудничества Минприроды России Н. Инамов, президент Российского геологического общества В.П. Орлов, представители научно-исследовательских институтов, находящихся в ведении Роснедра.

Работа конгресса была построена по традиционному принципу:

- профессиональные семинары (образовательные и по повышению квалификации), пленарные и рабочие заседания по заранее определенному перечню тем, симпозиумы, пленарные заседания с уже обозначенной программой (5 дней, 30–35 заседаний в день);

- более 30 визитов, организованных при содействии партнеров из Новой Зеландии и других тихоокеанских государств;

- обширная выставка GeoExpo-2012 (два выставочных зала);

- образовательные семинары и семинары по повышению квалификации.

В программу съезда была включена целая серия ежедневных пленарных докладов, в существенной степени отразивших состояние и проблемы развития мировой геологии. В рамках 182 симпозиумов 3232 автора представили 3712 устных и 1439 стендовых докладов.

Обширная и разнообразная программа конгресса включала свыше 100 крупных проблем и 37 научных направлений, от результатов фундаментальных научных исследований и практического их использования при проведении геологоразведочных работ до геологии океанов, планетологии и биогеологии. Примерно 40% программы представляло непосредственный интерес для горнодобывающего и энергетического сектора.

Основные направления работы конгресса: наука о Земле – обществу; изменения климата – уроки прошлого и последствия для будущего; геоэкология; геоинформация; минеральные ресурсы и их добыча; геологоразведка; месторождения полезных ископаемых; маркшейдерия и геодезия; уголь – многообразие ресурсов; нефтегазоносные исследования; нетрадиционные углеводороды – новые виды топлива; осадочные и эрозионные процессы; поверхностные процессы и ландшафтные эволюции; геориски; инженерная геология и геомеханика; геолого-геофизическая информация и технологии дистанционного зондирования; история развития геологии; основные геолого-геофизические инициативы, обзоры и карты; геостандарты; геодинамика; метаморфические породы и процессы; гидрогеология; эволюция биосферы; региональные, тематические и специальные симпозиумы.

Темы докладов: обеспечение минеральными ресурсами в условиях роста населения планеты; энергетические мировые ресурсы, включая углеводороды и твердые горючие ископаемые; нетрадиционные энергетические источники и др. Были затронуты не только все аспекты наук о Земле, но и социально значимые вопросы – изменение климата, опасные геологические процессы, здоровье человека, будущий энергобаланс.

Главная отличительная черта современного этапа развития геологии – расширение диапазона исследований. Теперь ими охвачены не только приповерхностные части континентов, но и значительные глубины земных недр, Мировой океан и космическое пространство. Еще четверть века назад геология по существу была наукой о континентах, на которые приходится менее 30% поверхности Земли. Однако без решения вопросов о строении, образовании и развитии Мирового океана немислимо дальнейшее развитие геологической науки и практики. Данные сравнительной планетологии по изучению состава горных пород и атмосферы Марса, Венеры, Луны и других планет Солнечной системы, наблюдения над вулканическими процессами позволяют наметить общие черты эволюции планет и лучше познавать уровень геологического развития планеты Земля. Чем больше данных мы получаем, тем более очевидной становится уникальность геологической истории Земли с огромным разнообразием ее оболочек, геологических процессов и полезных ископаемых.

Основные научные направления по материалам 34-й сессии МГК можно объединить в три базовые группы.

Первая группа ориентирована на решение научных проблем и соответствует направлениям «Стратегии развития геологической отрасли Российской Федерации до 2030 г. ...»:

– разработка перспективных научных направлений, научно-технических решений, современных методов и технологий;

– научное обоснование закономерностей размещения и выявления на территории Российской Федерации нетрадиционных видов минерального сырья и новых типов месторождений.

К этой группе направлений отнесены следующие темы:

– Тема 8. Геология и разведка полезных ископаемых;

– Тема 9. Месторождения полезных ископаемых и процессы рудообразования;

– Тема 10. Уголь – несметные ресурсы;

– Тема 11. Нефтяные системы и их разведка.

Главной проблемой прогнозно-поисковых геохимических работ является необходимость опознания закрытых и полузакрытых территорий, на которых традиционные методы поисковой геохимии оказываются недостаточно информативными или вообще неэффективными для обнаружения (опознания) новых потенциально золоторудных областей. В статистический анализ было включено 29 характеристик для двух типов золотого оруденения, основанных на геохимическом изучении донных осадков. Информационными, по данным исследователей, для различения «пустых» и «золотых» ячеек являются отношения Ni/Mg, As, Cs, Rb, La, Th, U. Весьма перспективно использование микрохимических характеристик зерен россыпного золота для диагностики коренной золоторудной минерализации в слабообнаженных районах.

Интерпретация аэромагнитных, гравитационных данных и акустических границ позволила экстраполировать на глубину положение главных разломов, интрузивных тел и литолого-стратиграфических горизонтов. Изучение узлов пересечения поперечных разломов с крупными глубинными разломами служит основой прогнозирования золоторудного потенциала.

Очень эффективны сочетание глубинных (магнитотеллурическое зондирование) и поверхностных геофизических (электромагнитные, низкочастотные, метод вызванной поляризации, метод электрического удельного сопротивления, площадная магнитная съемка, изучение вертикального магнитного градиента) методов. Участки оруденения совпадают с участками инверсии электрического удельного сопротивления и обратной корреляции сопротивления с поляризуемостью. На безрудных участках корреляция удельного сопротивления и поляризуемости положительная.

Анализ современных баз данных по конкретным месторождениям позволяет выработать количественные критерии оценки эффективности поисков и разведки. В базу данных включены колчеданные вулканогенные месторождения (volcanic hosted massive sulfide deposits – VHMS), месторождения миссисипского типа (Mississippi Valley type deposits – MVT), порфиновые Cu-Au месторождения, месторождения золота типа Карлин и другие месторождения мирового класса. Интересны методология перевода моделей формирования рудных месторождений в гибкие вероятностные модели, основанные на теории вероятности и анализе принятия решения в условиях финансового риска. В рамках геологических моделей рудных месторождений учитываются вероятностные источники металлов (коровые, мантийные, смешанные), возможности извлечения рудных компонентов и особенности их транспортировки от источника до ловушки, характеристики растворов, металлов, лигандов-переносчиков, физико-химические параметры ловушек. Эффективность подхода иллюстрируется анализом разнообразных моделей Cu-порфиновых и магматических сульфидных Cu-Ni систем. Оцениваются ожидаемая ценность рудного месторождения и распределение вероятности получения чистой прибыли в минимальном и максимальном диапазонах.

Представляют практический интерес и материалы анализа геологических карт с целью получения дополнительной информации о минеральных запасах: рентабельность, продуктивность, отдача, эффективность, риски, планирование политики эксплуатации минеральных ресурсов. На основе экономической модели на геологических картах выделяются наиболее перспективные участки, для них рассчитываются рентабельность при эксплуатации и возможные риски. На двух примерах, Flin Flon Belt и south Baffin Island area (Канада), показано, что современные детальные геологические карты позволяют получать более надёжную информацию, что повышает эффективность исследований минеральных запасов и уменьшает риски при их эксплуатации. Даются численные оценки эффективности и рисков, рассчитанные по новой карте.

Успешно применено картографирование изотопных данных в интересах минерагенических исследований в областях к северу от хорошо исследованной продуктивной части пояса никеля Томпсон в Манитобе, Канада. Компиляция данных по изотопии Nd по главной части пояса Томпсон и новый блок данных по буровым скважинам, нанесенным на карту, подтвердили исследования, указывающие, что гнейсы основания и узкие пояса группы Оспваган, типичной для пояса Томпсон, простираются к северо-востоку от главной части пояса по крайней мере на 100 км. Это подтверждает наличие большой новой области для поисков никеля, размеры которой еще предстоит уточнить.

В подборке сейсмических, гравиметрических, магнитометрических и электромагнитных данных для изучения бассейнов и разведки нефти следует выделить материалы по комплексному применению различных методов исследования. Представлены, в частности, результаты совместного использования электромагнитных и сейсмических данных для оценки рисков, связанных с остаточным газом в надвиговом поясе глубоководной части дельты Нигера. Приведен метод снижения риска бурения с использованием интеграции данных сейсморазведки и электромагнитной разведки. Продемонстрирована успешность применения интегрированных данных сейсмо-и электромагнитной разведки в уменьшении рисков, связанных с остаточным газом в глубоководных условиях, предпочтительных для проведения электромагнитной съемки.

Отмечено также, что морская электромагнитная съемка с контролируемым источником (CSEM) появилась как новый инструмент для дистанционного обнаружения залежей углеводородов на шельфе. На примере шельфа Северного моря (Волхол филд – Valhall Field, Норвегия) рассматривается применение 4D сейсмического мониторинга продуктивных резервуаров с постоянно установленной редкой системой донных кабелей.

Понимание факторов, контролирующих распределение и образование месторождений, во многом определяет возможность открытия новых рудных месторождений.

Вторая группа содержит прикладные аспекты прогнозно-минерагенических исследований:

- типовые прогнозно-геологические модели месторождений полезных ископаемых;
- выявление новых месторождений и скрытых рудных тел в пределах рудных полей, на флангах и глубоких горизонтах обрабатываемых месторождений;
- разработка и внедрение современных технологий поисков, разведки, добычи, обогащения и переработки минерального сырья, его комплексного использования.

Ко второй группе отнесены следующие темы:

- Тема 7. Минеральные ресурсы и их добыча;
- Тема 13. Осадконакопление и осадочные процессы;
- Тема 14. Образование бассейнов и процессы на континентальных окраинах;
- Тема 19. Геохронология и изотопная геология;
- Тема 26. Геология Антарктики и Арктики;
- Тема 32. Геологическая информация, полученная с помощью технологий непосредственного и дистанционного обнаружения;
- Тема 34. Главные геологические научные инициативы, геологические съемки и карты;

– Тема 36. Региональные тематические и специальные симпозиумы.

Тематика симпозиумов второго направления в соответствии со «Стратегией...» касается разработки прогнозно-геологических моделей месторождений для их выявления и оценки, разработки и внедрения технологий, а также научного обоснования размещения и выявления на территории Российской Федерации нетрадиционных видов минерального сырья и новых типов месторождений.

Интересны материалы, касающиеся тенденций развития минерально-сырьевого комплекса, представленные авторитетными специалистами геологических служб зарубежных государств или специалистами-аналитиками крупных компаний.

Снижение темпа роста запасов меди значительно опережает темпы роста производства меди, отсутствие открытий в последние годы крупных месторождений становится глобальной проблемой. Анализ, выполненный специализированной группой зарубежных специалистов, показывает, что «вся легко открываемая медь была уже обнаружена», это вынуждает многие компании расширять свои поиски в более отдаленных и сложных регионах, что приводит в свою очередь к увеличению затрат на инвестиции, необходимые для пополнения запасов. Показано, что объем открываемых месторождений меди заметно сокращается при относительном и заметном увеличении расходов на поисково-разведочные работы. При этом относительно невелико изменение за тот же промежуток времени объемов производства меди. Цены являются важным фактором в бюджетной политике основных горнодобывающих компаний, они определяют доходы, прибыль и количество собственных средств, вкладываемых компаниями в исследования и освоение месторождений. В случае же с юниорными компаниями, не имеющими значительных собственных доходов, действуют те же факторы, но эти компании имеют значительно бóльшие преимущества в выборе объектов исследований. Ключевым для таких компаний остается ценовая политика, перспективные проекты, привлекающие потенциальных партнеров и инвесторов в акционерный капитал для финансирования своей деятельности. Наряду с ростом расходов отмечены и значительный рост расходов на разведку и оценку месторождений, повышение цен на ряд минералов и металлов. В значительно больших объемах по сравнению с разведкой проводились поисковые работы, хотя в последние годы многие проекты развиваются на более поздних стадиях геологоразведочных работ, и на этапе оценки месторождения юниорные компании во многом превосходят крупные компании, ведущие исследования в Канаде.

По мнению аналитиков компании Ventyx, отрасли горнодобывающей промышленности сегодня находятся под постоянным давлением необходимости повышения доходности действующих горнорудных предприятий и одновременного введения в режим онлайн новых предприятий. При этом должен учитываться ряд взаимосвязанных экономически факторов, действующих в условиях глобализации мировой экономики и повышения конкурентности рынков минерального сырья и меняющейся конъюнктуры определенных видов минерального сырья.

Выбор оптимальной стратегии развития минерально-сырьевой базы усложняется и рядом факторов, присущих этой отрасли мировой экономики, и в частности очень большими объемами данных, используемых в процессе моделирования конкретных геолого-металлогенических ситуаций и прогнозирования разнотипных месторождений рудных и нерудных полезных ископаемых. Факторы, учет которых необходим при выборе стратегии такого рода исследований:

– не всегда имеет место полное соответствие природных и модельных характеристик месторождения;

– не всегда даже на этапе создания ТЭО корректно отработана модель месторождения, которая в принципе должна быть в некотором смысле опережающей применительно к стратегии отработки месторождения и в свою очередь должна (объемная модель) корректироваться в режиме мониторинга;

– не всегда при модельных построениях учитываются новые данные, полученные в процессе разработки и доизучения месторождения.

Рассматривая тематику симпозиумов темы 19 «Геохронология и изотопная геохимия», следует отметить, что ее основным содержанием, как это подчеркивается в циркуляре МГК-34, является фундаментальная роль изотопной геохимии в понимании и количественном определении геологических и космологических процессов. В характеристике симпозиумов этой темы практически не упоминаются прикладные и, в частности, металлогенические аспекты этого направления фундаментальных исследований, тем не менее, известен ряд работ, в которых рассматриваются прикладные металлогенические аспекты изотопно-геохимических исследований. В частности, изотопная Sm-Nd техника использовалась как ключевой элемент прогнозирования – прослеживание северного продолжения никелевого пояса Томпсон в Манитобе, Канада. Картографирование на основе изотопных данных для минерагенических построений успешно проверено в областях к северу от хорошо исследованной продуктивной части пояса никеля Томпсон в Манитобе, Канада.

Анализируя доступные материалы темы 26 «Геология Антарктики и Арктики», следует особо выделить симпозиум «Тектоника Арктики» (конвинеры Loic Labrousse (France), Oleg Petrov (Russia) и Christopher Harrison (Canada) – обсуждение результатов последних исследований арктических и субарктических осадочных бассейнов и орогенов и продолжающихся геонаучных экспериментов в Арктическом районе. Геологическая история этого изолированного океанического бассейна контролировалась в условиях границ глобального масштаба, таких как аккреция террейнов в Северо-Американских и Русских кордильерах, эволюция субдукции Тихоокеанских плит и проградация Срединно-Атлантического расширяющегося хребта. Таким же образом сегодняшняя геодинамика и морфология бассейнов имеет последствия для общемировых геологических и климатических процессов. Изучение изменений циркумполярной тектоники в геологическом времени должно рассматриваться в качестве первоочередной цели для понимания глобальной тектоники и оценки общемировых природных ресурсов в геодинамическом контексте.

Некоторые доклады по указанной тематике:

- Международная тектоническая карта Арктики: вклад в проект КГКМ «Атлас геологических карт Циркумполярной Арктики»;
- Современная геодинамическая модель Северного Ледовитого океана;
- Тектонические провинции Арктики по гравимагнитным данным;
- Циркумарктический геотрансект;
- Комплект карт глубинного строения Циркумполярной Арктики (широко обсуждался на конгрессе).

Третья группа имеет вспомогательный характер, предназначена для обеспечения работ прикладного значения и включает в себя следующие темы:

- Экологическая геология;
- Геологическая научная информация;
- Нетрадиционные углеводороды – расширение списка видов топлива;
- Морская геология и океанография;
- Биogeология;
- Геостандарты.

На 34-й сессии МГК внимание во всем мире вызвали обостряющиеся проблемы экологии глобального масштаба. Среди них одна из центральных – выявление предельно допустимых уровней техногенного воздействия на геологическую среду и ее отдельные компоненты – почвы, горные породы, подземные воды, рельеф территории и развитые на ней геологические процессы, изменение которых влияет на различные экосистемы. Необходимо правильно прогнозировать экологические последствия тех или иных техногенных воздействий на литосферу, следовательно, научиться предотвращать

негативные экологические процессы и тем самым влиять на разразившийся глобальный экологический кризис. Определяющую роль в решении этих проблем докладчики видят в разработке методов управления состоянием и свойствами массивов горных пород верхних горизонтов литосферы с целью сохранения и обеспечения их экологических функций, а также качественного проведения мониторинга геологической среды. Комплексное применение методов позволяет менять состояние и свойства массивов горных пород в нужном направлении, получать массивы с заданными свойствами, осуществлять очистку территорий, почв, горных пород от всевозможных техногенных загрязнений и т. д.

Уменьшение запасов и рост цен на углеводородное сырье вызвали необходимость расширения промышленного освоения нетрадиционных ресурсов нефти и газа: битуминозных песков, газовых гидратов и метана угольных пластов. Их добыча постепенно становится рентабельной и сопоставимой по себестоимости с добычей традиционного органического топлива. По данным Международного энергетического агентства, к 2035 г. доля нетрадиционного газа в мировой добыче составит более 20%, а нефти около 10%. Сейчас нетрадиционный газ добывается главным образом в США и Канаде, а нефть в Канаде и Венесуэле. Во многих странах Европы, Азии и Латинской Америки начаты исследовательские и геологоразведочные работы, направленные на оценку ресурсного потенциала сланцевого газа и газа угленосных пластов. В России поиски газовых гидратов ведутся в основном в Охотском море и на Байкале. Однако наибольшие перспективы связаны с Восточно-Мессояхским месторождением в Западной Сибири, где, как предполагается, находится газогидратная залежь с запасами около 500 млрд м³. Наиболее широко исследуются проблемы геологии, геофизики и геохимии подводных газогидратов. Проводятся экспедиционные исследования в Охотском море, изучаются придонные скопления газовых гидратов. Используются методы эхолотирования и сейсмоакустического профилирования, а также грунтовой пробоотбор. Осуществляется разведка новых скоплений, в частности, из известных в мире подтверждены самые мелководные. Не менее важны вопросы экологического характера – устойчивость морского дна при разработке гидратных месторождений, а также ее влияние на экологию и климат.

Одной из самых крупных международных научных площадок по изучению газовых гидратов является Международная программа бурения – International Ocean Drilling Program (IODP), объединившая усилия многих государств. Среди основных научных целей этой программы – изучение происхождения и площадей распространения газогидратов в Мировом океане. В рамках нескольких международных программ активно сотрудничают российские и немецкие ученые. Существуют программы по разработке методик количественной оценки залежей газогидратов на континентальных окраинах.

Другим перспективным нетрадиционным источником является утилизация и использование метана из угольных залежей. В начале 80-х годов прошлого века считалось, что его добыча из угольных бассейнов технически сложна и экономически невыгодна. Однако развитие технологий газодобычи и отраслевой науки позволило вывести добычу метана из угольных пластов на промышленный уровень и достичь экономической рентабельности (только в США его ежегодно добывают около 45 млрд м³ из более 10 тыс. скважин).

Многие виды нетрадиционных запасов, в частности месторождения битуминозных сланцев, открыты несколько десятилетий назад. Их разработку сдерживало отсутствие технологий извлечения нефти и газа из пластовых пород.

К числу новых решений и методов разработки нетрадиционных запасов относится, в частности, технология бурения горизонтальных стволов, вскрывающих пласты битуминозных сланцев, и применение гидроразрыва, т. е. закачки под высоким давлением жидкостей, способствующих образованию в породе трещин, через которые нефть и газ поступают в ствол скважины. Правительство США совместно с представителями отрасли

занимается оценкой потенциального воздействия гидроразрыва на запасы подземных пресных вод.

Помимо новых технических решений, разработка нового вида залежей сопровождается внедрением новых способов бурения. Все чаще применяется кустовое бурение для большого количества скважин с наземных площадок небольших размеров, сводящее к минимуму ущерб для ландшафта.

Морская геология и океанография охватывают применительно к изучению морского дна все крупные направления геологической науки – литологию, петрографию, тектонику, четвертичную и историческую геологию, стратиграфию, палеогеографию, учение о полезных ископаемых; используют методы и данные геоморфологии, геофизики, геохимии и др. Геологические исследования в океане ведутся с применением бурения, драгирования, подводных судов и аппаратов со специальным оборудованием.

В большинстве докладов представлены результаты исследований основных закономерностей геологического строения и истории развития земной коры и сравнительного изучения разрезов материков и дна океанов. Важное место занимают литологические исследования, которые ставят целью изучение процессов современного и древнего осадко- и рудообразования в различных физико-географических и тектонических условиях (теория морского литогенеза). Они тесно связаны с минералогией и геохимией донных осадков. Проводятся специальные петрографические исследования магматических и метаморфических пород морского дна; изучаются их связи с подводным вулканизмом и процессами, протекающими в земной коре и верхней мантии. Развивается учение об осадочных и магматических формациях в морях и океанах. Изучение тектоники дна морей и океанов основано прежде всего на материалах морской геоморфологии, полученных с помощью эхолотного промера, а также на данных морской геофизики (сейсмологии, сейсмоакустики, магнитометрии, гравиметрии, геотермических исследований). Используются сведения о распространении, взаимоотношениях, мощностях, деформациях комплексов пород, слагающих дно морей и океанов, об островах и смежных областях континентов. Огромное значение для познания стратиграфии и тектоники дна Мирового океана имеет внедрение в практику геологических исследований глубоководного бурения, результаты которого, наряду с результатами интерпретации геофизических исследований земной коры и, в частности данных непрерывного сейсмоакустического профилирования, позволяют приступить к разработке палеогеографии и исторической геологии океанов.

Большое место в работе конгресса заняло обсуждение минерально-сырьевых проблем. Основной вывод, который может быть сделан из обсуждения этих проблем, что геология может обеспечить дальнейшее значительное увеличение минерально-сырьевых ресурсов. В докладах убедительно показано, что процессы нефтегазонакопления развивались значительно шире, чем представлялось раньше: не только в континентальных бассейнах и на шельфах морей, но и на континентальном склоне, а в пределах известных континентальных бассейнов на больших глубинах и в нетрадиционных типах коллекторов и структур. Наряду с поисками новых бассейнов, важнейшее значение имеет поиск месторождений в известных бассейнах, в том числе месторождений, залегающих в нетрадиционных ловушках и коллекторах. Это диктует новые направления прогнозных исследований и поисков. Большинство специалистов разделяет прогнозную оценку мировых ресурсов нефти – 300 млрд т. Далеко от исчерпания минерально-сырьевой потенциал Земли и по металлическим и неметаллическим полезным ископаемым.

Задачи обеспечения человечества минеральным сырьем и источниками энергии требуют увеличения усилий для их выявления, а сложность стоящих проблем – новых подходов к их решению, разработки новых научных теорий, методов и технических средств поисков и разведки:

– отчетливо наметилась новая стратегическая линия в металлогеническом анализе – широкое применение ГИС-технологий, использование в качестве базовой модели для

прогнозных построений и корреляций плитно-тектонической концепции, обновление базы данных с помощью прецизионных методов: геохронологического изучения, геохимии редких элементов и изотопов;

– отмечены революционные события в металлогении золота, имеющие место в Австралии, Китае, Аргентине и Бразилии. Однако экономическая возможность эксплуатации месторождений золота в Высоких Андах Аргентины пока еще изучается;

– сделаны новые открытия нетрадиционных месторождений золота, связанных с древними горячими вулканогенными поверхностными источниками: Патагония (Аргентина) и озеро Танганьика (Восточная Африка);

– предложена новая гипотеза формирования тонковкрапленных месторождений золота за счет бассейновых флюидов по пути, сходному с образованием нефти (Китай);

– последние открытия уникальных медно-золотых месторождений в архейских и протерозойских щитах Бразилии связаны с применением геолого-геофизической модели, разработанной на примере крупнейшего месторождения Олимпик-Дам (Австралия);

– в Австралии и других экономически развитых зарубежных странах развивается комплексное геолого-геофизическое и геохимическое картирование (с применением новых высокоточных геофизических методов и аппаратуры) для поисков месторождений золота различных типов, залегающих в породах фундамента, перекрытых мощным (более 150 м) глинистым чехлом третичного возраста;

– в полосчатой железной формации Железного Четырехугольника Бразилии выявлены нетрадиционные сингенетические и эпигенетические месторождения золота;

– в черных сланцах Купершифер обнаружен новый уникальный тип краснопластовых месторождений золота, образование которых связано с переотложением металла окислительными флюидами из пермской молласы;

– проявилась отчетливая тенденция пересмотра генетических моделей рудных месторождений, ранее связывавшихся с гидротермальным процессом и магматизмом (супергигантские месторождения олова в Южном Китае) или считавшихся глубинными телетермальными или телемагматическими (супергигантские месторождения сурьмы, Южный Китай). Теперь их считают синосадочными вторично переработанными;

– получили развитие представления о генетических связях разноглубинных гидротермальных систем, продуцирующих разнообразные месторождения (массивных колчеданов, медно-золото-порфириновых и золото-серебряных эпитептермальных);

– доклады об отдельных месторождениях и их особенностях в большинстве случаев носят описательный характер, отсутствует увязка между геолого-структурным анализом и минералогическими работами (яркий пример – два доклада по месторождению Фазенда, Бразилия);

– в исследовании рудных месторождений широко используется новейшая изотопная аналитика, изучение флюидных включений, точная геохимия;

– возрос интерес к нетрадиционным энергетическим ресурсам и природным источникам энергии. Широко используются нетрадиционные энергетические источники, в частности сланцевого и угольного газа (США, Австралия). Участники и гости конгресса ознакомились с технологиями утилизации угольного газа, находящими практическое воплощение на ряде предприятий Австралии.

Инженерно-геологические проблемы все чаще приходится решать в районах крупномасштабного строительства, создания крупных мелиоративных систем и освоения новых территорий. Широко обсуждались теоретические проблемы, вопросы количественных и пространственно-временных прогнозов возникновения и развития инженерно-геологических процессов и районирования, а также новых, в том числе аэрокосмических методов в области инженерно-геологических исследований и изысканий.

Отмечена возрастающая роль геоэтики в современном обществе, особенно в связи с участвовавшими в последние десятилетия природными катастрофами, признана объек-

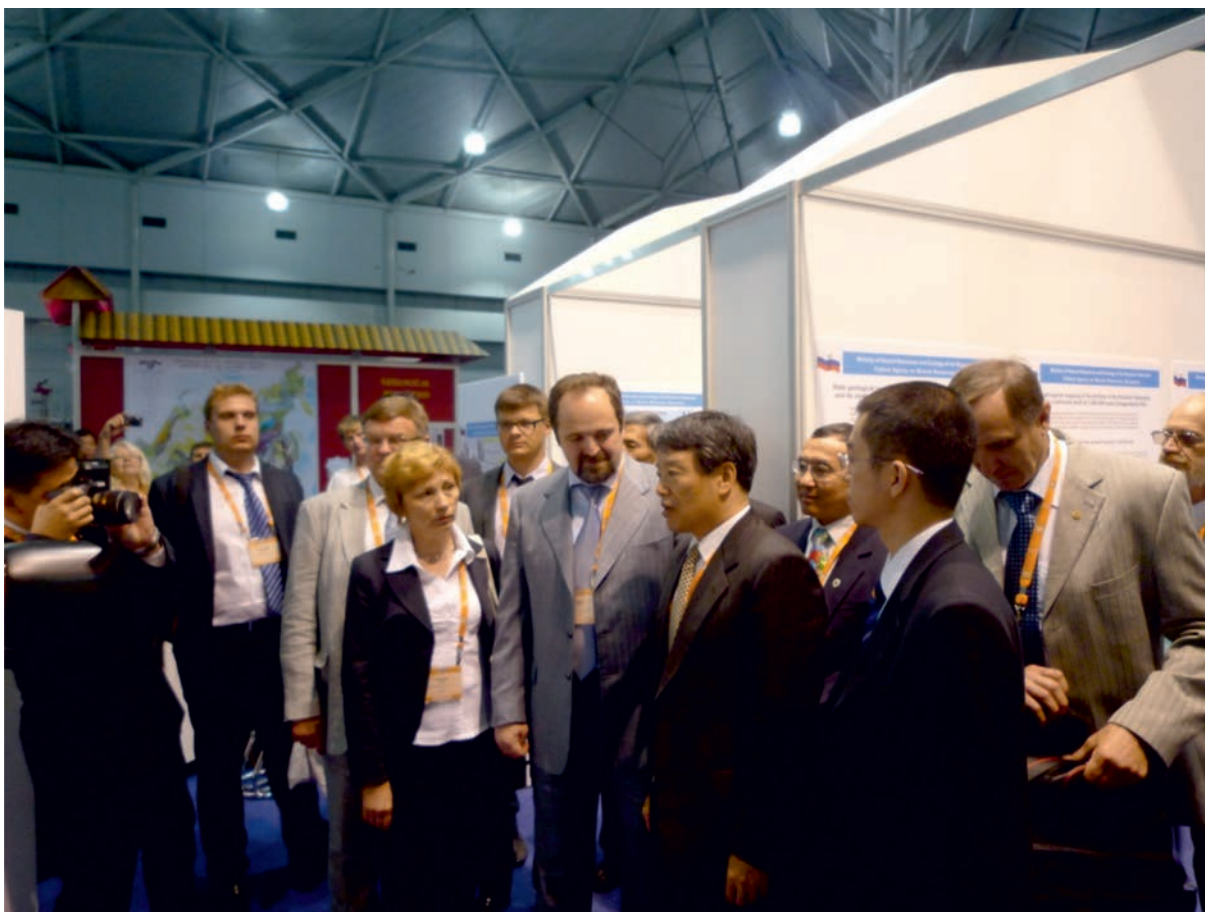


Рис. 16. Деловая встреча министра природных ресурсов и экологии РФ С.Е. Донского с министром земель и ресурсов Китайской Народной Республики Сюй Шаоши

тивная необходимость поиска новых геозитических идеалов и приоритетов, отвечающих современности, научным и профессиональным сообществам рекомендовано включать геозитические аспекты в деонтологические профессиональные кодексы.

Охрана окружающей среды в настоящее время превратилась в глобальную проблему, затрагивающую все страны и народы мира. На конгрессе рассмотрены вопросы оценки состояния и прогноза техногенного воздействия на геологическую среду и разработки эффективных мер ее защиты, рационального использования богатств недр, в том числе подземных вод; геологических проблем повышения продуктивности сельского хозяйства; прогноза, предупреждения и снижения отрицательных последствий катастрофических процессов, а также необходимости международного сотрудничества.

По инициативе российской и казахской сторон были организованы и проведены три симпозиума: «Тектоника Арктики» (конвинер О.В. Петров, ВСЕГЕИ), «Связь геологии и металлогении с глубинными процессами Восточной Азии и континентальных окраин» (конвинеры О.В. Петров, ВСЕГЕИ; Дун Шувен, Китайская академия геологических наук) и «Большой Алтай – уникальная редкометалльно-золото-полиметаллическая провинция Центральной Азии» (конвинеры Б.С. Ушкенов, А.И. Варламов, Г.Я. Абрамсон).

Делегация России приняла участие в следующих мероприятиях:

- заседание Генеральной ассамблеи Комиссии по геологической карте мира;
- международный форум Союза геологических служб «Применение наук о Земле для решения основных проблем в мире»;
- рабочая встреча с председателем руководящего комитета Европейского консорциума океанического научного бурения (ECORD) Ж. Камозном;

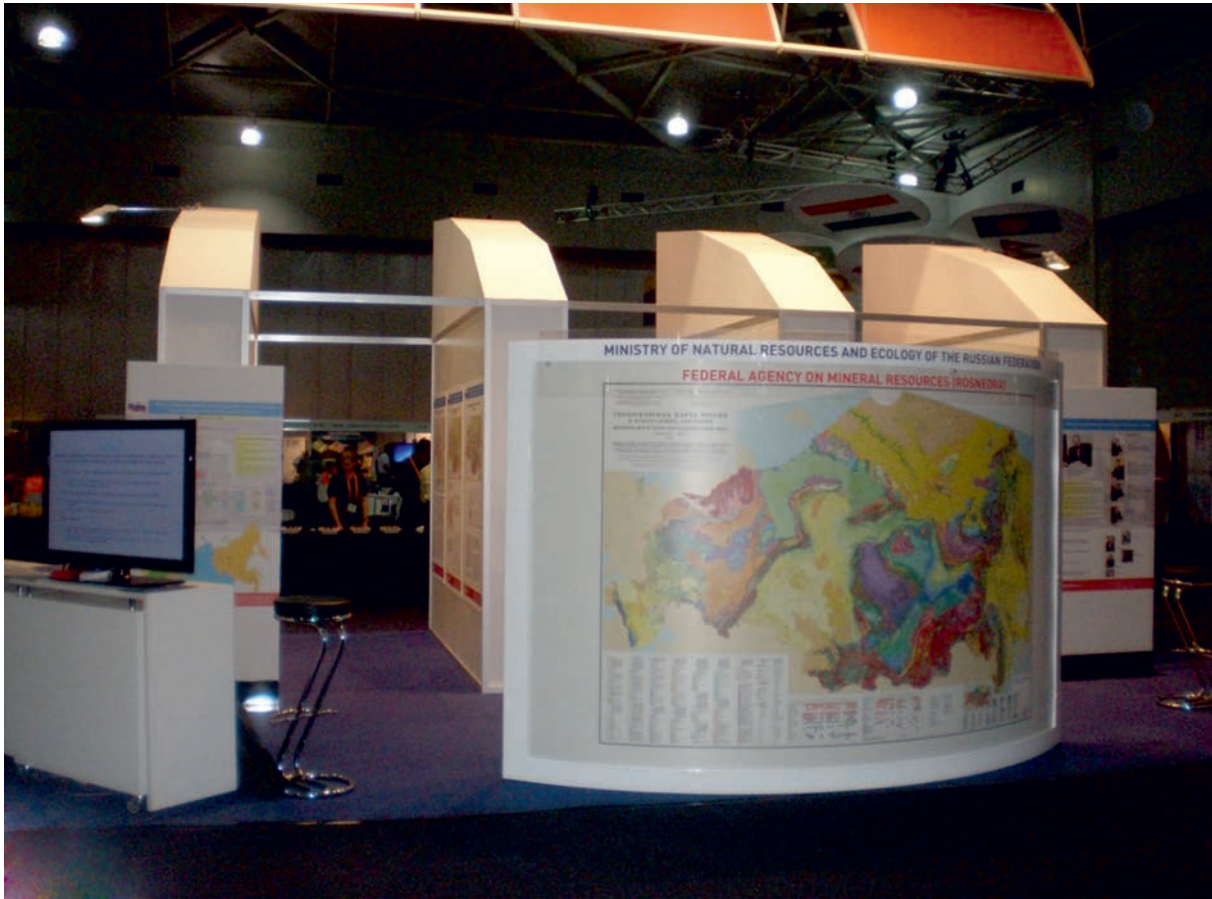


Рис. 17. Экспозиции Роснедра на выставке GeoExpo-2012

- рабочая встреча с президентом Союза европейских геологических служб Марко Комаком и генеральным секретарем Союза европейских геологических служб Лукой Демичелли;

- рабочая встреча министра природных ресурсов и экологии Российской Федерации С.Е. Донского и министра земель и ресурсов Китайской Народной Республики Сюй Шаоши (рис. 16).

Неотъемлемой частью научной программы сессии конгресса стали международные выставки GeoExpo-2012 (рис. 17), а также геологические экскурсии на территории Австралии. В работе Международной выставки GeoExpo-2012 приняли участие 136 организаций и компаний (представлены 283 экспоната).

На основании приказов и решений совещаний Федерального агентства по недропользованию (Роснедра) и Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации была организована совместная экспозиция Роснедра и Минприроды России. На ней представлены результаты деятельности Федерального агентства по недропользованию и геологических предприятий отрасли: ВИМС, ВНИГНИ, ВНИГРИ, ВНИГРИУголь, ВНИИгеосистем, ВНИИОкеангеология, ВСЕГЕИ, ВСЕГИНГЕО, ИМГРЭ, ПМГРЭ, Росгеолфонд, Севморгео, СНИИГГиМС, ЦНИГРИ, Южморгеология:

- основные направления деятельности Роснедра;
- информационные ресурсы геологической отрасли;
- отечественные разработки в области геологического изучения недр, оценка минерально-сырьевого потенциала, воспроизводство минерально-сырьевой базы и их использование в рамках федеральных программ.

В соответствии с перспективным планом Межправсовета было запланировано участие геологических служб стран СНГ в работе 34-й сессии МГК и выставки GeoExpo-2012. Страна-координатор – Российская Федерация.

Особое место в экспозиции занимали международные проекты в рамках программы совместных исследований Межправсовета.

По поручению Роснедра были подготовлены и разосланы в адрес всех участников Совета письма с просьбой определиться с бронированием выставочных площадей на GeoExpo-2012.

Выставочные площади были забронированы только российской и казахстанской стороной. Остальные участники, от которых пришли ответы на наше письмо, выразили готовность показать результаты совместных работ со странами Совета на выставочных площадях Российской Федерации: Азербайджан, Узбекистан и Кыргызстан. Представленная геологическими службами этих стран книжно-журнальная и рекламная продукция распространялась среди участников конгресса на территории российского выставочного павильона.

Большой интерес вызвали материалы по текущим международным проектам: «Атлас геологических карт Центральной Азии и сопредельных государств масштаба 1 : 2 500 000» и «Атлас геологических карт Циркумпольной Арктики масштаба 1 : 5 000 000», первая версия которого была составлена в электронном виде четыре года назад к 33-й сессии МГК в Норвегии. В него входили геологическая, тектоническая, космогеологическая и геофизические, а также минерагенические карты на твердые полезные ископаемые и углеводородное сырье с банком данных по месторождениям полезных ископаемых.

В перспективном плане Межправсовета была предусмотрена работа по актуализации геологическими службами всех стран-участниц ГИС-Атласа карт геологического содержания по территории стран СНГ в масштабе 1 : 2 500 000. Эта работа практически остановлена.

Последние четыре года российская сторона силами ВСЕГЕИ активно проводила работы по актуализации карт атласа по своей территории. Был подготовлен проект новой легенды к актуализированной геологической карте Российской Федерации масштаба 1 : 2 500 000. Сегодня это наиболее полная и отвечающая самым современным международным стандартам карта, созданная для территории Российской Федерации и ее континентального шельфа.

На выставке были показаны новейшие достижения мировой геологической науки и практики в области изучения строения континентов и Мирового океана, методов поисков и разведки минерального сырья, в разработке и производстве геологоразведочного оборудования и аппаратуры, а также в геологической картографии. Выставка способствовала обмену научно-технической информацией между специалистами, укреплению сложившихся и установлению новых научных связей.

Ежедневно проводились пленарные заседания, включавшие презентации и обсуждение важных теоретических проблем в области геологических наук:

- изучение нашего прошлого и будущего; как геологическая летопись указывает нам на необходимые направления дальнейших исследований;
- ресурсы будущего;
- информационная революция;
- Земля и планетная эволюция;
- геонаука для общества, основные разработки.

Программой было предусмотрено проведение 26 профессиональных семинаров и краткосрочных курсов. Более 30 технических (полевых) визитов, организуемых при содействии партнеров из Новой Зеландии и других тихоокеанских государств, прошли до начала конгресса с 28 июля по 5 августа 2012 г., во время его работы и после завершения с 11 по 17 августа в каждом штате Австралии, Новой Зеландии, Новой Каледонии, в Папуа – Новой Гвинее и Малайзии. Были организованы различные экскурсии по геологическим,

научным и культурным достопримечательностям г. Брисбен и его окрестностям, проведены учебные семинары экспертов, реализованы образовательные и просветительские программы. Темы семинаров: рациональная добыча; связывание углерода; опасные геологические процессы; изменение климата и подземные воды; проблемы, особо важные для развивающихся стран.

МГК стал примером широкого международного сотрудничества. В современном сложном и противоречивом мире важность его выходит далеко за рамки специальных профессиональных проблем. Укрепились взаимопонимание между людьми, взаимное доверие и единение. Большое значение имеет единодушное принятие участниками конгресса обращения к геологам мира: «За сотрудничество в изучении Земли и ресурсов недр, за мир и дружбу между народами».

Международное сотрудничество позволяет значительно расширить изучение природных ресурсов, внести существенный вклад в решение проблем предупреждения стихийных бедствий и охраны окружающей среды. Постоянный обмен идеями и информацией о последних достижениях в области геологического изучения недр между учёными разных стран помогает решению многих насущных проблем, стоящих перед человечеством. Обсуждение важнейших проблем, широкий обмен достижениями и идеями геологов разных стран, непосредственное знакомство исследователей земных недр с геологическими явлениями и объектами в различных странах мира оказывают большое влияние на развитие геологических наук. Четыре года, прошедшие со времени предыдущей сессии конгресса, были временем целеустремлённой работы российских геологов, расширения рабочих контактов в проведении крупномасштабных геологических исследований как на суше, так и в Мировом океане. Сегодня с помощью современных научных методов, совершенной техники и аппаратуры на континентах, в акваториях морей и океанов, а также из космоса идёт интенсивный сбор разнообразной геологической информации. Стираются «белые пятна» в наших знаниях о планете Земля, всё более широко используются выявленные минеральные ресурсы для развития производительных сил. Без сомнения, работа МГК будет содействовать дальнейшему развитию и прогрессу геологических наук и практики, позволит расширить международное сотрудничество учёных, укрепит научно-технические связи различных государств.

В соответствии с Уставом конгресса (1976 г.) высшим органом МГК является Генеральная ассамблея, на которую собираются все участники конгресса. Выбираются президент и генеральный секретарь, сохраняющие свои полномочия до следующей сессии. Исполнительным органом МГК служит Совет конгресса, который образуют представители всех стран, направивших своих делегатов. Совет уполномочен рассматривать все предложения по изменению устава МГК и определять место проведения его следующей сессии. С 1897 г. Совет конгресса присуждает международную геологическую премию им. Л.А. Спендиарова, учреждённую по предложению Петербургской АН для учёного, представителя страны-организатора данной сессии, за выдающиеся достижения в области геологии. Рабочий орган МГК – Руководящий комитет. В него входят президенты и генеральные секретари предыдущих сессий, а также президент и генеральный секретарь МСГН. Комитет отвечает за текущую работу конгресса во всех его подразделениях. Почти к каждой сессии МГК выпускались памятные значки. За время МГК в России и СССР были проведены три сессии: 7-я в Петербурге (1897, президент А.П. Карпинский), 17-я (1937, президент И.М. Губкин) и 27-я (1984, президент Е.А. Козловский) в Москве. Они сыграли большую роль в развитии отечественной и мировой геологии. К ним было приурочено завершение работ над геологическими картами Европы, России (1897), над первой геологической картой всей территории СССР (1937) и международной геологической и тектонической картами мира (1984). 27-я сессия МГК в Москве была самой представительной за всю историю конгрессов.

В 2016 г. в ЮАР пройдет 35-я сессия МГК, 36-я состоится в Индии. На церемонии закрытия 34-го IGC-2012 президент IGC Neil Williams вручил «Кубок президен-

та» новому президенту Richard Viljoen, тем самым дав официальный старт подготовки к проведению конгресса в ЮАР во второй раз (Претория принимала 15-й конгресс в 1929 г.). Совет по наукам о Земле, Геологическое общество Южной Африки (GSSA) и Южно-Африканский национальный комитет Международного союза геологических наук (МСГН) подал заявку на проведение конгресса в Южной Африке еще в 2008 г. Индия выиграла тендер на проведение 36-го МГК в 2020 г. после 56-летнего перерыва. Секретарь Министерства шахт Индии доктор Vishwapati Trivedi возглавлял делегацию Индии на 34-й сессии МГК в Брисбене и заверил Совет, что IGC-2020 в Индии будет беспрецедентным в истории.

The background is a deep blue color. A large, curved, metallic-looking band in a lighter shade of blue sweeps across the upper right portion of the frame. In the lower-left and central area, there is a stylized globe. The globe is composed of a grid of squares, each containing a complex, geometric pattern of nested lines and shapes, creating a textured, crystalline appearance. The text is positioned in the upper-left quadrant, overlapping the dark blue background.

ПРИОРИТЕТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ
ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ,
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
И ОХРАНЫ НЕДР

Приоритетные направления разработаны на основе сравнительного анализа отечественных и зарубежных достижений, новых данных и знаний в области геологического изучения недр, результатов выполненных и выполняемых международных проектов по материалам 34-й сессии МГК.

При анализе современного состояния фундаментальных научных направлений (тектоника, стратиграфия, литология и др.) учтены работы по широкому спектру исследований, касающихся развития Земли как геологического тела, биосферы и ее связи с геосферой, динамики биоразнообразия в истории Земли, международных геохронологических стандартов фанерозоя и обоснования границ его подразделений, новых технологий исследования, компьютерного моделирования и др. проблем.

Основное внимание было уделено направлениям, ориентированным на геологосъёмочные и геофизические исследования на трансграничных территориях, использование данных дистанционного зондирования, изотопных и химико-аналитических методов, геоэкологии и мониторинга опасных геологических процессов и явлений.

В основу исследований положены гармонизация международных и национальных классификаций и стандартов отчетности по запасам и минеральным ресурсам; моделирование, оценка и визуализация ресурсов по регионам и странам; развитие проектов освоения минерально-сырьевой базы твердых полезных ископаемых.

При анализе развития минерагенических исследований принимались во внимание следующие направления: месторождения редкоземельных металлов; новые типы месторождений редких металлов; структурный и тектонический контроль порфировых и эпitherмальных месторождений; определение возраста рудных месторождений; железооксидно-золото-медные (ЮСЕ) месторождения золота в осадочных и/или зеленокаменноизмененных (вулканогенных и вулканогенно-терригенных) породах; глобальные циклы серы и их влияние на металлогению; региональная металлогения и ее аспекты; гигантские и супергигантские месторождения; внутриплитный магматизм, включая базальты океанических островов, кимберлиты и лампроиты; включения в минералах; металлогенические системы архея и протерозоя.

ЛИТОЛОГИЯ

Представлено 128 докладов, достаточно неоднозначных по существу, так как нередко термин «литология» используется применительно не только к осадочным, но и к кристаллическим эндогенным магматическим и метаморфическим образованиям (это имеет место преимущественно у иностранных авторов).

Доклады подчеркивают несомненное развитие литологической науки, выражающейся как в появлении всё большего количества работ, рассматривающих общие проблемы литологии – строение, состав и происхождение осадочных формаций, так и в увеличении числа обобщающих работ – результатов исследований по крупным регионам.

Однако на заседаниях преобладали доклады по частным вопросам литологии, многие из них сделаны молодыми учёными. Следует отметить повышение уровня исследований,

использующих новые общегеологические и инструментальные методы изучения осадков и пород. Во многих докладах отмечалось, что решение тех или иных вопросов литологии осуществляется комплексно, с привлечением смежных разделов геологии.

По разделу «Литология» поиском обнаружен только один доклад российских геологов. Не исключено, что подобного рода доклады содержатся в составе других специализированных секций, отвечающих поисковым признакам, «Стратиграфия», «Горючие полезные ископаемые» и пр.

В дальнейшем более рационально рассматривать раздел «Литология» не отдельно, а в комплексе с разделами «Стратиграфия» и «Полезные ископаемые».

Наиболее показателен один из докладов (Zhu) «Космические исследования – новый тренд в геонауках и горнорудной индустрии». Как и в других докладах, показан опыт геологического и тематического (в данном случае литологического в широком смысле) картирования. Другим примером собственно литолого-стратиграфических исследований является доклад бразильских геологов (Barbosa, Seoane) о досолевых карбонатных отложениях и приводятся использованные в комплексе для их характеристики данные биостратиграфические (фораминиферы) и изотопного датирования, предназначенные для выявления климатических изменений, изменений уровня моря и уточнения положения и времени образования нефтегазоносного досолевого резервуара окраинноконтинентальных бассейнов Кампос и Сантос.

Восполняющим пробел в изучении кор выветривания (материалов немного, особенно в отечественных публикациях) является доклад кипрских геологов (Zissimos, Movisscau et al.), посвященный изучению содержания в корах общего и органического углерода, в том числе и в корах выветривания массива Тродос. В ряде докладов, в том числе в докладе группы китайских геологов (Yin, Sun, Ren), приведены комплексные литологические данные и результаты радиологического датирования пород юго-западного блока Янцзы с целью реконструкции палеодинамических обстановок в протерозое. В данном случае это также не единичный пример тезисов докладов, отнесенных к разделу «Литология», а по существу относящихся к разделу «Литогеодинамика», но этот термин еще не распространен среди зарубежных исследователей. Комплекс палеомагнитных и палеогеографических методов был использован для расчленения позднеэоценовых эоловых красных глин и лёсса в Северном Китае (Yue, Sun и др.).

Результаты изучения структур с газогидратами и литологией морского дна содержатся в докладе группы новозеландских геологов (Hillman, Gorman, Pecher), проводивших исследования на поднятии Чатем при комплексном использовании геофизических методов, подводной фотографии и отборе образцов. Выявлены «карманы», заполненные газогидратами и не изменившиеся в гляциальные и интергляциальные периоды.

Литологическое картирование и проявления минерализации с использованием широкого спектра геофизических и геохимических методов рассматриваются в докладе канадских геологов (Grunsky, Corrigan) на примере озерных осадков Северной Канады. Интерес представляет широкий диапазон используемых методов и методик, включая аэромагнитные и радиометрические данные. Комплексный подход позволяет выявлять ранее неизвестные литологические разновидности пород.

Палеоэкологические и литологические реконструкции условий существования (в режиме 3D) археоциатовых сообществ приведены в докладе Аделины Кернер (Kerner). Источники сноса, формирующие триасовые отложения бассейна Ордос, рассматриваются в докладе китайских геологов (Wang, Li, Liao), использовавших примесные и редкоземельные элементы, позволяющие сравнивать осадки с архейскими и протерозой-палеозойскими источниками. Породы, с различных сторон обрамляющие впадину Ордос, главным образом кислого состава, верхнекоровые с подчиненной ролью изверженных пород среднего-основного состава.

Геологическая служба Австралии и Австралийская комиссия по стратиграфии (Raymond, Drown) представляют австралийскую базу данных стратиграфических подразделений с веб-адресом этой базы (<http://www.ga.gov.au/products-services/data-applications/reference-databases/stratigraphic-units.html>).

Прикладной интерес представляет доклад китайских геологов (Ню, Luo et al.) о вулканических корах выветривания и их нефтеносности — новой разновидности нефтеносных резервуаров. Рассматривается полный разрез коры выветривания на вулканитах и показано, что наиболее благоприятны в качестве резервуаров наиболее полновыветрелые породы, согласующиеся с зонами разломов.

В докладе индийских геологов (Kale, Patil Pillai) приводятся данные о мультимасштабных циклах протерозойской седиментации бассейна Калгари на севере кратона Дарвар. Многопериодичная цикличность осадконакопления связана не только с изменениями (эв-статическими) уровня моря, но и с внешними причинами, размещающимися вне зоны осадконакопления.

Чешские геологи (Koptikova, Fryda et al.) сообщают о результатах сравнительного изучения среднедевонского события Чотек (Chotec), проведенного в различных регионах (Чехия, Невада США, Узбекистан) с использованием комплекса магнитометрических и гамма-спектрометрических методов. Событие Чотек в этих регионах характеризуется возрастанием доли мелководноморского материала, признаками турбидитной седиментации и увеличением содержания U и Th.

В докладе Стефана Ричарда (Richard, ГС Аризоны США) рассматриваются принципы обоснования выделения на геологических картах системы литогенетических категорий; на верхнем уровне — интрузивные, изверженные, вулканические, осадочные породы, осадки и смешанный материал. Выделяются пачки 43 категорий верхнего уровня. Цель их использования — достижение визуальной гармонизации геологических карт.

Литологическая парастратотипия сланцев и флишоидов, указывающая на их газоносность, приводится в докладе китайских геологов (Jing, Zhang et al.) на примере сланцев пояса Янцзы, формаций Вуфенг верхнего ордовика и Ленгмакси нижнего силура, содержащих пирит и граптолитовую фауну — черные углеродистые известковистые и кремнистые сланцы мощностью от 40 до 220 м и пористостью от 0,77 до 4,7%. Содержание глины, степень трещиноватости, присутствие керогена — факторы газоносности сланцев.

Геологи университета г. Гамбург (Moosdorf, Hartmann, Lauerwald) представили доклад «Типы горных пород Азии в глобальной базе литологических карт (GLIM)». Азия в базе данных GLIM — 18 000 полигонов на 18 геологических картах масштаба 1 : 1 000 000. Карта представлена 16 литологическими классами и 27 субклассами. Согласно GLIM, 74% территории Азии покрыто осадочными пачками, половина из них содержит закартированные карбонатные отложения; плутонические и вулканические породы составляют около 8–9%. База данных GLIM может быть использована для анализа и количественной оценки состава и строения земной поверхности и литосферы с высокой детальностью.

В докладе китайских геологов Lu, Chang рассматриваются закономерности седиментации в позднем палеозое — раннем мезозое в период амальгамации бассейнов, формировавшихся по границе Северного и Южно-Китайского блоков в Центрально-Китайском орогеническом поясе. В процессе геологического картирования исследовались седиментогенез и геохимия верхнепалеозойских кластических осадков гор Цинлинь и Цилян. В истории развития палеозойского бассейна выделяются среднедевонская группа, формировавшаяся в остаточном океаническом и островодужном бассейнах; верхнедевонская группа остаточного бассейна с обломочным материалом каледонских моласс.

В докладе Zhang, Liu et al. представлена программа бурения на континентальном шельфе Китая на 2011–2015 гг. CSDP. Она осуществляется ГС Китая с целью изучения состава позднекайнозойских отложений зоны континентального шельфа Желтого, Восточно- и Южно-Китайского морей для выявления стандартной стратиграфической последовательности и последовательности геологических событий на континентальных окраинах.

В соответствии с новыми геофизическими данными в докладе группы американских и канадских геологов (Mosher, Shimeld et al.) пересмотрены тектоника и седиментогенез Американо-Канадского бассейна с позиций взгляда на Арктический океан как на расширяющийся континентальный шельф, включая хр. Ломоносова. Скоростные параметры коры этого хребта позволяют авторам рассматривать его как континентальный фрагмент, изменен-

ный рифтингом Канадского бассейна, сформированного, возможно, в середине позднего мела. Сейсмические данные свидетельствуют о чередовании в нем сегментированной коры с характеристиками континентальной, переходной и океанической коры. Южная часть Канадского бассейна отличается от северной его части, в пределах которой поднято основание, а присутствие грабенов и полуграбенов служит свидетельством его формирования в процессе растяжения. Хребет Альфа – большая изверженная провинция – сформирован в процессе рифтинга Канадского бассейна. Скоростные характеристики коры отражают континентальный тип нижней коры. Канадский бассейн заполнялся осадками с севера на юг.

Особенность тематики заседаний по литологии: в ряде докладов освещены не только вопросы литогенеза в пределах континентальных блоков, но и поднята новая проблема сравнительной характеристики осадочных процессов, протекающих на континентах и в океанах. Довольно убедительно проиллюстрированы важные отличительные черты процессов осадочного минералообразования в континентальных блоках и океанах. Для континентов характерны преобладание кластогенных силикатных пород и разнообразие их состава. Для осадочного чехла океанов типичны подчинённая роль силикатных пород по отношению к биогенным осадкам, а также преобладание в составе силикатных пород аутигенных минералов и однообразие состава глубоководных пелагических глин.

Большое внимание было уделено катагенезу в различных обстановках и разных типах отложений континентальных блоков, что исключительно важно для разработки проблем нефтяной геологии: уровней и фаз нефтеобразования, характеристики коллекторов и покрышек и др. Не менее значимы вопросы, относящиеся к процессам перераспределения некоторых рудных компонентов при формировании стратиформных месторождений.

Серьезное внимание уделено также минералогии карбонатов рифтовых построек – возможных коллекторов нефти.

Индийские геологи (Lakshiminaravana, Manikyamba) рассматривают в докладе множественность эпизодов развития осадочных бассейнов в системах рифта Годавари и их значение в становлении Гондваналенда. В системе Годавари, мощность осадков которых 12 км, зафиксирована определенная последовательность формирования бассейнов со среднего протерозоя до квартера. Типы бассейнов: среднепротерозойские, филлит-карбонат-песчаниковые; позднепротерозойские, конгломерат-кварцит-карбонатные; палеомезозойский рифт с углеродсодержащей аллювиальной ассоциацией.

Некоторые тенденции зарубежных исследований в области литологии:

- использование дистанционных методов для выявления и картирования различных литологических разновидностей пород;
- термин «литология» нередко используется применительно к кристаллическим магматическим и метаморфическим породам;
- создание региональных и локальных баз литологических данных применительно к решению задач унификации номенклатуры пород и литологического (геологического) картирования;
- заметное количество докладов зарубежных исследователей посвящено корам выветривания – их минерагенической, палеоэкологической, литологической характеристике.

ПЕТРОЛОГИЯ

В материалах сессии МГК представлено 137 докладов, в той или иной степени касающихся вопросов петрологии. Практически полностью отсутствуют работы по экспериментальной петрологии и, наоборот, преобладают работы, посвященные комплексному

использованию петрологических данных совокупно с данными по геохимии, геохимии и геологии изотопов, по минералогии и геологии рудных месторождений. Отсутствуют также тезисы докладов по теоретической петрологии, ориентированной на определение (параметрирование) термодинамических (P–T–X) условий становления и преобразования глубинных кристаллических – магматических и метаморфических пород. Преимущественно используются петрология и петрологические данные в комплексе с другими данными для решения исключительно прикладных геологических и металлогенических вопросов, включая и доклады (тезисы) по петрологии углей.

Комплекс петрологических, геохимических и изотопных данных используется для различных подходов к решению общегеологических, в том числе и геодинамических задач:

- изучение щелочного (в ассоциации с основными и кислыми породами) магматизма Камеруна (Njanfang, Cozzupoli et al.);
- рассмотрение наиболее удовлетворительного механизма континентального расширения (extension) Центральной Азии (Charles, Guncbaux et al.);
- петрологическое изучение монацита и алланита в метаморфических породах Центральных Альп (Janats, Berger et al.).

Вопросы петрологии применительно к оценке ресурсов коксующихся углей освещены в докладе об углях бассейна Дамодар (Индия) (Michra, Singh).

В докладе Дэвида Келси (Kelsey) оцениваются итоги изучения различными методами метаморфизма ультравысоких давлений (УНР) и отмечается, что этот тип метаморфизма вовсе не уникальное явление, он достаточно широко распространен, в том числе и в связи с гранулитовыми комплексами.

Вполне определенный интерес в связи с проблемами гидрогенного рудообразования представляют тезисы южноамериканских геологов (Fernandes, Santos) об окремнении (силификации) эоловых верхнемеловых песчаников на границе несогласия между верхним мелом и палеогеном. Силификацию песчаников авторы связывают с процессами верхнемелового щелочного магматизма, проявленного по окраинам осадочного бассейна.

В докладе специалистов по геологии раннего докембрия, имеющих мировую известность (Byerley, Lowe), приведены новые данные по геологии и геохимии слоев импактных сферул в зеленокаменных прогибах Барбертон (Южная Африка) и Пилбара (Западная Австралия) и указывается на высокое содержание хрома в этих сферулах.

В докладе известных китайских геологов Liu, Zhao et al. сопоставляются близко-одновозрастные большие изверженные провинции (LIP) Сибири (траппы Сибирской платформы) и Китая (Эмешань), с которыми ассоциировано разнотипное оруденение Ni-Cu-PGE (Норильск) и Fe-Ti окисное (Тянь-Чжахуа) в Юго-Западном Китае. Рассматриваются возможные причины различий рудоносности этих LIP, в том числе различия в составе глубинной мантии этих районов и условий кристаллизации этих расплавов.

Представляет практический интерес использование комплекса петрологических и изотопно-геохимических данных применительно к разновозрастному Cu-Fe-Au-W оруденению провинций Хубэй Китая. Авторы (Xie, Mao et al.), сочетая петрологические и изотопно-геохимические данные (Sm-Nd, Hf), предполагают связь разнотипного оруденения с неоднородностями мантийного источника в сочетании с различной степенью контаминации расплавов веществом земной коры.

Проблема формирования метаморфических комплексов ультравысокого давления (УНР) рассмотрена (Little, Hacker et al.) на примере новейшего метаморфического комплекса бассейна Вудларк (Папуа – Новая Гвинея). Модель может быть использована при анализе происхождения подобных комплексов в Западных Альпах и других регионах.

Достаточно много докладов, в которых используется комплекс петрологических и изотопно-геохимических данных для обоснования геодинамических моделей становления определенных тектонических структур. В качестве одного из примеров можно привести доклад китайских геологов (Yang, Chao) о модели становления восточной части бассейна Ордос как результата глубинного взаимодействия астеносферных блоков.

Интересен в металлогеническом (прогнозно-металлогеническом) отношении доклад (Xhu, Wang) о связи оловоносности гранитов района Нанминь Китая с различными

типами гранитов: а) с калиевым полевым шпатом и б) с альбитом. Различия в составе их металлоносности авторы связывают с несмесимостью гранитных расплавов двух фаз магмы: обедненных (а) и обогащенных (б) водой вместе с W, Sn, Sr, Mo, Bi, Li, F, которые рассматриваются в качестве магнезио-термального переходного флюида.

В докладе Dong, Zhang et al. показано, что сочетание петрологических и изотопно-геохимических данных позволило расчленить ранее считавшийся докембрийским террейн Лхаса на несколько разновозрастных метаморфических комплексов: меловой (89–81 млн лет) гранулитовой фации; эоценовый (55–49 млн лет) и олигоценый (36–32 млн лет) амфиболитовой фации. Субстратом этих комплексов являются кембрийские, юрские, палеоценовые, а также палеозойские и мезозойские осадочные породы.

Применительно к проблеме генезиса кальцитовых карбонатитов интересен доклад (Floess, Baumgartner et al.) о происхождении карбонатитов в процессе плавления в контактовом ореоле массива Адамелло (Северная Италия). Кальцит в доломите подвергается частичному плавлению и обогащению примесными элементами, затем кальцитовый расплав мигрирует через поры доломита и аккумулируется в порах и каналах, оставляя деплетированный доломит-рестит. Кальцитовый расплав кристаллизуется в породе, обогащенную примесными элементами. Образование расплава, обогащенного флюидами, соответствует 600–625 °С.

Крайне интересны сведения (Manya, Brown et al.) о верхнеплейстоцен-голоценовом кимберлитовом вулкане Игвизи (Igwisi Hills) – трех кратерированных лавах и пирокластитах, выявленных в западном окончании Танзанийского кратона, представляющих собой наиболее молодые из известных на Земле кимберлитов. В составе кимберлита, кроме оливина, присутствуют титаномагнетит, перовскит, шпинель, апатит, монтичеллит, калиевый флогопит и гидрогранат.

В докладе В. Пучкова (ИГ Уфимского НЦ РАН) приводятся результаты ключевых изотопных датировок магматических пород Южного и Среднего Урала в пользу предположения об амальгамации малых кратонов в кратон Балтика 1750 млн лет назад. События, датированные между 707 и 732 млн лет, – свидетельства плюмовых и рифтовых процессов, сопровождавших раскол Родинии.

В докладе уругвайских и австралийских геологов (Laira et al.) содержатся сведения о проявлении неопротерозойского гранитоидного магматизма, образующего часть протяженной цепи плутонических пород, которые обнажены почти на 1300 км на южноамериканском атлантическом побережье. Магматизм высококалиевый, шошонитовый и известково-щелочной. Предполагается постколлизийный, внутриплитный характер проявления магматизма. Впервые выявлены высокобариевые и высокостронциевые гранитоиды к западу от разлома Сьерра-Баллена.

В докладе китайских и австралийских геологов (Shen, Liu, Resenbaum) анализируется возможная связь расширения Северо-Китайского кратона с проявлением юрского магматизма – ареального гранитного магматизма на п-ове Ляодунь. Сходство этого магматизма с меловым магматизмом, синхронным растяжению, с учетом петрохимических и изотопно-геохимических данных подтверждает эту связь.

Связь неопротерозойских мафических дайковых поясов в Таримском блоке с распадом суперконтинента Родиния рассматривается в докладе китайских геологов (Zha, Zhang et al.). Становление даек связывается с «пульсами» тектонической активности, датированными возрастными 830–800, 790–740 и 650–630 млн лет.

В позднемеловом вулканизме Северного Тибета в докладе китайских геологов (Li, He, Wang, Wang) высококалиевые андезиты, трахиандезиты рассматриваются как островодужные образования скорее, чем адакиты.

В докладе австралийского геолога В.Р. Талусани (Talusani) дан анализ эволюции магматизма гранит-зеленокаменного пояса Махакошан (Центральная Индия) протяженностью 500 км с базальтовой, диорит-гранодиоритовой и риолитовой фазами магматизма, датированными возрастом 150 млн лет.

В докладе М. Гельмана (СВКНИИ, Магадан) представлены материалы о позднемезозойских батолитах Северо-Восточной Азии – Охотско-Чукотского вулкано-плутонического

пояса – фрагмента Циркум-Тихоокеанского гранитного пояса. Батолиты сформированы в процессе последовательного внедрения интрузий основного, среднего и кислого состава, сопровождаемом вулканизмом и метаморфизмом. Аналогом батолитов пояса считается батолит Сьерра-Невада. Колымский батолитовый пояс Иньяли-Дебинского синклиналия – результат медленного подъема значительных масс кислой магмы. Аналогом Колымского батолита считаются некоторые батолиты неорархея Зап. Австралии и миоценовые граниты Симанто Японии. Чукотский батолитовый пояс является системой гранитно-метаморфических куполов с мигматитами амфиболитовой фации в ядрах куполов и аналогом купольных структур Кордильер.

В докладе иранских и итальянских геологов (Allahgory, Jaccani, Vescaliwa) офиолитовый комплекс Керманшах (пояс Загрос, Иран) рассматривается как ключевой для понимания геодинамической эволюции Восточного Тетиса. В составе офиолитов Керманшаха выделяются лерцолиты субконтинентальной мантии, варьирующие по составу от щелочных базальтов к E-MORB – триасовый вулканизм; полосчатые габбро, близкие по составу к N-MORB; деплетированные гарцбургиты – рстит после мультистадийного отделения расплавов MORB. Эти данные позволяют считать, что восток Тетиса характеризовался режимом рифтовой окраины, промежуточной между рифтовой окраиной восточноренландского типа (плюмовый рифтинг) и невулканической рифтовой окраиной иберийского типа (пульсирующий рифтинг).

Доклады показали растущую роль крупных обобщений, включающих анализ разнообразных геологических явлений Земли, в том числе анализ глобальных проблем эволюции магматизма, рудоносности изверженных горных пород, физико-химических условий проявления магматизма, метаморфизма и метасоматоза. Комплексный подход в исследованиях определил и их методику, как правило, включающую взаимодополняющие геолого-петрографические, геохимические, физико-химические и экспериментальные разработки.

При расшифровке закономерностей развития магматизма широкое применение получили идеи новой глобальной тектоники. Стало очевидным, что, определяя достаточно четко место океанического магматизма, эта гипотеза практически игнорирует внутриконтинентальные процессы, в том числе и разнообразный внутриконтинентальный магматизм, история развития которого насчитывает более 2 млрд лет. По-видимому, потребуются создание более общей геодинамической концепции, которая позволит увязать внутриконтинентальные процессы с движением литосферных плит.

В глобальном масштабе обсуждена проблема изменения характера магматизма и метаморфизма во времени и показана необратимая эволюция этих процессов в истории Земли. Проблема эволюции магматизма и метаморфизма Земли – одна из центральных в современной петрологии, это выявление общих трендов эволюции эндогенных процессов, их причин и металлогенических следствий. Наиболее заметный прогресс в решении проблемы связан с применением высокоточных методов анализа горных пород и минералов, их возраста, изотопного состава и с разработкой методов оценки глобальной эволюции литосферы.

Исследования потенциальной рудоносности магматических пород развиваются в первую очередь в сторону конкретизации поисковых критериев, детальности и большей надежности прогноза, но в центре внимания остаются вопросы связи оруденения с магматизмом и метаморфизмом рудоносных магм и флюидов. Разрабатываются и становятся более многообразными подходы к оценке потенциальной рудоносности и рудогенерирующих свойств магматических пород. Вместе с тем, для этих целей продолжает давать интересные результаты формационный анализ с использованием комплекса геолого-петрографических и минералого-геохимических методов.

Глубинное строение Земли, петрология мантии и земной коры, вертикальная и латеральная неоднородность мантии приобретают все более важное значение для понимания природных геологических явлений, включая магматизм, метаморфизм и метасоматизм. Изученные природные объекты (коматииты, современные базальты, мантийные ксенолиты, офиолитовые комплексы и др.) позволяют строить количественные модели, выявляющие гетерогенность состава мантийного вещества. Это, несомненно, будет способство-

вать разработке и детализации петрологической модели эволюции коры и мантии Земли с учетом данных по другим планетам.

Следует обратить внимание на изменившуюся схему парадигм петрологических исследований. В прошлом веке петрология рассматривалась в комплексе с экспериментальной петрологией как основа восстановления термодинамических (P–T–X) условий образования и преобразования кристаллических магматических и метаморфических пород. Сегодня, как показывают доклады конгресса, активно развивается другая парадигма – комплексный анализ петрологических и изотопно-геохимических данных с целью оценить характер и масштабы мантийно-корового взаимодействия применительно не только к задачам генезиса и времени становления петрологических объектов, но и к задачам генезиса и условий размещения ассоциированного с этими объектами разнообразного оруденения и уточнения геодинамических условий становления определенных структурных комплексов. Это направление активно развивается и в нашей стране, но отчего-то результаты подобного рода отечественных геологов практически не представлены в разделе «Петрология».

ТЕКТОНИКА

Тематика докладов по тектонике отличалась большим разнообразием, представлены практически все основные тенденции современных геотектонических и геодинамических исследований. География регионов, отраженных в докладах, охватывает весь земной шар, а национальный состав докладчиков – многие страны и все континенты.

По-прежнему, как и на 32- и 33-й сессиях МГК, подавляющее большинство докладов основано на концепции тектоники плит или других вариантах неомобилистской концепции. Её сторонники, помимо чисто геологических, широко используют многочисленные петрологические, геохимические, палеомагнитные, палеогеодинамические и палеобиологические данные. Современные геодинамические обстановки используются для восстановления геологического прошлого. Возникает ряд проблем с тектонической терминологией, во многих докладах авторы пытаются одновременно использовать понятия геосинклинальной и плейттектонической концепций.

Необходимо, однако, заметить, что если идеи неомобилизма в целом хорошо объясняют многие черты строения нашей планеты в настоящее время и историю ее развития в недавнем геологическом прошлом, то при расшифровке структуры и истории развития детально исследованных регионов, особенно структур раннего докембрия, возникают определённые трудности применения неомобилистских моделей. По-видимому, некоторые узловые положения этой концепции (например, движение плит только по астеносферному слою или модели строения конвективных ячеек, охватывающих всю мантию) достаточно спорны.

В некоторых докладах, посвященных *кортам континентального типа*, подчеркивалось, что они формировались в результате сгущивания и преобразования океанической коры. Сложность этого процесса состоит в том, что при формировании гранитно-метаморфического слоя этапы консолидации коры чередуются с этапами деструкции. В этой связи представляют интерес работы, характеризующие тектоническое расслоение земной коры и литосферы.

Tim Stern, Greg Houseman, Michelle Salmon, Lynn Evans (Новая Зеландия и Австралия) в докладе «Мигрирующие поднятия – проседание, вулканизм и глубинная сейсмичность в континентальных глубинах из-за нестабильности конвективных границ» рассмотре-

ли процессы, влияющие на формирование континентальной коры в переходных зонах, в основном её растяжение и утонение. На примере западной части Северного острова Новой Зеландии авторы показали, что мигрирующий край континентальной коры является нестабильным из-за формирования литосферной волны, ее поднятий и проседаний. Нестабильностью краевых зон авторы объясняют формирование поднятий и проседаний континентальной коры в районе Сьерра-Невада (США), Трансантарктических гор и рифта Рио-Гранде. Учитывая низкую вязкость мантии, наиболее вероятными участками нестабильных окраинных зон являются древние задуговые области, где мантийный материал имеет контрастную температурную дифференциацию, а следовательно и различную вязкость.

Китайские геологи Yaoling Niu, Zhidan Zhao и др. в докладе «Результаты роста континентальной коры при континентальной коллизии: плавление океанической коры и сохранение расплава» показали связь между магматизмом зон субдукции и образованием континентальной коры как основу стандартной «островодужной» модели ее роста. Ими установлено, что по сравнению с породами, образовавшимися из магм мантийного происхождения в различных тектонических условиях, породы островных дуг, связанные с субдукцией морского дна, имеют много общих черт с континентальной корой. И те, и другие обеднены «нерастворимыми во флюидах» элементами (например, Nb, Ta, Ti), но обогащены «растворимыми во флюидах» элементами (U, K, Pb). Это сходство указывает на возможную связь между магматизмом зон субдукции и образованием континентальной коры, ведущую к стандартной «островодужной» модели роста континентальной коры. Однако «островодужная» модель не объясняет различий в составе пород, образующих коры островных дуг (базальтовый) и материковой коры (андезитовый). К тому же кора дуг имеет переменный избыток Sr, в то время как континентальная кора испытывает недостаток Sr. Полученные новые данные по кислым магматическим породам, образовавшимся во время Индо-Азиатской континентальной коллизии, позволили предположить, что петрология и геохимия этих синколлизийных кислых пород скорее всего обусловлена происхождением в результате частичного плавления верхней океанической коры (с унаследованными мантийными изотопами) в условиях амфиболитовой фации. Это подтверждает гипотезу, что континентальная коллизия создает и сохраняет ювенильную кору и способствует росту континентов.

Metcalfе (Австралия) в докладе «Дуги, офиолиты, бассейны и континентальные фрагменты: набор типов континентальной коры Юго-Восточной Азии» представил эволюцию континентальной коры Юго-Восточной Азии, включающей гетерогенный коллаж блоков, образовавшихся из индо-западноавстралийской окраины Гондваны и связанных с субдукцией вулканических дуг, амальгамированных при закрытии многочисленных бассейнов Тетиса и задуговых океанических бассейнов. В настоящее время континентальный блок представлен офиолитовыми шовными зонами и аккреционными комплексами. Континентальное ядро Сандаленд включает западный блок Сибумасу и восточный Индокитайско-Восточномалайский блок с островодужным террейном Сукхотай, зажатым между ними. Эта островная дуга сформировалась на окраине Индокитая – Восточной Малайзии, а затем была отделена задуговым спредингом в перми. Представлены палеогеографические реконструкции, иллюстрирующие долговременную субдукцию и аккрецию террейнов Юго-Восточной Азии.

Американскими геологами Shijie Zhong, Nan Zhang и Becky Flowers на основе сейсмических томографических исследований создана динамическая модель мантии Земли с раннего палеозоя. Докладчики полагают, что мантия характеризуется наличием крупных структур – Африканским и Тихоокеанским суперплюмами, окруженными субдуцирующей литосферой. Строение мантии тесно связано с историей движения плит за последние 120 млн лет. В докладе представлены трехмерные сферические модели мантийной конвекции с историей движения плит, начиная с раннего палеозоя (450 млн лет назад), включая сборку и распад суперконтинента Пангея. Реконструирована эволюция поверхности и теплового потока на границе ядро – мантия, начиная с палеозоя. Созданные модели воспроизводят данные наблюдений за поверхностным тепловым потоком, воз-

растом морского дна, батиметрией и динамической топографией. На основе сделанных построений установлено, что поверхностный тепловой поток в результате распада Пангеи за 200–120 млн лет вырос на ~ 16%, а затем за последние 120 млн лет снизился до уровня, соответствующего уровню 200 млн лет назад. Вследствие аккреции и распада Пангеи экваториальный тепловой поток на границе ядро – мантия достигал минимума дважды, ~ 270 и ~ 100 млн лет назад. Модель демонстрирует эволюцию вертикального движения кратонов Слейв и Каапвааль, согласующуюся с моделями, созданными в ходе предыдущих термохронологических исследований.

Американскими и китайскими геологами (Wang-Ping Chen, Tai-Lin Tseng, Zhaohui Yang, Chi-yung Wang, Chun-Quan Yuan, Tiffany Leonard) на основе проведенного глубинного вертикального сейсмического зондирования дана характеристика границы Мохо в Южном Тибете, не всегда отчетливой, расположенной на глубине 75 км. Определено влияние температуры и литологического состава пород на сейсмичность. Установлено, что сейсмичность ограничена начальными температурами 350 ± 50 °С в коре и 700 ± 100 °С в мантии (сейсмическая термометрия). Если вся кора имеет температуру ниже ~ 350, а мантия ниже ~ 700 °С, землетрясения могут возникать в широком диапазоне глубин, включая всю кору и верхнюю мантию.

Английскими и австралийскими специалистами Yaoling Niv и David H. Green показана природа границы литосфера – астеносфера под океаническими бассейнами. По мнению докладчиков, океаническая литосфера начинает формироваться на океанических хребтах и со временем наращивается, достигая своей полной мощности 90 км в течение 70 млн лет и поддерживая её независимо от своего дальнейшего старения под большей частью дна Мирового океана. Отношение между мощностью (L) и возрастом (t) литосферы и данными о тепловом потоке на морском дне согласуются с теплопотерей – главным контролирующим фактором. Установленные соотношения между приведенными показателями объясняют многообразие существующих моделей, среди которых конвекция на границе литосфера – астеносфера наиболее популярна, так как такая конвекция не способствует утолщению литосферы. Авторы считают, что эта загадка может быть на самом деле петрологической проблемой. Петрологи рассматривают границу литосфера – астеносфера как солидус, в то время как геофизические модели трактуют эту границу как изотерму (~ 1100 °С). Таким образом, граница между литосферой и астеносферой, по мнению докладчиков, – это солидус дегидратации паргасита и мантийного перидотита, содержащего летучие вещества.

Примеры использования данных геохимических и изотопных исследований для анализа тектонических режимов развития континентальных окраин и процессов выплавления рудоносных магм приведены в докладах китайских геологов.

Z. X. Hou, Q. Pan, Z. Li, Y. Yang Song (Китай) считают, что гигантское золото-медно-порфировое месторождение Дексин в Восточном Китае сформировалось во внутриконтинентальной обстановке на южной окраине кратона Янцзы. U-Pb датирование по цирконам и Re-Os по молибденитам показало, что оруденение сформировалось 171 млн лет назад. Хотя месторождение имеет большое сходство с медно-порфировыми объектами магматических дуг, рудовмещающие порфиры отличаются особым происхождением. Эти породы содержат микрогранулярные мафические включения (ММВ) и ассоциируют с региональными внутриплитными бимодальными сериями – базальтами и гранитами А-типа, сформированными в интервале 185–170 млн лет в Восточном Китае. Это высококалийевые, известково-щелочные породы с геохимическими характеристиками, присущими адакитам. Но они имеют относительно высокие содержания MgO, Cr, Ni, Th и Th/Ce соотношение. Отношения изотопов стронция ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) и $\text{Nd}_{(t)}$ в этих породах близки к таковым в ММВ, а $\delta^{18}\text{O}$ и $\epsilon\text{Hf}_{(t)}$ в них близки к таковым в деплетированной мантии. Авторы предполагают, что кислые магмы месторождения Дексин возникли во внутриконтинентальной позиции при плавлении утолщенной ювенильной мафической нижней коры в средней юре. Мафические расплавы давали свободную воду для плавления нижней коры и поставляли серу и металлы в водные, насыщенные кислородом неистощенные магмы в меняющемся режиме растяжение–сжатие.

В докладе J-F. Xu, J-L. Chen, G-Q. Wang, B-D. Wang (Китай) геохимические различия между субдукционным и коллизионным типами рудоносных порфировых пород, вмещающих Cu—Mo—Au месторождения, объясняются разными источниками магм и различными динамическими механизмами формирования. В сравнении с коллизионным типом порфировых пород в субдукционном типе содержания редкоземельных элементов и иттрия заметно выше, а отношения Sr/Y, La/Yb и Dy/Yb ниже, вероятно, из-за наличия амфиболов и меньшего количества или отсутствия граната в их источниках. Породы субдукционного типа имеют геохимические характеристики, аналогичные нормальным островодужным вулканическим породам, образовавшимся из преобразованных пород мантийного клина, в то время как породы коллизионного типа сходны с адакитами, происходящими из корового источника глубокого заложения. На крупнейшем в Китае Cu-Mo-Au порфировом месторождении Пулан рудоносные порфировые породы отнесены к субдукционному типу. Они, вероятно, являются продуктами частичного плавления преобразованных пород мантийного клина, инициированного субдукцией движущегося к западу обособленного блока океанической коры Ganzhi-Litang.

По вопросу переходных зон между материками и океанами заслушано 26 докладов ученых из 10 стран. Доклады посвящены главным образом пассивным окраинам и краевым морям, а также реконструкции древних переходных зон. Большой новый фактический материал получен при подводных и надводных исследованиях современных переходных зон, а также при геологическом изучении их древних аналогов.

Magdalena Scheck-Wenderoth, Hans Jürgen Götze, Sabine Schmidt и Christian Reichert (Германия) с целью выяснения строения и механизма проседания на пассивных окраинах провели термальные и плотностные исследования пород, слагающих окраины Северной и Южной Атлантики.

На основе полученных данных по геометрии и распределению физических свойств созданы 3D структурные модели, которые могут быть использованы как основа для изостатического, 3D гравиметрического и 3D термального моделирования. Установлено, что более молодая Северо-Атлантическая окраина отличается от более древней Южно-Атлантической своим изостатическим состоянием и термальным полем. Причём первая под окраиной и прилегающим океаном сопровождается гетерогенной литосферной мантией, а глубина границы литосфера — астеносфера резко изменяется при движении от окраины к океану. В то же время эти признаки не обнаруживаются для более древней литосферы Южной Атлантики, где литосферная мантия гораздо гомогеннее в отношении как плотности, так и мощности.

Сергей Секретов (Россия) в докладе «Море Лаптевых и Южно-Евразийский бассейн Северного Ледовитого океана, Россия: уникальная тектоника и гигантские перспективы разведки углеводородов» на основании проведенных исследований установил потенциальную нефтеносность верхнемеловых—нижнепалеоценовых синрифтовых отложений, слагающих континентальное основание внешней окраины моря Лаптевых, примыкающее к переходной зоне Южно-Евразийского бассейна Северного Ледовитого океана. В наиболее благоприятных условиях находится юго-западный континентальный шельф окраины моря Лаптевых, тектонически соответствующий подводному продолжению Сибирской платформы, бывшему в палеозое — раннем мелу пассивной окраиной. Две гигантские антиклинальные структуры обособливаются на мелководном юго-западном шельфе море Лаптевых — Трофимовская зона поднятий и Западно-Ленский купол и занимают площадь не менее 17 000 км². Общая мощность мезопротерозойско-кайнозойского осадочного чехла 8–11 км.

В ряде докладов по общим проблемам геодинамики и эволюции переходных зон рассмотрено строение и развитие переходных зон разного типа и палеозойских активных окраин Восточно-Европейского континента. Многие докладчики подчеркивали разнообразие активных окраин, где на фоне общей конвергенции плит возникали зоны сжатия разной интенсивности и даже обстановки растяжения. Сложные комплексы структур рассмотрены для позднекайнозойского северо-западного обрамления Тихого океана, а также для мезойско-кайнозойской системы, развивавшейся между Аравийской плитой и микроконтинентом Мунзур-Даг.

Оживленно обсуждалась также проблема о связи фаз складчатости с эпохами закрытия и (или) раскрытия палеоокеанических бассейнов.

Представленные материалы продемонстрировали резкое повышение интереса к изучению глубинных неоднородностей литосферы как объектов, определяющих основные закономерности тектоники и геодинамики земной коры, сейсмичности и размещения полезных ископаемых.

Исследование образования погруженных пассивных континентальных окраин бесспорно находится на подъеме. Значительные объемы сейсмических исследований позволили получить знания об этих окраинах и сделать определённые выводы о синрифтовых моделях. Результатом некоторых наблюдений стало открытие сверхрастянутой коры и континентальной мантии, перекрытых мелководными морскими или континентальными отложениями.

Доклады по кинематике плит и динамике литосферы при эволюции систем сопряженных пассивных окраин Южной Атлантики, включая формирование загадочного предсолевого бассейна, представили австралийские и немецкие исследователи Christian Heine, Sascha Brune, Alexander Young, Nicolas Flament. Новая кинематическая модель плит количественно подтверждает наличие коровой деформации в пределах пассивных окраин. Модель объясняет образование сопряженных Южно-Американской, Западно-Африканской и Экваториально-Атлантической окраин в результате разноскоростного, разнонаправленного растяжения, а также существование внутриконтинентальных зон смятия в южной части Южной Африки. Представленная авторами кинематическая история объясняет форму и наличие окраин первого порядка, отмеченных для всего Южно-Атлантического океана. Авторы считают, что созданная ими модель совместно с цифровыми кинематическими моделями литосферного растяжения и моделями проявления мантийного потока объясняет литосферную деформацию и влияние мантийной топографии на развивающийся рифт.

В докладе С.П. Шокальского с соавторами (Россия) «Современная тектоническая модель Северного Ледовитого океана» представлен анализ геологических и геофизических данных, позволяющий распознать в Арктической области спрединг нового океанического бассейна. Срединно-океанический хребет Гаккеля находится на границе литосферных плит. Евразийский океанический бассейн ограничен окраинными шельфовыми морями Баренцевым, Карским, Лаптевых и Восточно-Сибирским на западе и Амеразийским бассейном на востоке. Различия в геологическом строении и геодинамической эволюции Восточной и Западной Арктики распознаются с раннего палеозоя. В Западной Арктике осадочные бассейны реконструируются по мощному (до 20 км) палеозойскому и мезозойскому (триас – ранний мел) осадочному чехлу и гетерогенному основанию. Амеразийский бассейн сформировался в поздней юре – раннем мелу подобно окраинным бассейнам Палеопацифика и принял свои сегодняшние очертания в результате рифтогенных процессов в конце раннего мела. В позднем мелу он преобразовался в остаточный бассейн, а с начала неогена развился во внутриплитный бассейн пассивной окраины новообразованного Евразийского океанического бассейна.

В многочисленных регионах определен и реализован комплексный подход к построению геолого-геофизических моделей, который позволяет не только выявлять глубинные неоднородности в литосфере, но и объяснять их генезис и закономерности эволюции.

Научное направление по изучению глубинных неоднородностей земной коры и верхней мантии стало одним из наиболее перспективных в комплексе геологических дисциплин.

Глубинное сейсмопрофилирование дает возможность по характеру сейсмических отражений различать районы, где на глубине происходит сжатие или растяжение, различать континентальные окраины разных типов.

Использование таких геофизических параметров, как скорость, плотность, теплогенерация, магнетизм, электропроводность в их совокупности и взаимосвязи позволило провести комплексную интерпретацию данных геофизики. Полученные результаты рассматриваются в аспекте влияния на них различных термобарических условий.

Эти данные сопоставляются со спецификой магматических проявлений, проявлений метаморфизма, эндогенного оруденения глубинной генерации. Тектонический геолого-

геофизический анализ сулит широкие перспективы для прогноза, поиска и разведки различных полезных ископаемых, в том числе нефти и газа.

В последние 15 лет разведка нефтяных залежей выполнялась в пределах прибрежно-морских площадей, преимущественно на перспективных участках с турбидитами, относящимися к пострифтовым осадкам. В пределах многих бассейнов были открыты крупные нефтяные поля. Разведочные работы стали более обширными и более глубоководными. Ведутся поиски новых перспективных участков, таких как предсолевые синрифтовые.

Patrick Unternehr (Франция) представил результаты работ по проекту глубоководного бурения Иберия – Ньюфаундленд, в том числе в предсолевых бассейнах. Работы позволили охарактеризовать эволюцию южноатлантических сопряженных окраин. Докладчик привёл несколько примеров предсолевых окраин Южной Атлантики, благоприятных для обнаружения нефтяных залежей.

Наибольшее внимание в работе тектонических подсекций секции «Динамическая Земля» привлекли два направления: тектоника складчатых поясов континентов и рифты континентов и океанов.

По вопросам тектоники складчатых поясов континентов заслушано около 70 докладов, затронуты практически все континенты и складчатые пояса мира различных возрастов, особенно варисцид и альпид Европы и Азии.

В обобщающих докладах рассматривались два типа складчатых поясов: окраинноконтинентальные и межконтинентальные.

Для окраинноконтинентальных поясов характерны непрерывно развивающиеся островные дуги со смещением в сторону океана и активные окраины, а для межконтинентальных – микроконтиненты, многократное проявление этапов рифтогенеза, расширение пространств с океанической корой и их замыкание, коллизии смежных континентальных блоков, а также их пассивных окраин.

Китайские геологи Qianqian Guo, Wenjiao Xiao, Quanlin Hou, Chunming Han, Bo Wan, Shan Li, Jien Zhang, изучив орогенный массив Бэйшань на северо-западе Китая, установили, что в результате внутриокеанической субдукции в его северной части в раннем палеозое сформировался фундамент дуги Цюээршань, а на юге – дуговая аккреционная система Гунпоцюань, причём в девоне дуга Цюээршань присоединилась к южной активной окраине Сибири. В конце перми – среднем триасе в результате закрытия океана произошло внедрение офиолитового массива Хуншишань и сформировались пермские турбидиты. Авторы относят изучаемую территорию к позднепалеозойской активной окраине и считают, что завершение образования Центрально-Азиатского орогенного пояса имело место в конце перми.

Christophe Basile, Jean Braun (Франция), исследовав геометрию спрединга унаследованных дорифтовых вертикальных зон смятия Экваториальной Атлантики, представили модель возникновения трансформных разломов, механизм формирования которых до сих пор до конца не ясен. Установлено, что время возникновения трансформных разломов может меняться от дорифтовых (унаследованные вертикальные зоны смятия в Экваториальной Атлантике) через синрифтовые (трансформный разлом Мертвого моря, рифт Красного моря) до пострифтовых. Связанные сегменты трансформных разломов и дивергентных окраин представляют собой наклонную по отношению к смещению плит границу, наиболее чётко проявленную в океанической коре, где длина волны при переходе трансформно-дивергентных структур короче, чем в окружающих континентальных окраинах. Преобладающий сдвиг по краям модели вызвал полосу деформации под углом 45° , в которой кулисообразные рифты и трансформные структуры обусловлены наличием неоднородностей.

По мнению большинства докладчиков, общее для всех поясов – положение их в зонах сближения литосферных плит и образование на месте прежних океанических бассейнов. Подчеркивалась историчность развития окраин Тихого океана со сменой субдукции коллизией, с изменением во времени типа окраин на западном и восточном его обрамлении.

Т. Русанова (Россия) по остаткам палеофлоры трех флорокомплексов приводит данные о времени формирования Охотско-Чукотского вулканического пояса, являющегося самой

крупной меловой магматической структурой северо-восточной окраины Тихого океана. Продолжительность формирования Охотско-Чукотского вулканического пояса по палеофлоре 20–32 млн лет, в то время как изотопные датировки пока до конца не прояснили возраста и продолжительности формирования пояса.

В докладе В. Балаганского, С. Мудрука и др. (Россия) «Тектоника отщепленной средней коры палеопротерозойского Лапландско-Кольского коллизионного орогена, северо-восток Балтийского щита» приведены генетические особенности формирования складчатой структуры хр. Серповидный, расположенного в северо-восточной части палеопротерозойского Лапландско-Кольского коллизионного орогена (северо-восток Балтийского щита). Центральная часть хребта сложена палеопротерозойскими рифтогенными породами, обрамленными кварцитами и высокоглиноземистыми метаморфизованными сланцами. По мнению докладчиков, ядро узкой клиновидной складки хр. Серповидный интерпретируется как останец тектонического покрова гельветского типа, сформированного вблизи рифтогенного пояса Имандра–Варзуга.

Американский геолог Mark Cloos и индонезийский геолог Benyamin Sapiie в результате геологических исследований центрального хребта провинции Папуа Индонезии пришли к выводу о том, что формирование центрального хребта Пунчак Джая обусловлено проявлением 20 млн лет назад коллизионного орогенеза и направленной на север субдукции Австралийской плиты. Тектонические последствия рифтинга плиты между 6 и 3 млн лет назад вызвали магматизм и процессы нижнекорового антиплейтинга. Интенсивный магматизм в центральной части Пунчак Джая сформировал супергигантское Cu + Au рудное тело Грасберг и связанные с ним скарновые тела рудного района Эрцберг.

Геотектонической позиции и геолого-структурным условиям локализации меднопорфировых и сопряженных золоторудных эпитермальных месторождений на 34-й сессии МГК были посвящены доклады, представленные на секции 9.1 «Структурный и тектонический контроль порфировых и эпитермальных месторождений в масштабах от складчатых поясов до района».

В докладах были представлены палеореконструкции развития вулканических дуг, окраинно- и внутриконтинентальных вулканоплутонических поясов (ВПП), проанализированы с позиций тектоники плит условия формирования месторождений в таких обстановках. При реконструкциях широко использовались изотопные исследования по U, Pb, Re, Os, S, C, O, K, Ar. С помощью изотопных определений возраста рудовмещающих пород и минералов определялся возраст разномасштабных объектов – от конкретных месторождений до крупных регионов, отвечающих отдельным литосферным плитам. Изотопные данные использовались также для установления природы рудоносных расплавов, рудообразующих флюидов и рудного вещества. Особое внимание уделялось анализу тектонических режимов сжатия – растяжения, влияющих на геолого-структурные условия рудолокализации и на сохранность месторождений от эрозии. Несколько докладов геологов Австралии, Мексики, России, США, Филиппин были посвящены пространственно-временным отношениям и генезису меднопорфировых и эпитермальных золото-серебряных месторождений в объеме единых рудно-магматических систем мезозойско-кайнозойских ВПП, а также необходимым условиям их формирования. Подобная работа применительно к древним палеопротерозойским магматическим дугам Амазонского кратона представлена специалистами Бразилии.

C. Quinn, R. Glen, I. Percival (Австралия) описали положение раннесилурийской Au-Cu-порфировой минерализации в магматической дуге Макьюри в восточной части орогена Лахлан (Новый Южный Уэльс, Австралия), которая сформирована в три этапа в ордовике–силуре. Упомянутая геоструктура заметно отличается от зрелых дуг, обычно вмещающих меднопорфировые месторождения и развивающихся одновременно с зонами субдукции. В частности, пояса вулканитов, имеющие геохимические характеристики зоны субдукции, окружены турбидитами континентального происхождения. На основе палеореконструкций с позиции тектоники литосферных плит построена модель циклического широкомасштабного подъема, разрушения и спрединга верхней плиты, кульминацией которых явилось формирование минерализованных порфировых интрузивов. Выдвинуто предположение,

что нетипичный химический состав вулканитов пояса, образовавшихся при субдукции, отражает обстановку растяжения и рифтогенеза континентально-окраинного комплекса внутри окраинного или задугового бассейна, возникшего в начале позднего кембрия.

Позиция Cu-Mo-(Au) порфировой и золоторудной минерализации в палеопротерозойских магматических дугах Амазонского кратона, сформировавшихся в период от 2,0 до 1,87 млрд лет, рассмотрена С. Juliani, L.V.S. Monteiro, С.М. Echeverri-Visas, В. Lagler и С.М. Fernandes (Бразилия). На основе палеореконокструкций описана история формирования крупномасштабных рудовмещающих вулканоплутонических структур, показана важная роль посткальдерных процессов, в ходе которых в кольцевых вулканоструктурах возникли трубки гидротермальных брекчий и резургентные купола, вмещающие высокосульфидную Au и Cu-Mo-(Au) минерализацию. Источник рудного вещества, – риолитовые и риодацитовые штоки, прорывающие вышеописанные образования. Аналогичные интрузивы в золотоносной провинции Tarajós вмещают Au-(Cu)-порфировые месторождения (рудник Palito). На основе анализа данных региональных гравиметрической и магнитной съемок, а также металлогенической зональности сделан вывод о том, что магматические дуги 1,87 млрд лет назад были ориентированы в широтном направлении с задуговой (back-arc) областью к северу São Felix do Xingu, где известные Au проявления ассоциируют с интрузивами золотоносных систем. Доказательство наличия эпитеpmальной и порфировой минерализации – объекты, обнаруженные на площадях Irii и Xingu, что повышает перспективы обнаружения месторождений в палеопротерозойских дугах Амазонского кратона.

Обсуждалась покровная тектоника отдельных складчатых систем. Рассмотрено значение шовных зон в общем механизме покровообразования, который определяется общим сжатием глубинных структур при дополнительном положительном вкладе гравитационного фактора.

Рифты континентов и океанов. Доклады на эту тему дают всестороннюю картину основных достижений в изучении современного и древнего рифтообразования и современного состояния основных проблем рифтогенеза – одного из ведущих тектонических процессов в развитии литосферы Земли. Основное внимание было уделено континентальному рифтогенезу. В ряде сообщений прослежены главные этапы эволюции рифтогенеза в геологической истории в протерозое и фанерозое и рассмотрены соотношения рифтообразования с геосинклинальным процессом и формированием океанических впадин, а также проанализированы связи магматизма с образованием полезных ископаемых на разных стадиях развития рифтовых зон. Обсуждались причины, механизм и факторы рифтообразования (общее растяжение литосферы или мантийный диапиризм?).

Franco Pirajno (Австралия) на основе результатов сейсмической томографии связывает формирование системы гигантских континентальных рифтов с поднимающимся мантийным плюмом, приводящим к утонению литосферы. Кроме непосредственного формирования основных-ультраосновных комплексов и магм, мантийные плюмы создают в коре мощные источники тепла. Они ответственны за плавление и коровую гидротермальную циркуляцию и высокотермальный метаморфизм, приводящий к образованию широкого ряда рудных месторождений в рифтовых системах. Самыми ранними хорошо изученными рифтовыми системами являются неоархейско-палеопротерозойские (~ 2,7–2,5 млрд лет) структуры Фортескью в Западной Австралии и Вентерсдорф в Южной Африке. К особенно богатым магматическим и гидротермальным рудным месторождениям автор относит срединно-континентальную рифтовую систему в США (~ 1,1 млрд лет) и неразвившуюся рифтовую систему Нгааньятьярра в провинции Масгрейв (Австралия), пермо-триасовые сибирские траппы (250 млн лет), мезозойский Восточно-Антарктический рифт, кайнозойский рифт Рио-Гранде (США). Докладчик считает, что связанные с мантийным плюмом системы гигантских континентальных рифтов являются рудопроизводящими фабриками и поэтому представляют собой прекрасные поисковые объекты.

Yuriy Elesin, Irina Artemieva, Hans Thybo (Дания) определили факторы, контролирующие глубину континентальных рифтов, полагая, что рифтогенез формирует на поверхности Земли удлиненные узкие тектонические депрессии и, раскалывая континентальные плиты, может создавать новую океаническую литосферу. Проседание рифтовых бассейнов

вызвано утонением коры и литосферной мантии. Результаты исследований имеют большое значение для оценки факторов растяжения, тектонической активности и геодинамической эволюции осадочных бассейнов вокруг неразвившихся рифтовых зон. Авторы полагают, что окончательная глубина рифтовых бассейнов в первую очередь контролируется величиной растяжения. Формирование рифта в основном вызвано углублением рифтового грабена благодаря растяжению утонённой коры и наличию разломной тектоники. Мощные наружные разломы приводят к значительному растяжению прилегающей коры и объясняют образование широких континентальных окраин, находящихся сейчас ниже уровня моря.

Gianreto Manatschal, Garry D. Karner (Франция и США) исследовали взаимоотношения между тектоническими и магматическими процессами при гиперрасширении и формировании рифтовых окраин. На основании проведенных геофизических исследований и результатов программы океанического бурения в пределах Норвежской, Северо-Западной Австралийской и Бразильской рифтовых окраин авторы полагают, что период времени между уровнем расширения и началом излияния магмы — главный фактор изменчивости строения окраин. Фундаментальным пусковым механизмом распада континентов было внедрение избыточного количества магмы в сверхрасширенную систему, которое могло происходить значительно позже.

Fausto Ferraccioli, Carol Finn, Robin Bell (США), используя гравиметрические и магнитометрические данные и проведя анализ строения коры провинции Гамбурцева во внутренней части Восточной Антарктиды, выявили 2500-километровую рифтовую систему, окружающую провинцию Гамбурцева и обладающую мощными коровыми корнями. Авторы отрицают формирование мощного корового утолщения как результат поздненеопротерозойской — кембрийской коллизии, связанной со сбором Большой Индии внутри Гондваны, так как провинция Гамбурцева подстилается мощной литосферой, а разрозненные изотопные датировки по цирконам с озера Восток не дают панафриканских значений. Авторы полагают, что рифтовая система сформировалась во время неопротерозойской коллизии, связанной с Родинией, или она еще более ранняя по возрасту. Предложенная эволюция провинции Гамбурцева показывает, что континентальный рифтогенез, связанный с распадом континентов и сохранившимися докембрийскими орогенными корнями, может дать обоснование наличию приподнятых регионов во внутренних частях континентов.

Итальянские и французские специалисты Geoffroy Mohn, Gianreto Manatschal, Marco Beltrando, Emmanuel Masini попытались представить механизм образования гиперпротяженных рифтовых окраин, способствующих утонению и разрыву континентальной коры и образованию новых границ плит. Авторы сосредоточили свои исследования в Альпах, в остатках Альпийского Тетиса, где установили нарушения, способствовавшие растяжению и образованию сбросов.

Был исследован полный разрез литосферы, позволивший изучить мантийные, коровые, осадочные породы и структуры растяжения. Образование гиперпротяженных доменов объясняется связью верхних и нижних горизонтов и повышенной хрупкостью пород, обеспечивающих образование разрывных трещин от поверхности в подстилающую мантию.

В ряде докладов европейских, китайских и иранских геологов с позиций глобальной тектоники литосферных плит рассмотрена металлогения крупных регионов.

R. Moritz (Швейцария) проанализировал геодинамические обстановки, существовавшие при формировании металлогенического пояса Тетис (территории Грузии, Армении, Азербайджана). Отмечено, что в формировании металлогенических поясов Малого Кавказа участвовали юрско-меловая субдукция и масштабные неогеновые постколлизийные проявления. Геодинамическая эволюция сопровождалась эпизодическим рудообразованием, обусловленным специфическими тектоническими и/или магматическими процессами. В истории образования поясов выделены четыре основных металлогенических этапа. В первый образовались слабоизученные жилы и массивные рудные тела с полиметаллической, золото-теллуридной и обогащенной медью пиритовой минерализацией, залегающие в вулканогенно-осадочных островодужных формациях средней юры. Образования второго этапа позднеюрского — раннемелового возраста включают меднопорфировые и эпитермальные зо-

лотые месторождения. Эти два ранних этапа связаны с процессами субдукции Тетиса вдоль границы с Евразией. Третий этап, связанный с поздне меловым рифтингом юрско-меловой магматической дуги и ее основания, обусловил образование вулканогенных пород контрастной формации и связанных с ними месторождений массивных сульфидных руд с переходом до благороднометалльных эпитермальных месторождений. Четвертый этап может быть подразделен на эоценовую стадию, включающую медно-молибденпорфировые месторождения, вероятно, связанные с заключительными этапами субдукции Неотетиса, и постколлизийную олигоцен-миоценовую стадию с молибден-меднопорфировыми месторождениями, образование которых, по-видимому, обусловлено столкновением Африкано-Аравийской плиты с Евразией. Взаимосвязь богатых третичных эпитермальных золотых месторождений с эоценовыми и олигоцен-миоценовыми стадиями все еще является объектом исследования.

R. Seltmann (Великобритания) описал геотектоническую позицию меднопорфировых и сопряженных эпитермальных золоторудных месторождений Центральной Азии в поясе протяженностью почти 5000 км. Формирование этих объектов связано с магматизмом от ордовика до юры. Развитие магматических дуг, находящихся в пределах субдукционно-аккреционных комплексов в составе сложных орогенных комплексов алтаид, происходило с позднего неопротерозоя (R–V?) в палеозойский орогенный этап и завершилось в юре в обстановке внутрикратонного растяжения. На современном этапе развития в строении территории принимают участие фрагменты прежних бассейнов осадконакопления, островных дуг, аккреционных призм, тектонически совмещенных террейнов, состоящих из отложений различного возраста – от верхнепротерозойских до кайнозойских. Значительные медно-золото-молибденпорфировые и золоторудные месторождения формировались с ордовика до юры: Божакол и Талды-Булак в Кипчакской дуге, Нурказган и Талды-Булак Левобережный в Казахско-Монгольской, Юбилейное в Урало-Жарминской, Ою-Толгой, Хармагтай, Туву-Яндонг, Коксайское, Актогай, Коунрад и Саяк в Казахско-Монгольской, Кальмакыр, Дальнее, эпитермальное Кочбулак и Бенкуала в Валериановско-Бельтау-Кураминской, Эрдэнэт, Дуобаошан и Вунугетушан в Селенгинско-Гобийско-Ханкайской. Понимание позиции перечисленных объектов в разновозрастных магматических дугах, проанализированной с точки зрения тектоники литосферных плит, позволит, по мнению авторов, прогнозировать новые объекты.

Различия в тектонических обстановках формирования меднопорфировых и эпитермальных золото-серебряных месторождений проанализированы в докладе R.M. Tosdal (США). Им показано, что эпитермальные месторождения возникают над меднопорфировыми лишь при быстром подъеме рудоносных флюидов (без осаждения металлов) по проницаемым структурам в верхние части РМС, что возможно в обстановке тектонического растяжения.

Вопросы телескопирования эпитермальной золото-полисульфидной и порфировой минерализации с привлечением данных по геохимии петрогенных и рассеянных элементов, включая редкоземельные (REE), рассмотрены также в докладе Castro Mora J. (Мексика) на примере рудного района Тавичи. На основе сопоставления с изотопными характеристиками супергигантских медно-порфировых систем Канады, США и Южной Америки сделан вывод о перспективах обнаружения крупных меднопорфировых систем в Южной Мексике.

Подобный анализ в отношении третичных Cu-Au-порфировых и эпитермальных Au-Ag месторождений Филиппин проведен в докладе P. Cooke (Тасмания, Австралия), P. Hollings (Канада), R. Wolfe (Австралия), D. Braxton (Чили), M. Baker (Тасмания, Австралия). Описаны геодинамические обстановки, которые привели к сохранению или уничтожению порфировых и эпитермальных месторождений за очень короткое время в пределах Филиппинского разлома. В итоге позднеплиоценово-плейстоценовые рудоносные порфировые интрузивы были подняты по системе разломов под влиянием местных сжимающих напряжений. Около 2,3 млн лет назад порфировые месторождения Бойонган и Байуго были выведены на дневную поверхность, но затем происшедшая перемена в региональном режиме напряжений создала в Филиппинском разломе изгиб с местным растяжением и погружением, завершившимся погребением порфировых

месторождений под чехлом отложений в несколько сот метров, накопленных за последний миллион лет.

Анализ пространственного распределения золото-серебряных месторождений и аргиллизитовых метасоматических изменений на о. Вудларк (Папуа – Новая Гвинея) относительно тел взрывчатых брекчий позволил осуществить прогноз и наметить точки для бурения с целью выявления центральной части порфировой системы.

На основании анализа тектонических условий на момент образования порфирировых систем высказано предположение о преимущественном формировании порфирировых систем при слабопроявленных синрудных тектонических процессах и преимущественном формировании эпитермальных объектов при интенсивно проявленной синрудной тектонике, вскрывающей остаточные флюидные очаги и отводящей флюиды на значительное расстояние от рудогенерирующего массива.

Наибольший интерес вызвали сообщения, в которых были отражены новые принципы составления тектонических карт, основанные на современных тектонических гипотезах и касающиеся истории формирования коры континентального типа. В докладах, посвященных этой проблематике, подчеркивалась историчность процесса формирования континентальной коры в результате преобразования и скучивания океанической коры. Особенно подчеркивалась сложность этого процесса, во время которого на общем фоне формирования гранитно-метаморфического слоя проявляются процессы деструкции ранее сформированной континентальной коры. Этот подход в создании тектонических карт был продемонстрирован, в частности, на примере новой тектонической карты Арктики (TeMAr) и изложен О.В. Петровым (Россия) в докладе «TeMAr – международная тектоническая карта Арктики: вклад в проект CGMW “Атлас геологических карт Циркумполярной Арктики”». Макет карты был составлен в ходе совместной международной деятельности геологических служб приарктических государств. Легенда к карте была согласована в CGMW. Карта уникальна, она вмещает три области, которые резко различаются по количеству геологических и геофизических данных: внешняя область континентального обрамления акваторий с богатой геологической информацией; прибрежно-морская область распространения окраинных шельфовых бассейнов, изученных геофизическими методами и бурением скважин; акватория Северного Ледовитого океана, охарактеризованная лишь сейсмическими исследованиями и результатами геологического опробования морского дна. 3D картографирование включает составление дополнительных карт, характеризующих глубину залегания поверхности Мохо, общую мощность осадочного чехла, распределение типов земной коры и геотрансектов. Используются новые данные батиметрии и сейсмического зондирования, полученные при выполнении национальных проектов по разграничению континентального шельфа Арктики. Сопоставление геологических данных по центральной части Северного Ледовитого океана с данными по его континентальному обрамлению позволит более обоснованно подойти к построению палеогеодинамических моделей.

Большое количество докладов было посвящено крупномасштабным картам отдельных регионов (Куба, Индия, Восточно-Европейская платформа и др.).

Е.Д. Мильштейн, Е.А. Андросов и др. (Россия) в докладе «Мощность земной коры Северной, Центральной и Восточной Азии» показали значение определения мощности земной коры, необходимого при изучении глубинного строения Земли, и представили карту масштаба 1 : 5 000 000 глубины границы Мохо для Северной, Центральной и Восточной Азии.

Карта построена с использованием более 190 000 км глубинных сейсмических профилей и гравиметрических данных. Модель включает в себя базу данных и грид 10 × 10 км. Представленная на конгрессе цифровая модель глубины границы Мохо отличается от предыдущих высоким уровнем детальности, более полным набором исходных сейсмических данных и отсутствием глобального их осреднения. Карта может быть использована при сейсмологических, глобальных геофизических и геотектонических построениях в Северной, Центральной и Восточной Азии.

Т.П. Литвинова (Россия) в докладе «Арктические тектонические провинции по гравиметрическим и магнитометрическим данным» представила интегрированную схему зональ-

ности потенциальных полей Циркумполярной Арктики, увязанную со схемой тектонической зональности. Было проведено районирование аномальных потенциальных полей Арктики с использованием цифровых данных международных проектов.

В результате обоснованы типы и границы геологических структур Циркумполярной области по характеристикам магнитного аномального и гравиметрического полей, проведен анализ и сопоставление магнитного аномального и гравиметрического полей Арктического бассейна и континентальных окраин для выявления сходства в характере потенциальных полей и тектонических структур.

Отдельные доклады относились к количественной оценке деформаций горных пород, тектоническому течению горных пород, соотношению пластических и хрупких деформаций в микро-, мини- и макроструктурах. При этом были рассмотрены современные методы изучения деформаций как при картировании в полевых условиях, так и в лабораторных условиях с использованием новейшего научного оборудования. Ряд докладов был посвящен структурному изучению метаморфических комплексов и рассмотрению примеров изучения деформаций горных пород в конкретных геологических структурах из разных районов мира. Рассмотрены как пликвативные, так и дизъюнктивные нарушения, приведены данные экспериментальных исследований деформационных свойств горных пород и тектонофизического моделирования.

Большое внимание уделяется изучению роли пластической и хрупкой деформации горных пород в структурообразовании, причем особое внимание уделяется количественным оценкам величины деформации. Оценка деформаций горных пород имеет теоретическое и прикладное значение при рассмотрении геотектонических гипотез, изучении месторождений полезных ископаемых и прогнозе землетрясений. Методы количественной оценки деформаций продолжают совершенствоваться и в настоящее время разработаны довольно хорошо, однако внедрение их в практику геологических исследований еще недостаточно. Данные о количественных оценках деформаций горных пород накапливаются пока еще медленно. Ведущая роль горизонтальных движений в создании структуры нашей планеты на разных ее уровнях поддерживается подавляющим большинством геологов, но по-прежнему спорными остаются проблема начальных стадий дробления континентов во время рифтогенеза и гипотеза расширяющейся Земли. В ближайшие годы следует ожидать значительного роста этих исследований.

СТРАТИГРАФИЯ. ПАЛЕОНТОЛОГИЯ

Тематика заседаний конгресса четко отражает тенденции современных исследований в области стратиграфии и палеонтологии. Создание хроностратиграфической шкалы фанерозоя, обоснование и выбор разрезов – точек глобального стратотипа границ (ТГСГ, GSSP) ярусных подразделений в настоящее время – одно из приоритетных направлений стратиграфии. Эти работы напрямую связаны с необходимостью активных исследований ископаемых организмов, т. е. по-прежнему актуальны проблемы классической палеонтологии и палеоэкологии. Однако главным отличием современных, в том числе и палеонтологических исследований по сравнению с предыдущим 33-м МГК является их направленность на реконструкцию климатических особенностей геологического прошлого, влияния палеоклиматов на биоту и характер осадконакопления. Активно развиваются новые методы как прямого определения палеотемператур и геохимических характеристик среды геологического прошлого, так и методы их косвенной оценки, связанные с изме-

нением состава фаунистических сообществ и флористических ассоциаций и особенностей седиментогенеза.

Рассмотрению основных достижений исследований в области стратиграфии посвящены 53 доклада на пяти секциях.

ТГСГ (GSSPs) – точки глобального стратотипа границы как глобальный геостандарт (35.1). Проблеме создания хроностратиграфической шкалы фанерозоя и выбора отдельных разрезов – точек глобальных стратотипов границ (Global Stratotype Section and Point – GSSP) ярусных подразделений посвящено основное заседание стратиграфической комиссии.

В выступлении председателя Международной стратиграфической комиссии Стена Финни (S.C. Finney, США) отмечено, что современное состояние хроностратиграфической шкалы – результат 40-летних исследований. Они направлены на создание единой «линейки» для оценки геологического возраста пород и повышения точности корреляции осадочных образований на разных континентах. Современная общепринятая концепция заключается в создании последовательного ряда хроностратиграфических подразделений, нижние границы которых определяются в разрезах – точках глобального стратотипа границы (GSSP) по какому-либо биостратиграфическому (и/или альтернативному) маркеру или ярко выраженному абиотическому событию, среди них в основном используются палеомагнитные, хемотратиграфические, секвенс-стратиграфические и астрономические события. Ситуация сложилась так, что многие ранее выделенные подразделения определены в регионах, где их границы плохо обоснованы фаунистически или совпадают со стратиграфическими перерывами. Сохранение подразделений, обоснованных в традиционных типовых регионах, важно для поддержания стабильности и преемственности хроностратиграфических шкал, но полная приверженность к ним ограничивает развитие корреляции высокого разрешения, необходимой на современном уровне развития геологических наук.

Для некоторых систем фанерозоя благополучно завершилась процедура выбора разрезов – точек глобального стратотипа границ. Однако из 12-ярусных подразделений меловой системы ратифицировано только три границы, четвертая находится на голосовании (I.P. Silva, Италия). Основной причиной в запаздывании выбора надежных корреляционных уровней является сложность сопоставления разнофациальных отложений с использованием только биостратиграфических методов. Это в основном касается корреляции пелагических последовательностей современных океанов, доступных благодаря проектам глубинного океанического бурения (DSDP-ODP), и классических карбонатных разрезов типовых регионов. Выбор нижних границ подразделений требует интеграции всех доступных методов корреляции, в первую очередь методов магнито- и хемотратиграфии. Наиболее перспективна изотопия углерода ($\delta^{13}\text{C}$), однако такого рода исследования занимают значительное время, что сказывается на медленном прогрессе в создании хроностратиграфической шкалы.

Среди еще нератифицированных границ верхнего триаса нижняя граница норийского яруса (M. Valini et al., Италия). После 10-летних исследований наилучшими кандидатами для точки глобального стратотипа границы (GSSP) карния – нория признаны два разреза – Блэк Биа Ридж (Black Bear Ridge) в Британской Колумбии, Канада и Пиззо Монделло (Pizzo Mondello) в Сицилии, Италия. Оба разреза хорошо обнажены, насыщены фауной (конодонтами, пелагическими двустворками, аммонитами и радиоляриями), доступны для исследователей и фациально стабильны. В них изучены вариации изотопов углерода, получены данные по магнитной полярности. В обоих разрезах наблюдается первое появление двустворчатого моллюска *Halobia austriaca*, который был предложен в качестве биостратиграфического маркера границы. Следующий шаг к выбору ТГСГ норийского яруса (верхний триас) – детальная корреляция и уточнение биостратиграфического распространения основных видов в двух вышеупомянутых разрезах – кандидатах в ТГСГ.

Достигнуты успехи в определении абсолютного возраста плинсбахской – тоарской границы (верхняя часть ранней юры) (A.C. Riccardi, S.L. Kamo, Аргентина). Впервые на этом стратиграфическом уровне в Аргентине в пепловых прослоях свиты Чакай Мелеху (Chacay

Melehue) провинции Неукуен обнаружены цирконы, U-Pb возраст которых методом ID-TIMS равен $183,6 \pm 1,7/-1,1$ млн лет. Это немного моложе ранее полученного возраста, рассчитанного статистическими методами по общей сумме U-Pb датировок в регионе, и сопоставимо с возрастом 183,0 Ма, принятым в настоящее время для нижней границы тоарского яруса согласно цикличности по свинцу.

Положение и обоснование нижней границы приабонского яруса верхнего эоцена (палеоген) является предметом активных дискуссий. Наибольшим корреляционным потенциалом, по мнению некоторых исследователей, является уровень двойного вымирания фораминифер рода *Morozovelloides* и крупных акарининид (B. Wade et al., Великобритания). Новые данные по детальному биостратиграфическому анализу осадков Адриатического моря позволили пересмотреть результаты предыдущих исследований в этом регионе. Было показано, что событие двойного вымирания является ярким, синхронным, по крайней мере в Атлантическом океане, и легко распознается по фораминиферам. Кроме того, это событие совпадает с резкими изменениями в радиоляриевых ассоциациях и может прослеживаться в кремнистых осадках.

К настоящему времени выбраны параметры для определения нижней границы среднего плейстоцена (M.J. Head, B. Pillans, Канада, Австралия). Наиболее прослеживаемым и легко распознаваемым уровнем в стратиграфическом интервале верхов среднего – низов верхнего плейстоцена является палеомагнитная граница Матуяма-Брунес (Matuyama-Brunhes). Она моложе основного гляциального события Морской изотопной стадии (Marine Isotope Stage) MIS 22. Граница Матуяма-Брунес легко распознается как в континентальных обстановках (например, верхняя часть лесского горизонта L9 Лесского плато (Loess Plateau) в Китае), так и в морских обстановках (MIS 19). Три разреза рассматриваются как кандидаты в стратотипы (GSSP) нижней границы среднего плейстоцена: разрез Монталбано Юнико (Montalbano Jonico) и Вале ди Манче (Valle di Manche), Южная Италия, и Чиба (Chiba), Япония.

В качестве кандидата в стратотипы (GSSP) нижней границы верхнего плейстоцена предложен разрез в верхней части берегового обрыва Фронте (Fronte), расположенного около г. Таранто, Италия (G. Battista et al., Италия). В этом разрезе, сложенном морскими мергелями и известняками, хорошо распознается уровень Termination II, принятый в качестве обоснования нижней границы тарантского яруса, совпадающего с нижней границей верхнего плейстоцена. Интергляциальное событие MIS 5.5 в разрезе определено по урановому датированию кораллов *Cladocora*. Богатая фауна с *Strombus* и другими тепловодными «сенегалезскими» моллюсками дает возможность корреляции с отложениями типовой местности исторических турхенских отложений (верхний плейстоцен).

В бассейне р. По Северной Италии обнаружен мощный (около 100 м) непрерывный разрез отложений тарантского яруса (интервал от MIS 5.5 по MIS 2) позднего плейстоцена (A. Amorosi, G.V. Vai, Италия), детально изученный путем интенсивных буровых работ. Он является уникальным природным объектом, так как подобные полные последовательности этого интервала в мире исключительно редки. Споровые комплексы и секвенс-стратиграфическая модель позволяют проводить детальную корреляцию этих отложений с разрезом – кандидатом в стратотипы ТГСГ тарантского яруса.

Международная подкомиссия по стратиграфии неопротерозоя: хроностратиграфия неопротерозоя, эволюция и увеличение разнообразия многоклеточных, эволюция экосистемы Земли (35.2).

Наиболее широким по направлению исследований и привлеченным методам и подходам к решению стратиграфических проблем было заседание международной комиссии по стратиграфии неопротерозоя, посвященное хроностратиграфии этого интервала времени, эволюции и увеличению разнообразия многоклеточных.

В качестве одного из важнейших и перспективных направлений в современных исследованиях этого самого древнего времени жизни на Земле рассматриваются т. н. молекулярные часы – метод, который был открыт 50 лет назад Zuckerkandl и в 1962 г. Pauling (B. Runnegar, Америка). Однако метод стал активно применяться только в последние годы с развитием высокоточного секвенирования ДНК, созданием биоинформационных банков

и новых статистических методов обработки данных. Основным результатом применения метода молекулярных часов стало понимание путей развития основных групп проблематичных организмов, что, наряду с увеличением точности и детальности изотопных методов датировки и корреляции, ведет к стратиграфической калибровке хронологической шкалы позднего докембрия.

В интервале неопротерозоя активно развивается и U-Pb хронология. Впервые получены абсолютные датировки эдиакарских слоев с фауной вулканогенно-осадочных толщ Чарнвудской супергруппы Чайнвудского леса (Charnwood Forest) в Великобритании (S.R. Noble et al., Великобритания). Исследуемые отложения представлены андезитовыми и дацитовыми лавами, переслаивающимися с грубо- и тонкозернистыми вулканокластическими отложениями, в которых обнаружены различные макрофаунистические комплексы (*Ivesheadia lobata* и более молодой с *Charnia*). Для более молодых слоев получен изотопный возраст $561,9 \pm 0,3$ млн лет, в более древних слоях обнаружены цирконы с возрастом от 566 до 618–611 млн лет.

Разработка тонких геохимических методов анализа редких, рассеянных и редкоземельных элементов в эдиакарских отложениях дает возможность характеризовать условия осадконакопления и соответственно формировать стратиграфическую основу для расчленения толщ, не содержащих фаунистических остатков (P.A. Hall et al., Австралия). Изучение геохимических особенностей породы в стратиграфическом интервале верхнего эдиакария — нижнего кембрия региона Стансбери (Stansbury Basin) в Южной Австралии показало постепенное редуцирование содержания кислорода в воде и осадке на протяжении достаточно длительного времени накопления терригенных отложений сланцев хетердаля (Heatherdale Shale), эму бэй (Emu Bay Shale) и свиты талискер (Talisker). Увеличение содержания кислорода в толще воды отмечается только в основании сланцев эму бэй. Идентичные тренды изменения содержания и состава рассеянных и редкоземельных элементов в Австралии и Южном Китае свидетельствуют о сходстве геохимических особенностей вод древних Азиатского и Тихого океанов.

Биогеохимический анализ осадочных пород также дает возможность выявлять изохронные корреляционные уровни и реконструировать обстановки осадконакопления отдаленного прошлого. Анализ соотношения изоалканов (pristane/phytane) в мелководных отложениях эдиакария и раннего кембрия Северо-Западной Австралии и Южного Китая позволил выявить два уровня повышения содержания кислорода в мелководных морях: в начале эдиакарского периода и на границе эдиакария и кембрия (K. Kaiho et al., Япония). С эпохами насыщения кислородом поверхностных вод связывают эпохи резкого увеличения разнообразия в эволюции многоклеточных.

Несмотря на введение новых аналитических методик, классические биостратиграфические методы преобладают при определении возраста этих самых древних фаунистических ассоциаций. Так, обзор фаун эдиакарского времени показал, что все они могут быть объединены в три различные по возрасту ассоциации: авалонскую (580–560 млн лет), беломорскую (560–550 млн лет) и намийскую (550–540 млн лет) (J.G. Gehling, M.L. Droser, Австралия, Америка). Предполагается, эти ассоциации, кроме разного возраста, формировались в разных палеогеографических условиях (Waggoner, 2003). Кроме того, возможно, на их таксономический состав сильно влияли условия окружающей среды (Grazhdankin, 2004). Изучение новой эдиакарской фауны из Южной Австралии (Nilpena, Flinders Ranges) и ее сравнение с ассоциацией Беломорья позволили предположить, что возраст этой новой фауны, включающей общие таксоны (*Eoandromeda*, *Nemiana*, *Calyptrina*, *Charnia* и *Helminthoidichnites*) с фауной из Южного Китая, не древнее 560 млн лет.

Новая уникальная биота мягкотелых организмов обнаружена в Восточных Саянах Юго-Западной Сибири (J. Sovetov et al., Россия). Эта фауна, сохранившаяся в проксимальных темпеститах терригенного состава марнинской свиты, налегающих на постгляциальные доломиты озерковской пачки (основание эдиакария), перекрытая известняками удинской свиты, сильно отличается от известных более молодых фаун Белого моря и Ньюфаундленда и представляет собой самую раннюю ветвь многоклеточных, появившихся после криогения.

Продемонстрирован прогресс в изучении одного из самых знаменитых местонахождений эдиакарской биоты – свиты доушанто (Doushantuo) Южного Китая, которая накапливалась в течение почти 90% эдиакарского времени (M. Zhu, Китай). Впервые для этого местонахождения были получены данные по изотопии углерода и распределению акритарх.

Результаты изучения самых молодых фаун эдиакарского времени в Южном Китае впервые показаны S. Xiao (Америка). Эта фауна, обнаруженная в свитах Денгин (Dengying), Лючапо (Liuchapo) и Пиуанцин (Piyuancun), представлена классическими образцами дискоидной эдиакарской фауны, простыми ходами жизнедеятельности, *Cloudina*, *Palaeopascichnus jiumenensis*, *Horodyskia minor*, *Shaanxilithes ningqiangensis* и крупными лейосферами. Переход к нижнекембрийским отложениям распознается по появлению комплекса раннекембрийских акритарх *Asteridium* – *Comasphaeridium* – *Heliosphaeridium* и мелкораковинной фауны зоны *Anabarites trisulcatus* – *Protohertzina anabarica*. Изученные особенности распределения организмов исключительно важны для региональной и глобальной корреляции отложений позднего эдиакария.

Изучение отдельных организмов эдиакарского времени, микроструктуры и геохимических особенностей мягкотелых трубчатых ископаемых животных *Sabellidites cambriensis* позволило отнести их к сибоглинидам (siboglinids) (погонофоры) (M. Moczyłowska et al., Швеция). Обнаружены мельчайшие (до 1 мм) тела демоспонгий из эдиакарских отложений свиты дип спринг (Deep Spring) и Невады (S.M. Rowland, M. Rodriguez, Америка). Особенность и важное значение этих находок заключается в том, что, хотя согласно данным анализов биомаркеров, демоспонгии появляются уже в криогении (до Мариноанского оледенения), их в ископаемом состоянии до сих пор не находили в отложениях более древних, чем кембрийские. Детально изучена морфология первых высокоорганизованных билатеральных многоклеточных рода *Kimberella* из вендской биоты Белого моря (A. Ivantsov, M. Zakrevskaya, Россия). Сложность организации и строения тела позволяет интерпретировать их как первых хищников дофанерозойской эпохи, которые могли представлять собой раннюю эволюционную форму трохозойных организмов (*Trochozoa*). Предложено отнести ранее считавшуюся проблематичной форму организмов *Jiucunia petalina* к прикрепленным стрекающим кишечноротовым, филогенетически промежуточным между прикрепленной формой *Cambroctonus orientalis* с кальцитовым скелетом и свободноплавающим кишечноротовым (T. Park et al., Корея).

Международная подкомиссия по стратиграфии кембрийской системы: кембрийская хроностратиграфия, эволюция и вспышка разнообразия раннекембрийской жизни (35.3).

Заседание подкомиссии было посвящено проблемам создания хроностратиграфической шкалы кембрийской системы – одной из наиболее спорных и не решенных в плане хроностратиграфического расчленения на ярусы системы в шкале фанерозоя. Кроме того, сообщения касались палеонтологических находок и прогресса в изучении специфичных захоронений кембрийской биоты.

Опыт двух последних десятилетий выявил проблемы с прослеживанием нижней границы кембрия, которая была ратифицирована в 1992 г. как уровень первого появления следов жизнедеятельности *Phycodes pedum* (позже разделенный между родами *Trichophycus*, *Treptichnus* и *Manykodes*) в разрезе свиты о. Чапел (Chapel Island Formation) на Ньюфаундленде, Канада (L.E. Babcock et al., Канада). Сложности практического распознавания этого уровня в разнофациальных отложениях приводят к необходимости пересмотра обоснования и положения этой границы. Возможные пути решения этого вопроса: 1) оставить решение подкомиссии 1992 г. без изменения (влечет за собой существующую неопределенность в корреляции основания кембрия); 2) оставить обоснование границы без изменения, но выбрать более подходящий разрез; 3) оставить появление *T. pedum* как событие, характеризующее интервал с GSSP, но сместить саму границу на уровень первого появления этого вида; 4) выбрать другой разрез и другой биостратиграфический маркер границы; 5) выбрать другой разрез и использовать не биостратиграфический маркер, а какое-либо другой инструмент корреляции, например хемотратиграфию (L.E. Babcock et al., Канада).

Биостратиграфическое обоснование ярусных подразделений раннего кембрия, времени в истории Земли, когда отсутствовала типичная палеозойская биота, является еще одной важной задачей для специалистов, изучающих отложения этого возраста (M. Steiner et al., Германия). Было показано, что протоконодонт *Protohertzina anabarica* может служить заменой следам жизнедеятельности *Treptichnus pedum*, обосновывающим нижнюю границу фортунского яруса. Микромоллюски *Aldanella attleborensis* и *Watsonella crosbyi* могут рассматриваться как потенциальные маркеры границы нижекембрийского яруса 2. Их первое появление соответствует началу позитивного пика изотопной кривой по углероду (ZHUCE). С началом расцвета трилобитов появляются микромоллюски *Pelagiella subangulata*, протоконодонты *Amphigeisina danica* и проблематичные организмы *Rhombocorniculum cancellatum*, которые могут служить дополнительными маркерами основания яруса 3.

Обсуждение границы десятого яруса кембрийской системы затронуло положительные и отрицательные стороны предлагаемых биостратиграфических маркеров границы. В качестве возможных вариантов рассматриваются первое появление трилобитов *Lotagnostus americanus*, конодонтов *Eoconodontus notchpeakensis* и *Cordylodus andresi*. Первый из перечисленных уровней был признан наиболее удачным с точки зрения возможности его прослеживания и изохронности, тогда как первые эконодонты на разных континентах появляются в разное время, что обусловлено высоким уровнем конодонтового провинциализма в позднем кембрии (G. Vagnoli et al., Италия).

Альтернативный путь развития хроностратиграфической шкалы кембрийской системы предложен российскими участниками заседания подкомиссии (A. Varlamov et al., Россия; Varlamov, Rozova, Россия).

В связи с принципиальным несогласием с концепцией построения Международной хроностратиграфической шкалы кембрия для территории России предполагается создание собственной шкалы, в основе которой лежат следующие принципы:

- стратотип должен отвечать объему подразделения, а не его нижней границе;
- в качестве стратотипа должен быть выбран разрез, охарактеризованный разнообразной фауной и охватывающий наибольшую из возможных последовательность биозон;
- корреляция границ, выделенных в стратотипе подразделений с другими разрезами, должна быть выверенной и обоснованной;
- нижняя граница кембрийской системы должна сопоставляться с основанием томмотского яруса.

В качестве стратотипов ярусов предлагаются разрезы Сибирской платформы. Кембрийская система поделена на три отдела. Нижний состоит из четырех ярусов (томмотский, адтабанский, ботомский и тойонский) со стратотипами на реках Алдан и Лена. Нижняя граница системы соответствует нижней границе томмотского яруса и определяется первым появлением *Aldanella attleborensis*. Средний кембрий состоит из четырех ярусов (молодский, чайский, тиксинский и булунский) со стратотипами на реках Молодо, Хос-Нелегер, Юдома и Мая. Нижняя граница отдела и молодского яруса определяется первым появлением трилобита *Ovatoryctocara granulata*. Верхний кембрий включает в себя четыре яруса (омниский, мокутейский, новотукаландинский, хантайский) со стратотипами на реках Чопко и Кулумбе. Нижняя граница отдела и омниского яруса определяется первым появлением трилобита *Glyptagnostus reticulatus*. Граница кембрия и ордовика определена в разрезе на р. Кулумбе на уровне первого появления трилобита *Eoapatokephalus antiquus*, который примерно соответствует первому появлению конодонтов *Cordylodus proavus*.

На примере палеобассейна Балтоскандии было показано, что выявление абиотических событий способствует более точному прослеживанию ярусных границ и расчленению осадочных толщ терригенного состава, относительно плохо охарактеризованных палеонтологическими остатками (A.T. Nielsen, N.H. Schovsbo, Дания). В нижнем кембрии Балтоскандии (включая западную часть России, Западную Белоруссию, Северо-Восточную Польшу и Северо-Западную Украину) мощностью около 300 м выделены две суперсеквенции и 14 секвенций третьего порядка, корреляция которых подтверждается находками актритарх и трилобитов.

Ряд сообщений был посвящен новым палеонтологическим находкам в отложениях кембрия на разных континентах и ревизии уникального палеонтологического материала. Продемонстрированы результаты изучения фаунистического сообщества из местонахождения сланцев Эму Бэй (Emu Bay Shale) на северном берегу о. Кенгуру Южной Австралии (J.V. Jago et al., Австралия). Это нижнекембрийское (ярус 4) местонахождение представляет собой захоронение, аналогичное таковому в Берджес-Шейл (Burgess Shale) и наиболее таксономически разнообразное (более 50 видов). Фауна, прекрасно сохранившаяся в обедненных кислородом обстановках, представлена преимущественно трилобитами, прочими членистоногими, губками, хиолитами, брахиоподами и многими проблематичными организмами.

Сведены данные о наиболее богатых и разнообразных кембрийских фаунах Южного Китая. Среди них широко известная раннекембрийская фауна *Мейшущун* (Meishucun) с фосфатизированными остатками раковинных проблематичных организмов, фауна типа *Burgess Shale* Ченгюан (Chengjiang) и *Гуаншан* (Guanshan), знаменитая губковая фауна Ньютитан (Niutitang) и слои с фосфатизированными эмбрионами и личинками орстенского типа сохранности (Örsten) (M. Zhu, Китай).

Сделано сообщение о диморфизме и характере онтогенетического развития экзотических «двухстворчатых» членистоногих из раннекембрийского местонахождения Ченгюан (Chengjiang Lagerstätte) Южного Китая (D. Fu et al., Китай). Показана ревизия одного из самых древних раннекембрийских трилобитов Южного Китая вида *Parabadiella huoi*, к которому, согласно проведенным исследованиям, отнесены виды *Abadiella huoi*, *Abadiella officerensis* и *Abadiella bourgini* из Австралии и Северной Африки (X. Zhang, T. Dai, Китай). Реконструированы стадии онтогенеза примитивных эодисцинидных трилобитов *Tsunyidiscus* и *Sinodiscus*, трилобитов *Metaredlichia cylindrica*, *Eoredlichia intermedia*, *Estaingia sinensis* и *Hunanocephalus duotingensis*. Изучена морфология раннекембрийских брахиопод из Ченгюан (Chengjiang Lagerstätte), провинции Юннан, Китай (Yunnan, China), предложена реконструкция их образа жизни и питания (Z. Zhang et al., Китай).

Межконтинентальная корреляция ордовикских отложений: дальнейшее развитие глобальной и региональной хроностратиграфии (35.4). Сессия была посвящена проблемам совершенствования хроностратиграфической шкалы ордовикской системы и постановке задач нового этапа ее развития после прошедших выборов и ратификации всех ярусных границ. Было предложено в ближайшие годы уделять больше внимания региональной стратиграфии и увязке границ региональных подразделений с международным геохронологическим стандартом. Отмечено, что для ордовикского периода в истории Земли характерен высокий уровень дисперсии палеоконтинентов с широким развитием мелководноморских эпиконтинентальных морей, что привело к значительному эндемизму фаун и, следовательно, к сложностям или даже невозможности прямого прослеживания ярусных границ в некоторых регионах. Большое значение приобретает совершенствование региональных шкал для их более точной корреляции со шкалой геологического времени (D. Harper, Дания).

Обсуждалась история развития Сибирской платформы, находившейся на удалении от остальных палеоконтинентов в течение всего ордовика (А.В. Дронов, Россия). В связи с эндемизмом фауны этого региона методы биостратиграфии не позволяют проводить точную привязку ее региональной шкалы к глобальному стандарту. Поэтому большое значение приобретают альтернативные методы корреляции, такие, например, как находки слоев бентонитов. В баксанском горизонте на Подкаменной Тунгуске были найдены бентонитовые прослои с цирконами с $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ возрастом $450,58 \pm 0,27$ млн лет. Было отмечено, что возраст вулканогенной активности и сходный характер седиментации в ордовикское время позволяют предполагать относительную близость Сибирской и Северо-Американской платформ (А.В. Дронов, Россия).

Потенциал альтернативных методов корреляции показан на примере среднеордовикских отложений Аргентинской Прикордильеры, где впервые обнаружен среднедарривильский (MDICE) пик кривой по изотопам $\delta^{13}\text{C}$, ранее полученный и обоснованный фауной в Балтоскандии, Северной Америке и Китае (G. Albanesi, Аргентина). Интеграция методов расчленения и корреляции отложений ордовика также широко применяется для совер-

шенствования региональной шкалы Великобритании. В комплекс используемых методов входит ревизия биостратиграфического распространения граптолитов, лито- и секвенс-стратиграфические исследования, разработка новой биоэональности по хитинозоям, изотопия по углероду и кислороду (Т. Vanderbrooke, Великобритания).

Существенный прогресс в региональной геологии и стратиграфии продемонстрирован на примере Австралии (I.G. Percival et al., Y.Y. Zhen, I.G. Percival, Австралия), Северо-Западной Аргентины (G. Ortega et al.) и Китая (Y. Zhang et al.). Активное изучение ордовикских конодонтов за последние тридцать лет в Австралии позволило улучшить местные стратиграфические схемы, обосновать биофациальную зональность для ордовикских отложений на площади континента, выявить биогеографические и палеогеографические особенности региона (I.G. Percival et al., Y.Y. Zhen, I.G. Percival, K.G. Jakobsen et al.). Впервые была изучена среднеордовикская (дарривильская) фауна из ранее считавшихся немymi мелководноморских терригенных разрезов песчаника Стеавей (Stairway Sandstone) района Амадеус Центральной Австралии (K.G. Jakobsen et al.).

Значительным вкладом в региональную стратиграфию стало изучение нижнего ордовика Восточно-Кордильерского бассейна Северо-Западной Аргентины. Выделенные здесь зоны по конодонтам, граптолитам и трилобитам – не только надежная биостратиграфическая основа для разноплановых геологических работ, она позволяет прийти к выводу о существовании океанического коридора, соединяющего низкоширотные и высокоширотные бассейны.

Хроностратиграфические уровни новых ярусных границ успешно прослежены на территории трех основных палеократонов Китая (Южный, Северный, Тарим) (Y. Zhang et al., Китай). Однако их корреляционный потенциал несколько снижается из-за особенностей геологического строения региона, в частности из-за наличия нескольких крупных региональных перерывов на границах тремадокского/флоского, дарривильского/сандбийского и в основании хирнантского ярусов.

Сделан первый шаг к совершенствованию региональной шкалы такого хорошо изученного региона, как Балтоскандия (A. Nielson, Дания). Классические горизонты ордовика, выделенные в конденсированных отложениях Эстонии и плохо прослеживаемые в более глубоководных отложениях Швеции и Норвегии, было предложено рассматривать в ранге подгоризонтов. Для всей Балтоскандии предлагается новая система горизонтов с более точным обоснованием границ ортостратиграфическими группами фауны.

В ряде сообщений подчеркивалась необходимость дальнейшего развития классических методов биостратиграфии для корреляции региональных подразделений с международной стратиграфической шкалой. Было показано, что изучение конодонтов на Восточно-Европейской платформе – практически единственно возможный способ уточнения возраста погруженных отложений ордовика в Московской синеклизе и Тимано-Печорской провинции (Т.Ю. Толмачева, Россия). Переоценка возраста отложений ордовика Московской синеклизы показана на примере изучения конодонтов в керновом материале скв. Гаврилов Ям-1 (А.В. Зайцев и др., Россия).

Возможности конодонтовой биостратиграфии продемонстрированы на примере отложений среднего ордовика района Вихай (Wuhai) западной окраины бассейна Ордоз (Ordos) Китая. Впервые изученные здесь конодонты выявили палеогеографическое единство этого региона с палеобассейном Тарима (Xiuchun Jing et al., Китай). Изучение ордовикских конодонтов на Северной Земле позволило не только пересмотреть возраст местных литостратиграфических подразделений, но и предположить географическую близость Северной Земли и палеоконтинента Балтика в ордовике и ее относительную удаленность от Сибирской платформы (Т.Ю. Толмачева и др., Россия).

Изучение конодонтов в мелководноморских отложениях Казахстана впервые позволило доказать наличие биогеографических связей и соответственно относительно близкое расположение этого региона в ордовике к Сибирской платформе и палеобассейнам Северо-Востока России (Т.Ю. Толмачева и др., Россия).

Особое внимание было уделено новым данным по стратиграфии и палеонтологии ордовикских отложений Китая. Был продемонстрирован результат переизучения и детали-

зации биостратиграфического распространения средне- и верхнеордовикских конодонтов в разрезе Давангу (Dawangou) Таримского региона Северо-Западного Китая. Этот разрез был кандидатом в ТГСГ нижней границы верхнего ордовика и опорным для среднего-верхнего ордовика в регионе (Y.Y. Zhen et al., Китай). Показаны данные по распространению конодонтов и биозональному расчленению разреза Маокаопу (Маосаору) Южного Китая (S. Stouge et al., Дания). В этом разрезе дапинский североатлантический комплекс конодонтов при переходе к отложениям дарривильского яруса сменяется космополитным, что связывается с трансгрессивным событием на границе ярусов и развитием глубоководных обстановок.

Приведены результаты ревизии висячих дидимографтид (граптолоидеи) верхов нижнего и низов среднего ордовика (C. Wang, Китай) и первые данные по биозональному расчленению отложений ордовика Южного Китая по акритархам (K. Yan et al., Китай). Основываясь на первом появлении ряда таксонов, выделено шесть акритарховых зональных комплексов, которые скоррелированы с граптолитовыми зонами. Сделано сообщение о первых результатах изучения хитиной в пограничном интервале ордовика и силура (P. Tang et al., Китай).

Глобальная корреляционная схема девона – карбона – перми (35.5). Объединены доклады, посвященные проблемам выбора маркеров и стратотипов ярусов девонской, каменноугольной и пермской систем, детальному изучению пограничных интервалов и возможностям их глобального трассирования. Заседание было организовано в рамках продолжающихся работ по созданию глобальной корреляционной схемы девонских, каменноугольных и пермских отложений с применением комплекса методов, таких как магнитостратиграфия, биостратиграфия, изотопная геохимия и др.

Глобальная корреляционная стратиграфическая схема девона, карбона и перми (M. Menning, Германия) создается усилиями более чем 40 ученых. Работы инициированы приоритетной исследовательской программой «Эволюция системы Земля в позднем палеозое: решения методами осадочной геохимии», поддержанной Немецким фондом фундаментальных исследований. Основные результаты программы опубликованы в 2006 г. и содержали сравнение геохимических параметров, таких как стабильные изотопы углерода, кислорода, изотопы стронция, с имеющимися на тот момент времени биостратиграфическими данными по всем основным регионам мира. После 2006 г. около 6000 морских и континентальных стратонтов получили литостратиграфическую характеристику, обновленное биостратиграфическое обоснование и в настоящее время вошли в сводную рабочую схему.

Глобальная корреляционная стратиграфическая схема учитывает все достижения в создании геохронологической основы перечисленных систем. Современное состояние международной хроностратиграфической шкалы каменноугольной системы рассмотрено в докладе председателя международной подкомиссии по каменноугольной системе Б. Ричардса (B. Richards, Канада). Ратифицировано расчленение системы на две подсистемы, каждая состоит из трех отделов, утверждена последовательность номинотипов ярусов. Каменноугольная система состоит из миссисипского и пенсильванского отделов и турнейского, визейского, серпуховского, башкирского, московского, касимовского и гжельского ярусов. Граница девона и карбона в МСШ соответствует примерно 358 млн лет, серпуховско-башкирская 320 млн лет (граница башкирского яруса совпадает с границей миссисипской и пенсильванской подсистем). Кровля каменноугольной системы (около 296 млн лет) совпадает с границей пенсильванской и пермской системы. Ратифицированная граница девона и карбона маркируется первым появлением *Siphonodella sulcata* в склоновых карбонатах разреза Ла-Сьерре (Франция), однако в последние годы выявились данные, требующие пересмотра этой границы. Первое появление *Eoparastaffella simplex* определяет ратифицированную границу турнейского и визейского ярусов в разрезе Пенжонг в Южном Китае в карбонатных турбидитах. ТГСГ основания пенсильванской подсистемы определена по первому появлению конодонтов *Declinognathodus noduliferus* s.l. в неритовых карбонатах в разрезе Эрроу Каньон, США, но, как было выявлено в последние годы, этот уровень неточен. Первое появление конодонта *Streptognathodus isolatus*

определяет границу гжельского яруса и пермской системы в стратотипе в разрезе Айдаралаш (мелководные шельфовые отложения), Казахстан. Вид-маркер конодонтов *Lochriea zieglerei* предложен для определения границы серпуховского яруса около 328 млн лет, но эта работа, ведущаяся параллельно на разрезах Южного Китая и Южного Урала, не завершена. В качестве маркера для гжельского яруса (около 303 млн лет) ратифицировано первое появление *Idiognathodus simulator* s.s (конодонты). Международная экскурсия подкомиссии по стратиграфии каменноугольной системы посетила оба этих разреза. Карбонатные бассейновые и склоновые отложения Южного Китая и Урала являются потенциальными разрезами, рассматривающимися как возможные стратотипы границ не только серпуховского, но и московского, касимовского и гжельского ярусов. Несколько маркеров границ, включая первое появление конодонтов *Diplognathodus ellesmerensis*, *Mesogondolella*, развитых *Streptognathodus expansus* и фузулинид *Eofusulina*, были рассмотрены как потенциально применимые для обоснования границы московского яруса (около 312 млн лет) в Южном Китае. Первое появление *Idiognathodus turbatus* рассматривается как таксон, обладающий лучшим потенциалом для определения основания касимовского яруса в МСШ.

Расчленение миссисипской подсистемы – одна из предстоящих задач для ученых, изучающих каменноугольную систему (M. Arets et al., Франция). Фактически деление миссисипской подсистемы на три яруса различной длительности, как это имеет место в настоящее время, достаточно неудобно. Необходимо выделение формальных подразделений более короткого и четкого временного интервала для более точной глобальной корреляции и понимания геологических процессов. Имеющиеся данные о стратиграфическом и менее точные сведения о пространственном распределении организмов позволяют создать обоснованные биостратиграфические схемы для различных фациальных обстановок и для многих интервалов миссисипия. Однако эндемизм фаун приводит к существованию многих региональных шкал, что препятствует созданию глобальной шкалы. Сочетание высокоразрешающей биостратиграфии (фораминиферы и кораллы) и секвентной стратиграфии позволяет определять детальные временные подразделения в мелководных морских разрезах Западной Европы. От основания турнейского яруса до нижнего серпуховского может быть выделено 11 секвенций третьего порядка. Эти стратиграфические интервалы определяются во многих разрезах в Евразии. Существенные эвстатические колебания уровня моря дают возможность сопоставлять мелководные и более глубоководные разрезы и таким образом проводить корреляцию стратиграфических схем, созданных для мелководных и глубоководных обстановок седиментации. Этот комбинированный подход имеет высокий потенциал для удаленных корреляций, и будущие исследования должны быть нацелены на его применение за пределами Евразии. Вопрос о более детальном расчленении миссисипской системы и разработке нового геохронологического стандарта для нижнего карбона обсуждался на заседании международной подкомиссии по каменноугольной системе как задача ближайшего будущего.

Обоснованию границ ярусов и созданию геохронологического стандарта серпуховского яруса миссисипской подсистемы был посвящен доклад представителя международной рабочей группы С. Николаевой (Николаева и др., Россия). В типовой области (Московский бассейн) серпуховский ярус представлен в основном мелководными карбонатами и не содержит органических остатков, пригодных для межрегиональных корреляций. Ярус (в его предлагаемом расширенном объеме) расчленен на веневский, тарусский, стешевский, протвинский и запалтубинский горизонты. В отложениях присутствуют многочисленные перерывы осадконакопления (*subaerial unconformities*), не фиксируемые по биостратиграфическим критериям, но делающие разрезы Московского бассейна непригодными для использования в Международной стратиграфической шкале (МСШ). Глубоководные отложения Южного Урала более полные и могут быть применены для глобальных корреляций. Аммоноидеи, фораминиферы и конодонты использованы для определения основания и кровли серпуховского яруса в разрезе Верхняя Кардаиловка, предложенном на роль международного стратотипа границы, и эти уровни прослежены глобально. На Урале серпуховский ярус разделяется на сунтурский (косогорский), худолазовский и чернышевский (юлдыбаевский) горизонты. Первое появление конодонта *Lochriea zieglerei* определяет

предложенную границу серпуховского яруса и совпадает на Урале с основанием косогорского горизонта. Первое появление маркера прослеживается в верхнем бригантиене (ярус, первоначально выделенный в Великобритании). Несмотря на то, что граница по *ziegleri* (конодонты) располагается ниже обоснованной по аммоноидеям границы визейского и серпуховского ярусов, она прослеживается глобально в зоне развития тропических карбонатов. Границы региональных горизонтов имеют высокий корреляционный потенциал. Так, граница худолазовского горизонта совпадает с основанием зоны *E. paraprotvae* (фораминиферы), граница чернышевского горизонта определяется по зоне *M. transitorius* (фораминиферы) и коррелируется с границей пенделиана и арнсбергиана в Западной Европе и Северной Америке с использованием комплекса уральских аммоноидей и фораминифер. Предложено новое подъярусное расчленение серпуховского яруса.

Российские ученые продолжают интенсивные работы по обоснованию границ ярусов и поиску ТГСГ для ярусов, выделенных в России. Новый уровень границы московского яруса предложен по появлению *Neognathodus bothrops*, что совпадает с основанием каширского горизонта (А. Алексеев, О. Коссовая и др., Россия).

За прошедшие годы существенно продвинулись по пути установления ТГСГ для подразделений пермской системы. Обзор современного состояния международной стратиграфической шкалы был сделан председателем Международной стратиграфической подкомиссии по пермской системе Ч. Хендерсоном (Ch. Henderson, Канада). В стратиграфической шкале пермской системы только три яруса приуральского отдела, стратотипы которых находятся на Урале, остаются нератифицированными официально. Это нижние границы сакмарского, артинского и кунгурского ярусов. Кандидатом для определения границы сакмарского яруса на уровне 295,5 млн лет является разрез Усолка на Южном Урале (Россия). Граница маркируется первым появлением *Mesogondolella uralensis* внутри хрономорфоклина *M. pseudostrata*-*M. arcuata*-*M. uralensis*. Появление конодонта *Sweetognathus merrilli*, данные по изотопам стронция, фузулинидам и аммоноидеям вместе с данными по геохронологии позволяют трассировать эту границу от разрезов Урала до Боливии. Новая интерпретация основана на эволюционных трендах свитогнатид, региональной корреляции и совпадает с окончанием Гондванского оледенения. Гляциоэвстатические циклотемы из Среднего Запада США, ранее коррелировавшиеся с основанием артинского яруса, теперь рассматриваются как более древние (5 млн лет) и сопоставляются условно с границей ассельского и сакмарского ярусов. Кандидат в стратотипы границы артинского яруса (290,1 млн лет) – разрез Дальний Тюлькас, Южный Урал, Россия. Эта точка определена по первому появлению *Sweetognathus whitei* (который отличается от голотипа) внутри хрономорфоклина *S. binodosus*-*S. anceps*-*S. whitei*. Последовательность от *S. binodosus* к *S. whitei* может также быть распознана в формации Грейт Беа Кейр (Great Bear Cape) в Арктической Канаде, в разрезе Люодиан в Южном Китае выше высокочастотных циклотем, указывающих на постледниковый интервал. Кандидатом для определения основания кунгурского яруса (279,3 млн лет) предлагается разрез Рокланд в горах Пекоп в Неваде, США. Граница определяется первым появлением *Neostreptognathodus pnevi* внутри хрономорфоклина *N. requiopensis*-*N. pnevi*. Аналогичный уровень рассматривается в качестве маркера границы и в разрезе Мечетлино, Южный Урал, Россия. Хрономорфоклин также распознается в Арктической Канаде. Появление *N. pnevi* в отложениях разреза Люодиан, Южный Китай, рассматривается как событие миграции.

Палеогеографическая дифференциация, начавшаяся в карбоне и усугубившаяся в перми, вызывает определенные трудности для межрегиональной корреляции границ подразделений Тетиса, Бореальной области, Гондваны и Пангеи. Представлены новые материалы по верхнему палеозою Японии, которые могут существенно дополнить проект в его корреляционной части. Полученная стратиграфическая документация по исчезнувшим океаническим бассейнам, сохранившимся в виде разобщенных экзотических блоков в орогенических поясах, освещена К. Уено (К. Ueno, Япония) на примере карбонатных построек типа атоллов, образованных в Панталассе и Палеотетисе и найденных в коллизионных зонах. Эти карбонаты представляют уникальную возможность изучения смены мелководных сообществ в срединно-океанических обстановках океанов, которые существовали в одном

временном диапазоне. В известняках Акиоши и Акасака/Какура в Юго-Западной Японии присутствуют типичные примеры атоллов в Панталассе. Их развитие продолжалось от границы турне и визе до кэптена (средняя пермь). Аналогичные структуры есть и в других регионах Панталассы. Долгоживущие атоллы с постоянной карбонатной седиментацией, для которых возможен детальный биостратиграфический анализ, изучены и в Палеотетисе (Latt et al., Япония).

Несмотря на значительный прогресс в определении маркеров и установлении стратотипических разрезов при детальной корреляции выявленных уровней в конкурентных регионах, возникают трудности и проблемы, решение которых возможно при применении комплекса методов и последовательных биостратиграфических корреляций по различным группам фауны. Анализ возможности создания интегрированной корреляционной схемы с демонстрацией соотношения границ ярусов МСШ и региональных подразделений показан на примере ряда регионов России (А. Алексеев, О. Коссовая и др., Россия). Хотя границы ряда ярусов были ратифицированы, мелководность изучаемых разрезов в России создает проблемы в их прослеживании и корреляции. Граница серпуховского и башкирского ярусов на Урале проходит по перерыву, связанному с максимумом оледенения. Граница московского яруса в его стратотипической области в Московской синеклизе также охарактеризована перерывом в осадконакоплении. Изменение критериев определения границы в соответствии с существующими требованиями ее проведения в монофациальном непрерывном разрезе по появлению вида-индекса в непрерывной филогенетической последовательности заставило предложить значительно более высокое положение границ для касимовского и гжельского ярусов, чем это традиционно понималось в России. Развитие палеоклиматической зональности на территории России и формирование Бореальной области делают невозможным применение маркеров МСШ в регионах Сибири и северо-востока России. Одним из приемлемых выходов может быть построение детальной схемы межрегиональной корреляции с использованием биостратиграфических, событийно-стратиграфических, магнито- и хемотратиграфических маркеров.

Необходимость комплексирования методов утверждается и в других сообщениях. Предложены новые нетрадиционные методы для создания высокоразрешающей основы стратиграфии важнейших разрезов девонской и каменноугольной систем (О. Vabek, Ju. Kolvoda, Чехия). Биостратиграфия и хемотратиграфия с использованием стабильных изотопов углерода и кислорода представляет собой широко используемый стандарт и служит эффективным инструментом для стратиграфических корреляций. Оба метода обеспечивают высокоразрешающую стратиграфию в интервале от девона до перми, но имеют хорошо известные ограничения. Альтернативный подход может быть найден в применении других методов, таких как кривые гамма-излучения, магнитная восприимчивость и спектроскопия диффузного отражения. Методы недорогие, количественные и легко применимы прямо в полевых условиях. Они выявляют наличие терригенной примеси в карбонатах, диагенетические изменения, содержание органического углерода, окислов и гидроокислов железа. Их использование и интерпретация, охватывающие области секвенс-стратиграфии, палеоокеанографии и палеоклиматологии, проиллюстрированы на примере изучения пограничных отложений лохковского и пражского ярусов, девона и карбона, турнейского и визейского ярусов.

Одним из важнейших методов корреляции и в ряде случаев критерием определения границ служит магнитостратиграфия, применению которой для расчленения и корреляции разрезов верхнего отдела пермской системы был посвящен доклад М. Меннинга (M. Menning, Германия). Смена полярностей Киама/Иллавава важна не только для расчленения формации Ротлигенд центральноевропейских бассейнов, но и для глобальной корреляции верхнепермских отложений. Используя смену полярностей, формация ротлигенд была расчленена на два временных интервала разной длительности. Первый ≈ 300 – 265 млн лет охватывает каменноугольно-пермский и принадлежит к пермо-триасовому суперхрону смешанной полярности. В стратиграфической последовательности Тюрингии смена полярности Иллавава соответствует перерыву между формациями Эйзенах и Ньюенхоф. Приводится корреляция этого уровня в разрезах Германии и Центральной Европы. Более точно

определить возраст нельзя, так как не может быть исключена перемагничность пород. Интервал до события Иллаваара имеет четыре зоны, а интервал после Иллаваара в Германии может содержать до шести магнитных зон. Магнитостратиграфическим методом возможно осуществление региональной и глобальной корреляции.

Климатические изменения и модели биоразнообразия в среднем палеозое (IGCP 596, IGCP 580 и SDS) (3.8). Рассматривались возможности комплексного применения разнообразных методов для расчленения и корреляции осадочных последовательностей среднего палеозоя. Основной упор был сделан на исследования девонских отложений, их расчленение и корреляцию методами событийной стратиграфии с использованием экологических и биологических событий. Экологическое событие в конце эйфеля, известное как событие Касак, отражается в геологической летописи накоплением сланцевых толщ. Несмотря на достаточное количество палеонтологических данных, до сих пор существует некая неопределенность в датировке этого события, что главным образом связано с его многофазностью. Детальные седиментологические и биостратиграфические исследования в «верхнем темном интервале» карьера Jirasek (Пражский бассейн, Чехия) позволили провести корреляцию и связать событие с повышением содержания питательных веществ (S. Vodrazkova et al., Чехия). Это же событие проявлено в Белоруссии в бассейнах приподнятой части Восточно-Европейского кратона. Биостратиграфические данные, полученные из отложений костиковичского горизонта, указывают на эвстатический подъем уровня моря, который сопоставляется с событием Касак и датируется зоной *Ensensis* верхнего эйфеля (K. Narkiewicz et al., Белоруссия). Комплексные данные получены для характеристики кризиса Касак (граница эйфеля и живета) в карбонатных и пелагических отложениях Карнийских Альп. Надежно скоррелированы данные по конодонтам и палеофациальная зональность. В дистальных склоновых фациях установлено понижение рассеянных элементов от 55,7 до -2,44 и отрицательный скачок стабильных изотопов углерода от 2,2 до 0,1‰ в слоях, расположенных между двумя прослоями в брекчии, содержащими кораллы. Анализ фаун указал на отсутствие автохтонных элементов в брекчиях (Kido et al., Австрия).

Магнитная восприимчивость и гамма-спектроскопия были использованы для изучения отложений несколько выше границы среднего девона (нижнее событие Chotec) в трех палеогеографически удаленных областях, расположенных в Чехии, Неваде и в районе заповедника Китаб в Средней Азии. Полученные данные показали сходные модели для событийного интервала конодонтовых зон от *Polygnathus costatus patulus* к *P. c. costatus*, проявившиеся в увеличении концентрации U при уменьшении концентрации Th. Магнитная восприимчивость показывает сжатие осцилляций (Kortikova et al., Чехия).

Два разреза девонских рифов в бассейне Каннинг (Canning Basin) были исследованы с применением магнитостратиграфии наряду с другими методами стратиграфии. Полученные данные и результаты из других среднепалеозойских полюсов австралийских кратонов указывают на присутствие океана между Гондваной и Северной Америкой.

Событие снижения кислорода (или бескислородное) *annulata* и кризис Dasberg являются частью комплексной последовательности глобальных эвстатических событий позднего девона. События характеризуются существенным вымиранием амmonoидей и сменой таксономического состава за счет появления таксонов-иммигрантов. В фауне конодонтов значительных вымираний или появлений не фиксируется. Характерная местная вспышка *goniatites/clymeniids*, двустворчатых моллюсков *Guerichia* и *Loxopteria* или конодонтов указывает на доминирование специфических кратковременных кризисных биофаций. Фаунистические сообщества глинистых сланцевых и микритовых событийных слоев показывают существенные биотические вариации, в том числе расцвет *Guerichia* в черных сланцах Dasberg и др. Фазы эвтрофикации различной интенсивности, контролируемые, вероятно, климатическими процессами, вызывали либо прерывание, либо повторяющееся повышение первичной продуктивности в течение трансгрессии в различных регионах. Как следствие, расцвет различных оппортунистических моллюсков (специфических амmonoидей или двустворчатых моллюсков, адаптированных к эвтрофическим условиям) сопровождал локально варьирующие гипоксии и соответствующее накопление черных, богатых органическим углеродом осадков. Различия динамики разнообразия сообществ между

аммоноидеями и конодонтами иллюстрирует экологическую независимость обеих групп в сходных условиях внешнего шельфа (Hartenfels et al., Германия). Отложения верхнего девона являются летописью глобальных событий, изменений уровня океана и химизма морской среды. Увеличивается число свидетельств глобальных событий, связанных с расцветом наземной растительности. Различные фации отложений нижнего фамена изучены на Тимане и в Северном Урале с использованием $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$ и глинистых минералов как сигналов происходивших изменений (P. Königshof et al., Германия).

Ряд сообщений посвящен изучению события Кельвассер (граница франа и фамена) в различных регионах. Событие массового вымирания, т. н. событие Кельвассер (поздний девон), было распознано в провинции Хиньян в Китае в фациях открытого океанического бассейна. Данные из формации Хонггилеленг (Hongguleleng) показывают быстрое восстановление биоты после массового вымирания на границе франа и фамена в отложениях океанических островных дуг. Граница определяется по находкам конодонтов зон *linguiformis/triangularis*. Геохимическое проявление события может быть распознано по серии бескислородных и низкокислородных событий, установленных в трех метрах ниже границы фаменского яруса. Перекрывающие отложения фамена интерпретируют как накопившиеся в условиях насыщенных кислородом вод или его слабого снижения (J.A. Waters et al., США.).

Связь между обогащением осадочных отложений органическим веществом и глобальным биотическим кризисом на границе франа и фамена привлекла внимание к проявлению события Кельвассер на территории Австралии. Событие интерпретируется как результат воздействия комплекса факторов. Положительные скачки изотопов и подъем уровня Мирового океана позволяют рассматривать событие Кельвассер, следы которого распознаются во многих регионах как повышение уровня Мирового океана. Напротив, рифовые комплексы формации Shelf (север бассейна Canning) не дают свидетельств аноксии, хотя демонстрируют аналогичные изменения $\delta^{13}\text{C}$ и уменьшение разнообразия основного рифостроителя – строматопорид и других обитателей рифов в конце франского века. Седиментологические и геохимические данные для непрерывного разреза франско-фаменских отложений интерпретируются на основе региональной стратиграфической схемы и указывают на то, что отсутствие аноксии совпадает с относительным падением уровня моря на севере бассейна. Различие связывается с существенным влиянием тектоники на изменение уровня моря в ходе эволюции платформы. Предварительные данные по изменению значений стабильного изотопа ^{18}O , полученные по апатиту конодонтов, позволяют предполагать похолодание, совпадающее с понижением уровня моря (A.D. George et al., Австралия).

Эволюция бассейнов, палеоокеанография и палеоклиматы (3.7). Синхронность изменений уровня Мирового океана для венлокских отложений платформы Midland и за ее пределами была установлена при корреляции биостратиграфически хорошо расчлененных разрезов, кривых флуктуаций стабильных изотопов углерода и датированных уровней бентонитов (D. Ray, Великобритания). Одним из методов регистрации климатических изменений является анализ палеопочв. На примере изучения формации Dunn Point приводится детальная характеристика ископаемых палеопочв ордовикских отложений Канады (P. Jutras, Канада). Изменения климата – также причина массовых вымираний. Установлено, что одно из глобальных массовых вымираний – хирнантиевое событие – связано со становлением раннепалеозойского оледенения. Полученные комплексные данные, несмотря на их неполноту, свидетельствуют о более раннем наступлении оледенения (T.R.A. Vandenbroucke, Франция). Детально рассмотрены события аноксии в позднем ордовике – раннем силуре. Хирнантиевому событию предшествовало глобальное океаническое бескислородное событие (M.J. Melchin, Канада).

Мезозойские биособытия (23.5). Заседания были посвящены анализу событийных изменений в мезозое. Позднетриасовые последовательности континентальных отложений в мировом масштабе содержат ископаемую летопись поворотного момента в эволюции позвоночных, заключающуюся в вымирании основных групп терапсид и ранней диверсификации динозавров. Корреляция по важнейшим фаунам и внедрение этих результатов в глобальную шкалу триасовой системы затруднены разобщенным географическим рас-

пространением, отсутствием надежных радиоизотопных данных и использованием невыверенных био- и магнитостратиграфических данных. Современное понимание ранней эволюции динозавров базируется в конечном счете на корреляции между поздне триасовой формацией Чинли юго-западной части США и предполагаемыми одновозрастными слоями в Аргентине (формации Ischigualasto и Los Colorados) и Бразилии (Santa Maria Fm.). Представлена корреляционная схема для формации Чинли, основанная на прецессионных U-Pb ID-TIMS анализах циркона, полученных из близкостранственно расположенных туфовых прослоев в ряду повторяющихся стратиграфических разрезов, отправной точки при реконструкции эволюции осадконакопления. Большая часть формации отлагалась между 228 и 208 млн лет в течение нория. Ее нижняя часть (9 млн лет) не содержит фауны позвоночных. Отсутствие достоверных данных по радиоизотопному датированию нижней части триаса оставляет нерешенным ряд вопросов относительно ранней эволюции динозавров (J. Ramezani et al., США).

По новым радиометрическим данным, продолжительность нория отвечает приблизительно половине всего триасового периода. Встает вопрос о необходимости переоценки скорости и природы нескольких биотических событий в мезозое. Рассматриваются палеоэкологические тренды раковинных беспозвоночных, связанные с развитием хищников и характеризующие раннюю эволюцию в мезозое за 25 млн лет до наступления юрского периода (L.S. Tackett, D. Bottjer, США).

Развитие раннетриасовой биоты рассматривается на примере луопингской биоты среднего триаса (Китай), которая представляет собой тафоценоз морских и наземных животных и наземных растений, среди них двустворчатые моллюски, гастроподы, аммониты, эхинодермы, лингулидные брахиоподы, конодонты, фораминиферы и растения. Артроподы включают ракообразных, диплопод и лимулид. Рыбы представлены 25 таксонами, морские рептилии – ихтиозаврами, редкими архозаврами, ауроптеригиями, пролацетриформами. Набор жертв и хищников в полной пищевой цепи указывают на то, что луопинг – целиком восстановившаяся экосистема, существовавшая 10 млн лет после вымирания в конце перми (Lagerstätten) (S. Hu, Q. Zhang, Китай).

Богатое местонахождение остатков растений, рыб и насекомых анализируется из «рыбных» слоев Талбрагар в Новом Южном Уэльсе (Австралия). Слои относились к ранней юре, а современное SHRIMP датирование по цирконам показывает $151,55 \pm 4,27$ млн лет (оксфорд – титон). Присутствие эвгедральных (euhedral) кристаллов и фельзитовых пепловых прослоев низкоэнергетичных выбросов, заполнявших озеро Талбрагар, интерпретируется как причина массовой гибели рыб (S. McLoughlin, Швеция; R. Beattie, Австралия).

Прозвучало предложение определять ТГСГ альбского яруса меловой системы в разрезе Col de Pré-Guittard в Юго-Восточной Франции (B.T. Huber et al., США) на основе детальных биостратиграфических и геохимических исследований. Граница предлагается внутри черносланцевого интервала, в котором происходил ряд последовательных биотических и геохимических событий: вымирание практически всех позднеаптских планктонных фораминифер, появление мелких планктонных фораминифер вида *Microhedbergella miniglobularis*, негативный шифт $1\% \delta^{13}C$, несколько минимумов $\delta^{13}C$ в рассматриваемом событийном интервале и появление *Microhedbergella renilaevis*. Аналогичные последовательности зафиксированы в Южной и Северной Атлантике, Индийском океане. Граница предложена по первому появлению *Mi. renilaevis* и минимуму значений $\delta^{13}C$.

Позвоночные мезозоя Гондваны (23.5). Методы и новые результаты эволюционной палеонтологии затронуты в целом ряде сообщений. Распад Гондваны в конце мелового периода негативно повлиял на миграцию биоты и был основной причиной дивергентной эволюции млекопитающих. За исключением Австралии и Индии, дрейф Гондваны на север существенно замедлился в конце палеогена. Массовое вымирание в конце мела отразилось на современной эволюции флоры и фауны в Южной Африке и окружающих акваториях (L.L. Jacobs, США). Приводятся палеогеографические реконструкции, основанные на дифференциации млекопитающих Европы, Индии, Африки, рассматриваются возможные причины существования сходных таксонов на территориях, разделенных крупными акваториями (G.V.R. Prasad, Индия). Вымирание млекопитающих в конце маастрих-

та показано на примере из пограничных мел-палеогеновых отложений Южных Пиренеев. Сдвиги кривых стабильных изотопов кислорода и углерода совпадают с уровнем вымирания (O. Oms et al., Испания). Часть докладов посвящена морфологическим особенностям, филогении и возникновению крупных таксонов (акулы, плезиозавры). Найден полный скелет, который имеет черты плезиозавров и пистозаврид и является переходной формой, заполняющей пробел между плезиозаврами и завроптеригиями (T. Sato et al., Япония).

Общая палеонтология (23.2). Впервые отмечено значение палеонтологии для современных экологических исследований, изучения кризисов и вымираний и биогеографии (J. Louys, Австралия). Свободный доступ к результатам изучения кокколитофорид был причиной создания информационной интернет-системы Nannotax (J. Lees, Великобритания). Развитие трилобитов (*Asaphyda*) ордовика продемонстрировано на большом материале из Балтоскандии (H. Pärnaste, Эстония). Для точного определения вида-маркера, который рассматривается в литературе как «часто встречающийся, быстро эволюционирующий таксон, характерный для определенного времени или географического положения», предлагается более строгая концепция определения монофилетического таксона в филогенетической последовательности с применением вычислительных методов (T.A. Vanderlaani, Австралия). Серьезная критика исследований биоразнообразия и использованных при этом методов представлена в докладе биолога Дж. Элрой. В последние десятилетия появляется все больше работ, показывающих кривые изменения разнообразия. Многие публикации основаны на необработанных данных опробования или применении устаревших методов. Данные Palaeodiversity database (базы данных по биоразнообразию) достаточны для получения кривых разнообразия беспозвоночных с разрешением на ярус и для кайнозойских млекопитающих Северной Америки и Европы, и для насекомых на уровне эпох. Но данных всегда будет недостаточно для редко встречающихся организмов. Автор предлагает отказаться от построения кривых биоразнообразия, так как «все, что можно было сказать по этому поводу, уже было сказано» (J. Alroy, Австралия).

Программа работы секций составлена с учётом наиболее актуальных направлений палеонтологии и стратиграфии. Результаты ещё раз показали основополагающую роль стратиграфии как самостоятельной науки, вооружающей геологию историческим методом и дающей ей хронологический каркас. Для стратиграфии на современном уровне её развития характерны разнообразие и комплексность методов, глубокие творческие поиски, разработка единого подхода ко всёвозрастающему объёму информации.

Доклады и дискуссии показали первостепенное значение биостратиграфического метода в расчленении и корреляции. Почти на всех рубежах крупные биологические изменения рассматривались в тесной причинной связи с геологическими событиями. Значительные успехи в этом направлении достигнуты за последние годы благодаря использованию историко-геологического метода периодизации и проведения корреляций разного масштаба — от региональных до глобальных — с учётом событий, установленных по седиментационным, биологическим, физическим, химическим, палеоклиматическим и другим изменениям. Комплексное использование критериев различного типа для создания хронологического каркаса значительно повышает разрешающую способность корреляций, как это было продемонстрировано на примерах детального бассейнового анализа палеозойских и мезозойских отложений на западных окраинах Восточно-Европейской платформы.

Методические приёмы корреляции по разнотипным событиям имеют большие возможности и могут быть использованы в целях совершенствования региональных и глобальных стратиграфических стандартов.

ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Информация по потенциальным полям (магнитное и гравитационное поля) на 34-й сессии МГК представлена на секциях 26 «Геология Арктики и Антарктики» и 34 «Главные геологические научные инициативы, геологические съемки и карты».

P. Milligan и др. (Canberra, Australia) в стендовом докладе «База магнитных и гравитационных данных континентальной Австралии» раскрывают состояние региональных геофизических исследований методами аэромагниторазведки и гравиразведки, которые проводятся на территории Австралии в течение 60 лет. Вся территория страны покрыта аэромагнитной и наземной гравиметрической съёмками. Аэромагнитная съёмка произведена более чем на 800 участках с расстояниями между маршрутами 400 м. Съёмки модуля полного вектора геомагнитного поля произведены на средней высоте полёта 100 м с GPS навигацией. Карта магнитных аномалий создаётся в режиме мониторинга. В 2010 г. создана 5-я версия Карты магнитных аномалий Австралии в масштабе 1 : 1 500 000 с ячейкой сетки около 3 с (около 80 км). В этот набор данных, кроме суши, входят также и морские данные. Гравиметрическая съёмка включает 1,7 млн пунктов. Максимальное расстояние между ними 11 км. На отдельных участках расстояние между точками наблюдений гораздо меньше. Построен грид с ячейкой 800 м. На его основе составлена карта аномалий силы тяжести территории Австралии. В последние годы по данным топографии создана карта изостатических остаточных аномалий.

В докладе норвежских геофизиков J. Ebbing и др. (NGU, Trondheim) рассмотрены возможности использования данных анализа полнотензорных (объёмных) исследований магнитных и гравитационных полей в целях изучения петрофизического состава горных пород. В частности, такая методика применена для изучения зеленокаменных поясов Карасиок в Северной Норвегии. Анализ латеральной изменчивости плотности позволил авторам выявить несоответствие градиента силы тяжести градиенту рельефа, которое обусловлено влиянием как приповерхностных, так и глубинных источников, связанных с зеленокаменным поясом. Были уточнены приповерхностные плотностные модели. В дальнейшем методы картирования, как и вычисление инвариантов тензора и инвариантов соотношений, позволят, как считают авторы, расчленить приповерхностные и нижележащие структуры, которые связаны с высокоплотными и высокомагнитными породами зеленокаменного пояса. Это различие хорошо определяется в аналитическом сигнале магнитных данных и прослеживается в направлении север–юг. Латеральная протяжённость магнитной аномалии около 5–7 км. Сравнение магнитных и гравитационных данных делает возможным оценить распределение глубин в средней коре.

Доклад норвежских исследователей J. Ebbing, J. Bouman и др. (NGU, Trondheim) касался результатов изучения литосферных структур Северо-Восточной Атлантики сейсмическими, гравиметрическими, аэромагнитометрическими, петрофизическими и другими геофизическими методами с привлечением данных бурения. Авторы использовали данные спутника GOCE, по которым построен геоид и градиенты силы тяжести. Выявлено, что поле силы тяжести и геоид над Северной Атлантикой зависят от изменения плотности, связанного с наличием термической структуры в верхней мантии. Градиент силы тяжести в меньшей степени подвержен региональному тренду. Предварительные результаты показывают, что латеральные изменения плотности, которые связаны с коренными породами, имеют меньшее влияние на градиент силы тяжести на высоте полёта спутника. Тем не менее, градиенты силы тяжести чувствительны к геометрии земной коры, что делает их идеальным параметром, дополняющим решение прямой и обратной задач. Кроме того, такой подход к моделированию позволяет изучить влияние состава и температуры на плотность и распределение скоростей в верхней мантии, а также уточнить границу перехода северо-восточной окраины Атлантики к Баренцеву морю и Балтийскому щиту.

В докладе L. Gernigon, O. Olesen и др. (NGU, Trondheim) представлены результаты исследований позднепалеозойской структуры юго-западной части Баренцева моря по ма-

териалам аэромагнитных данных нового поколения, которые позволили уточнить строение каледонского фундамента и архитектуру препермского бассейна в юго-западной части Баренцева моря. Эта конфигурация включает несколько каледонских надвиговых слоёв, которые реактивируются и контролируются посткаледонским рифтогенезом в юго-западной части Баренцева моря в течение позднего палеозоя. Выявлено, что субпермский бассейн и нижележащий фундамент имеют преимущественно ССЗ-ЮЮВ ориентацию на большей части юго-запада Баренцева моря.

Испанские учёные представили доклад I. Jimenez-Munt и др. (Barcelona, Spain), в котором отражены предварительные результаты оценки геометрии земной коры и литосферной мантии в зоне коллизии Аравия – Евразия по результатам разделения аномалий Буге на региональную и локальную компоненты. Структуры земной коры и литосферной мантии рассчитаны путём совместной инверсии данных высоты геоида в сочетании с результатами термического анализа. Глубина Мохо колеблется от ~ 42 км в районе прибрежной полосы Месопотамско-Персидского залива до ~ 60 км в районе горной страны Загрос. Литосфера толще под форляндом бассейна (~ 200 км) и тоньше под горами Загроса и в районе Центрального Ирана (~ 140 км). Истончение литосферной мантии наблюдается под горным поясом Загроса и совпадает со швом, разграничивающим две различные области мантии в зоне Сананджадж-Сирджан. Глубокие бассейны и области с солевыми отложениями характеризуются значениями около –20 мГал, магматические и офиолитовые комплексы, залегающие на небольшой глубине, характеризуются значениями около 20 мГал.

Сообщение главного конвинера Карты магнитных аномалий мира (WDMAM) J. Korhonen (GTK, Finland) посвящено теме обновления и использования WDMAM, составленной на базе магнитометрических данных разных стран. IAGA и CGMW опубликовали первое издание WDMAM в 2007 г. Позже было принято решение обновить карту для представления на 34-м МГК. Над созданием обновлённой версии, содержащей 22 новых набора данных, работали три команды. Две версии были представлены в 2012 г. в Осло. На заседании рабочей группы рассмотрены форма представления данных, качество материалов и их характеристики, принципы составления. Поле относимости предыдущей карты MF7 с размером сетки 3 мин. заменила сетка 1,5 мин. Основные компиляции производятся обычными коммерческими программными средствами, что позволяет владельцам данных укомплектовать карту в границах своих государств. После выполнения работ цифровая модель WDMAM будет доступна в интернете для науки, промышленности, образования и правительственных организаций по всему миру.

J. Vozar и др. (Dublin, Ireland) представили результаты геофизических и петрофизических исследований границы литосфера–астеносфера в районе Центрального Тибета по материалам комплексного петролого-геофизического моделирования МТЗ (МТ) и сейсмических поверхностных волн. По электрическому сопротивлению модель делится на две группы: группа, связанная с массивом Лхаса, и группа, связанная с массивом Киангтанг. Для группы массива Лхаса модели демонстрируют существование проводящего слоя в верхней мантии, локализованного на глубине около 200–250 км, в то время как для массива Киангтанг этот проводящий слой появляется на глубине 120 км. Предполагается также, что 80–120-километровый слой является «сухим» в центральной части массива Киангтанг, в то время как в центральной части массива Лхаса присутствует небольшое количество воды в литосферной мантии (< 0.01 мас.%).

Доклад X. Meng и др. был посвящён характеристике поля силы тяжести в связи с изучением тектонического строения территории Китая. Исследовались аномалии Буге и аномалии силы тяжести в свободном воздухе, а также региональные аномалии силы тяжести Буге. Поверхность Мохо рассчитана на основе сейсмических ограничений. Получены базовые тектонические данные для материкового Китая.

В стендовом докладе V. Glebovskiy, V. Poselov (Russia, VNIIOkeangeologiya) и др. изложены результаты использования метода 3D гравитационного моделирования. Основная идея заключена в расчёте гравитационных аномалий, обусловленных главной границей, лежащей выше границы Мохо, их вычитанием из наблюдаемого поля и конвертацией в оста-

точные аномалии с использованием алгоритма Паркера (1974). Исходная информация представлена сеткой аномалий силы тяжести в свободном воздухе, созданной в рамках ArcGP проекта, и обновлённой новыми российскими данными. Используются цифровые данные рельефа дна, представленные гридом ИВСаО, и цифровые данные осадочного слоя, полученные по новой карте мощности осадков. Расчёт средней глубины Мохо по алгоритму Паркера требует, по мнению авторов, уточнения по сейсмическим данным. Глубина Мохо варьирует для разных региональных геологических структур (бассейны, хребты и поднятия). Итоговая мощность консолидированной коры рассчитана последовательным вычитанием грида ИВСаО и грида мощности осадочного слоя из окончательного грида глубины поверхности Мохо.

В докладе Т. Litvinova и др. (Russia, VSEGEI), V. Glebovskiy (Russia, VNIIOkeangeologiya) представлены результаты районирования аномальных потенциальных полей по Циркумполярной Арктике. Базовые цифровые карты аномальных магнитного и гравитационного полей Арктики, созданные в рамках международного проекта (Gaina et al., 2011), актуализированы по российской части региона в 2010–2011 гг. По обновлённым материалам выполнено районирование аномальных потенциальных полей Арктики с использованием актуализированных российских цифровых картографических проектов для целей построения тектонической карты.

Районирование осуществлялось с использованием ГИС ESRI ArcMap v.9.3. Предварительно все цифровые материалы по АМП и АГП были скомпилированы в едином проекте вместе со вспомогательными материалами: геологической картой, картой рельефа поверхности суши и глубин океана, картой мощности осадочного чехла, картой мощности земной коры и фрагментами разномасштабных тектонических карт, имеющихся на Циркумполярную область. Создана комплексная схема районирования потенциальных полей Циркумполярной Арктики, увязанная со схемой тектонического районирования.

Республикой Казахстан представлены два доклада: «Современные возможности поисков месторождений полиметаллов комплексом геофизических методов» (А. Urdabaev и др.) и «Комплексное 3D моделирование солянокупольного разреза Прикаспийской впадины по сейсмическим, гравиметрическим, магнитометрическим и электрометрическим данным с целью поисков залежей углеводородов» (А. Urdabaev, А. Matusevich и др.).

В первом докладе для исследования горнорудного Большого Алтая в условиях высокого электрического сопротивления среды авторами освещены результаты исследований методами АМТ на частоте 0,05–5,00 кГц, зондирования методом вызванной поляризации, высокоразрешающих магниторазведки и гравиразведки масштабов 1 : 10 000 и крупнее, теплофизической съёмки GPS. В случае перекрытия полиметаллических месторождений бесперспективными для добычи руды образованиями авторы рекомендуют метод переходных процессов для оценки толщины перекрытия слоя.

Во втором докладе представлены результаты изучения солянокупольных структурных образований Прикаспийской впадины с использованием гравиметрических данных, для чего в Казахстане было разработано программное обеспечение SPOGM (А.В. Матусевич).

Комплексным геофизическим исследованиям посвящён доклад учёных разных стран, проводивших 3D структурный и геофизический анализ береговой зоны Аргентины в районе бассейна Колорадо (J. Autin, M. Scheck-Wenderoth и др.). Бассейн Колорадо является рифтовой структурой, образовавшейся в результате тройного RRR сочленения. Исследователи нашли доказательства последовательного развития событий в разных направлениях. Данные высвечивают структуру коры, оседание и развитие аргентинской береговой окраины. Структурная интерпретация показывает два основных направления разломов: параллельных береговой линии (~ N 30°) и параллельных рифту (~ N 125°). Внутрисинрифтовое несоответствие локально отделяет клиновидные структуры с разной глубиной погружения. Эволюция бассейна тесно связана с заложением тел нижней коры (LCBS). Моделирование строения LCBS с параметрами высокой плотности адекватно воспроизводит гравиметрический сигнал, так же как и температура, измеренная в скважинах до 4500 м. Они показывают два направления, согласующиеся с трендом разломов и депозитов. Рассчитанное поле теплопроводности согласуется с данными теплопроводности.

Генерация тепла обуславливает либо высокую степень метаморфизма пород, либо вторжение мафических магматических тел в основание земной коры. Исследователи предполагают, что два последовательных раздвижения сопровождалось извержением магмы, которая проникла в самый тонкий слой коры под СЗ-ЮВ депоцентром и вдоль основных СВ-ЮВ склонов разлома.

ГЕОЛОГОСЪЕМОЧНЫЕ РАБОТЫ

34-я сессия МГК в области геологического картирования прошла под девизом «Геологи подключились к цифровой революции». На пленарной сессии «Цифровая Земля – информационный взрыв» признанными международными специалистами Т. Cudahy (Австралия), К. Asch (Германия) и К. Gledhill (Новая Зеландия) было показано, как цифровая революция и информационный взрыв сегодня формируют будущее направление в науках о Земле. Достижения в области цифровых технологий формируют новый взгляд на геологические процессы, позволяя в то же время оптимально использовать непрерывно растущий массив цифровой информации. Быстрый прогресс мониторинга и измерения данных в реальном времени, веб-технологий и передачи информации сделали геологические и геопространственные данные по-настоящему глобальными, доступными и мгновенными. Продемонстрировано создание карты полезных ископаемых одной отдельно взятой страны, а также отдельного континента на основании спутниковых данных.

Наряду с дистанционными методами достигнут значительный прогресс в традиционном полевом геологическом картировании. В серии докладов геологов Американской ГС J. Whitmeyer, J. Nicoletti и G.D.De Paor показано, что методы сбора полевых геологических данных, их анализ и составление геологической карты переживают революцию в основном за счет внедрения системы глобального позиционирования (GPS) и географических информационных систем (ГИС), оснащения геологов мобильными компьютерами в комплексе с виртуальной глобальной визуализацией. Персональный цифровой помощник (PDA) и планшетный ПК позволяют записывать широкий спектр геологических данных и облегчают построение геологической карты на месте в полевых условиях. Пространственные данные, карты и их интерпретация могут быть представлены в различных форматах на виртуальном глобусе, таком как Google Earth.

Приводятся геологические карты, созданные в среде Google Earth, основанные на цифровых полевых данных. Интерактивные возможности таких карт:

- масштабирование, панорамирование, наклон местности и карты под любым углом зрения;
- выделение полигонов как пространственное продолжение геологических тел, которые могут быть показаны полупрозрачными, что позволяет визуализировать подстилающую поверхность;
- построение геологических разрезов в нужном месте и нужной ориентации;
- показ элементов залегания (например, значков простирания и падения) на обнаженных участках, которые могут быть связаны с метаданными;
- получение других данных, таких как цифровые фотографии или зарисовки в виде интерактивных объектов, привязанных к обнажениям.

Современное оборудование и методики геологического картирования. Современные портативные карманные ПК серии Trimble GeoExplorer™ имеют быстродействующие процессоры с бесшовной интеграцией GPS и могут работать под проливным дождем. Эти устройства имеют четырехдюймовый экран, что делает их маленькими и легкими (1,6 кг). Они используют операционную систему Microsoft (MS) Windows Mobile, которая имеет хорошее быстродействие, но не поддерживают сложные графические программы, такие как ArcGIS. Данные, собранные в полевых условиях с помощью ArcPad, должны быть загружены в компьютер для окончательной подготовки карты.



Рис. 18. Планшетный ПК Xplore iX104C с полевой картой на экране

Альтернативой является использование планшетных компьютеров Xplore iX104™ серии Xplore Technologies (рис. 18).

Планшетные компьютеры имеют большой (десятидюймовый) экран и используют стандартные MS Windows операционные системы. Они могут запускать сложные графические программы (ArcGIS, Illustrator и т. д.), но для них требуется внешний приемник GPS и ArcPad с программным обеспечением для интеграции данных GPS. Более крупные размеры и вес (5 кг) делают их функционально менее удобными в полевых условиях. Trimble и Xplore достаточно дорогие системы, каждая с аксессуарами стоит в розничной торговле несколько тысяч долларов.

Предпочтительным методом является использование карманного компьютера Trimble GeoXM или Xplore iX104C с предустановленными сканированными топографическими картами и аэрофотоснимками района полевых работ. Эти изображения привязаны в ArcGIS, а затем загружаются в ArcPad вместе с шейп-файлами пространственной информации. Эти файлы включают атрибуты данных, такие как названия пород, результаты измерений и другие сведения, зафиксированные на обнажениях.

В программе конгресса большое внимание уделено гиперспектральному, преимущественно дистанционному зондированию по данным спутниковых и аэровоздушных мультиспектральных датчиков Landsat, ASTER, ALI и SPOT с целью геологического и минералогического картирования и выявления других геологических элементов строения территорий разного ранга, в том числе перспективных для поисков и оценки твердых полезных ископаемых. Подчеркивается, что гиперспектральное дистанционное зондирование представляет собой бесконтактную технологию, которая позволяет быстро и относительно дешево обеспечить минералогическую информацию для геологических пространств любых размеров. Как правило, устанавливаются площади развития минералов метасоматических зон или минеральных комплексов, характерных для определенных типов пород.

С. Сиане с соавторами (Бразилия) для выбора объекта поисковых работ на Cu-Au оруденение определил набор индикаторных метасоматических минералов на известном месторождении Караджас (мариалит, альбит, биотит, хлорит), затем были получены их спектральные характеристики из библиотеки ГС США, которые использовались для обработки данных, взятых с аппаратуры ASTER на площади исследований. Из 197 аномалий было выбрано 28, проведена заверка результатов с помощью других методов, подтвердивших индикаторные свойства минералов дистанционного зондирования.

С. Азадзаден и Т. Кудани (Иран) продемонстрировали результаты аэровоздушных гиперспектральных съемок в масштабе рудного поля золото-медно-порфирикового месторождения Шэдан с помощью методики распознавания множественных признаков. Определены места развития белых слюд, каолинита, оксидов железа, отношения гематита к гётиту, что коррелируется с минерализованными зонами и позволяет выбирать точки бурения скважин.

3. Зао с соавторами (Китай) показал, что использование данных ASTER при устранении влияния ряда факторов (растительность, тени, вода и др.) позволяет применять количественные методы выделения карбонатизации, окварцевания и других изменений, сопутствующих свинцово-цинковой минерализации.

А. Киампалини (Италия) утверждает, что обработка мультиспектральных данных Landsat ЕТФМ для Западной Сахары позволяет оконтурить перспективные железорудные площади, основываясь на характеристиках известных месторождений железа в девонских отложениях юга Алжира.

С. Асадзаден и Б. Рашиди (Иран), используя мультиспектральные данные спутника World View-2 с восемью спектральными полосами, показали, что гематит, лимонит, магнийсодержащие минералы одного из скарных железорудных месторождений могут достаточно надежно определяться и использоваться при поисках аналогичных объектов.

Т. Каррино и А. Кроста (Перу) с использованием ASTER, VNIR, SNIR и TIR в одном из золоторудных районов Перу выявили зоны развития алунит-каолининовых, иллит-мусковит-сметитовых изменений, пространственно совпадающих с проявлениями золоторудной минерализации.

Т. Кооо (Мьянма) с помощью 14-полосного VASTER получил минералогическую информацию о распространении кварц-алунит-лимонитовых изменений на медном месторождении района Монуйва, что позволило прогнозировать оруденение в дистальной части известных залежей.

М. Хасси и П. Шванн (Австралия), используя гиперспектральные данные, полученные с помощью НуМар аэровоздушного спектрометра, на двух площадях установили участки развития ассоциаций карбонатов, сульфидов, преобразованных в гётит и ярозит, слюд, в том числе и под мощными наносами. Геохимические работы подтвердили наличие здесь аномалий меди и никеля.

А. Кирсанов с соавторами (Россия) продемонстрировал, что гиперспектральные данные ASTER, обработанные на основе пакетов программ ENVI, позволяют выявлять минералы-индикаторы присутствия твердых полезных ископаемых – кварца, серицита, турмалина и сульфидов для золото-молибденового оруденения Дальнего Востока России. Эти локализованные в пространстве минеральные ассоциации могут служить поисковыми критериями.

Дж. Рехас и соавторы (Испания) на основе анализа гиперспектральных данных в видимом (VIS), коротковолновом инфракрасном (SWIR) и тепловом инфракрасном (TIR) диапазонах, полученных с помощью аэровоздушных датчиков НуМар и MASTER в центральном вулканическом хребте Коста-Рика, зафиксировали площади гидротермальных изменений (каолинит, иллит, алунит, каолинит-сметит).

Методы дистанционного зондирования широко используются при геологическом картировании и установлении тех или иных геологических элементов.

Р. Кокали, Т. Кинг и Т. Хофен (США) в кооперации с правительством Афганистана собрали комплексные НуМар данные для площади 430 000 км², которые были проанализированы с помощью алгоритма идентификации и характеристики материалов MICA для определения минеральных классов на основе сопоставления с эталонными спектрами стандартных минералов. Построены карты железосодержащих минералов; глинистых минералов, карбонатов, сульфатов и ряда метасоматических минералов. Карты выявили геологические особенности территории, зоны разломов и потенциальные рудоносные площади.

Н. Вилор с соавторами (Россия) утверждает, что инфракрасное излучение (IR) в диапазоне 3,7–11 мкм, полученное с аппаратуры A-VHRR и MODIS на борту спутников NOAA и EOS, фиксирует поверхности современных активных региональных разломов. Поток яркости IR был пересчитан на тепловой поток F. Предполагается, что F в различных структурах коррелируется с сейсмическими параметрами или поверхностными тепловыми потоками, а также с глубиной залегания поверхности Мохо или скоростью перемещения тектонических блоков.

Р. Бинотто с соавторами (Бразилия) с целью картирования с помощью дистанционных данных вулканических пород бассейна р. Парана подготовил цифровую библиотеку

тепловых инфракрасных спектров этих пород и сравнил их со спектрами, полученными с планетарного и низкоорбитального спутников. Спектральные признаки образцов пород коррелировались с литогеохимическими и петрографическими характеристиками, что позволило авторам достаточно уверенно картировать различные типы пород.

М. Доблис и соавторы (Австралия, Франция) предлагают применять коротковолновую инфракрасную спектроскопию (SWIR) для получения физико-химической информации по белым слюдам и хлориту для определения ступеней метаморфизма путем количественных сопоставлений KI и AI. Этот метод, по мнению авторов, низкочастотный и применим в случае, когда дистанционное зондирование – единственно возможный метод съемки.

А. Нгуно с соавторами (Намибия, Япония) показал возможности использования спутниковой аппаратуры ASTER и гиперспектральных данных HyMap для геологического картирования различных разностей пород в центральной части Западной Намибии. Были применены такие методы обработки изображений, как нормирование полос и спектральная угловая картировочная система SAM. Выделены карбонатные породы, вмещающие золоторудную и медную минерализацию.

Серия сообщений была посвящена результатам использования спектральной сканирующей системы и тепловой инфракрасной спектральной аппаратуры HyLogging для картирования (документации) керна скважин.

К. Янг с соавторами (Австралия) с целью разработки методики надежного картирования химического состава никелевых латеритов с помощью отражательной спектроскопии протестировал сканирующую систему на уступах карьера на месторождении Коннамбо. Проведена калибровка соответствия количественной характеристики спектральных отражательных данных и весового процентного состава Ni, MgO, SiO₂, Fe, что, как представляется авторам, позволит сочетать отражательную спектроскопию с традиционными методами опробования.

М. Берман с соавторами (Австралия) предлагает с помощью HyLogging делить керн на участки (области) с близкими тепловыми инфракрасными спектрами, которые, как правило, фиксируют от 4 до 6 поддающихся определению минералов. Будет возможно находить эти области в автоматическом режиме, а также исследовать распространение минералов в пределах области.

А. Грин с соавторами (Австралия) рассмотрел результаты интерпретации тепловых инфракрасных данных системы составления разреза на гиперспектральной основе HyLogging по десяти буровым скважинам. Установлено, что ряд рудных, породообразующих и метасоматических минералов легко определяется в смесях в ближней инфракрасной (VNIR), коротковолновой инфракрасной (SWIR) и тепловой инфракрасной (TIR) областях, другие (например, полевые шпаты, хлориты, слюды, оксиды железа) сложнее для диагностики. Отмечается, что интегральная интерпретация данных всех областей инфракрасной спектроскопии в сочетании с геологической информацией дает наиболее надежные данные при документации керна.

Ю. Занг (Китай) показал возможность применения гиперспектрального анализа для документации керна буровых скважин и канав и увязки разрезов. Установлены соотношения между интенсивностью проявления урановой минерализации и аномальными спектральными характеристиками, что позволило выявлять и систематизировать корреляционные спектральные алгоритмы и применять их при поисках и изучении месторождений различных типов на юге и северо-западе Китая.

Г. Гордон и А. Моусер (Австралия) при гиперспектральном каротаже керна на шельфе Стюарт использовали видимую коротковолновую инфракрасную спектрометрию (VSWIR) для выявления слюды, хлорита, карбоната и оксидов железа, а также тепловую инфракрасную спектроскопию для установления силикатов. Полученные данные с учетом результатов каротажа были использованы для опознавания пород двух основных вулканических единиц, отдельных вулканических потоков и корреляции между скважинами.

Р. Берс, П. Харрис и Х. Карьяланен (Финляндия, ЮАР) полагают, что развитие технологий инфракрасной съемки керна стало возможным благодаря появлению доступных и приемлемых по цене спектральных камер. Сегодня обработка и анализ данных гипер-

спектральной съемки керна нацелены на идентификацию минералов и их ассоциаций. Предполагается, что при изучении керна будут применяться и другие методы, например 3D лазерное сканирование и аддитивные цветовые модели (RGB), которые в совокупности с инфракрасной спектроскопией обеспечат новую информацию о кернах – структурный анализ, состояние керна и т. п.

Несколько сообщений было посвящено комплексному анализу и интеграции результатов разных видов работ для определенных целей.

К. Лоукэмп, Т. Кадахой, М. Хэист (Австралия) показали, что сопоставление и корреляция в рамках единой пространственной системы данных отражательной спектроскопии, геохимических исследований и геофизических работ могут быть использованы для создания литологических и 3D геологических карт, включающих типы вмещающих пород, зоны метасоматоза и гидротермальной проработки. Аномальные зоны на 3D картах оценены по их связям с известной минерализацией, что привело к оконтуриванию новых перспективных площадей.

Д. Барбуэна с соавторами (Бразилия) с помощью обработки и интерпретации аэровоздушных гиперспектральных (ASTER) и магнитных данных создали региональную геологическую карту золоторудной провинции Алта Флореста, покрытой густой растительностью и малодоступной для прямых геологических наблюдений. Спектральные характеристики растительности и почв отфильтрованы из изображений системы ASTER. Объемные модели золоторудных месторождений созданы с применением методов анализа главных компонент и аппарата нечеткой логики (Fuzzy Logic).

А. Аvezов, А. Глик, И. Сидорова (Узбекистан) объединили пространственную GIS и спектральную информацию по данным Landsat TM по району Центральных Кызылкумов. Панхроматические и мультиспектральные изображения были объединены в синергетические с применением анализа главных компонент (PCA). Выявлены линеаменты, кольцевые структуры, контролируемые золоторудную минерализацию, и новые перспективные участки.

Особый интерес вызывают реальные шаги по пути централизованной систематизации, обобщения гиперспектральных данных и создания баз и банков данных Национальной виртуальной библиотеки керна (NYCL) в Австралии – проект AuScore. Этому проекту посвящены два сообщения австралийских геологов.

Дж. Хантингтон с соавторами (страна) охарактеризовал процесс, цели и задачи создания библиотеки. Проект AuScore Национальной виртуальной библиотеки по кернам развернул разработанную Австралией инструментальную систему документации разреза по буровому кернам на гиперспектральной основе HyLogging современного уровня в семи библиотеках керна государственной и территориальных геологических служб, где проводится стандартное минералогическое сканирование тысяч метров керна и образцов из десятков общественных и частных объектов ГРП.

Национальная виртуальная библиотека керна является интегрированной, кооперативной инфраструктурной системой, включающей библиотеки керна, хранящие информацию около 8 млн м материала и HyLogging аппаратуру. Местные операторы и геологи интерпретируют данные при поддержке централизованной экспертизы. Для минералогической интерпретации используются программные средства геолога-спектроскописта, а относительные базы данных, объединенные с интернет-порталом, обеспечивают легкий общественный доступ. На сегодня материал более 500 тыс. м признан приоритетным, сохранен в форме изображений и отсканирован гиперспектральным методом в видимом ближнем инфракрасном (VNIR), коротковолновом инфракрасном (SWIR) и теперь в тепловом инфракрасном (TIR) диапазонах длин волн с плотностью документации около 125 образцов на метр.

Распределенный характер этой сети является средством беспрецедентного публичного доступа к историческому кернавому материалу, систематическим обзорам прошлых успехов и неудач, улучшенным геологическим и геологоразведочным моделям.

М. Шоднок с соавторами представил библиотеку тепловых инфракрасных (TIR) спектров отражения стандартных минералов и пород для составления разрезов, профилей HyLogging.

Данные библиотеки были включены в стандартный набор алгоритма The Spectral Assistant (TSA), метода разделения спектров использованного в программном пакете TSG-HotCore. Сбор этой спектральной библиотеки и создание стандартного набора тепловых инфракрасных спектров (TIR) являются текущим процессом, и в библиотеку и стандартный набор включаются новые образцы в зависимости от потребностей сообщества NuLogging. Растущее количество измеренных образцов создало необходимость преобразования коллекции текущих данных в надлежащую базу данных, которая позволяет применять подходящие поисковые опции (т. е. проводить поиск по различным параметрам (названия минералов, элементов в формуле или минеральных групп) и обеспечивает возможность web-доступа. Первая бета-версия этой новой базы данных успешно разработана. Внимание в сборе библиотеки сосредоточено на включении новых минералов (сульфиды, оксиды и карбонаты). Их спектральные характеристики и вариации представлены и обсуждаются вместе с наблюдаемым спектральным поведением.

Виртуальное 3D представление геологических данных. В программное обеспечение ГИС, таких как ArcGIS, давно включены инструменты конструирования 3D рельефа (например, ArcGIS 3D Analyst), и пользователи могут просматривать и анализировать данные ГИС в виртуальной 3D среде. Однако полная реализация потенциала компьютеризированного представления и оценки геологических карт затруднена из-за высокой стоимости программного обеспечения и продолжительного срока обучения для пользования ГИС. Эти проблемы были в значительной степени облегчены с появлением глобальной цифровой модели рельефа (Google Earth), которая дает возможность начинающему пользователю проще использовать виртуальные 3D модели рельефа. Google Earth содержит встроенные инструменты для создания точек ломаных линий, многоугольников и других компонентов геологической карты (рис. 19, 20).

3D геологическое картирование является прямым результатом технологических инноваций и возникло для удовлетворения потребностей интенсивного земле- и недропользования, особенно в городских и пригородных районах, транспортных коридорах и в регионах с нарушенной экологией. Двумерные геологические карты, однако, остаются стандартным методом отображения обширных областей сложного геологического строе-

Рис. 19. Наклонный вид геологической карты с отображением элементов залегания (простирание и падение) на прозрачных цветных накладках на земную поверхность

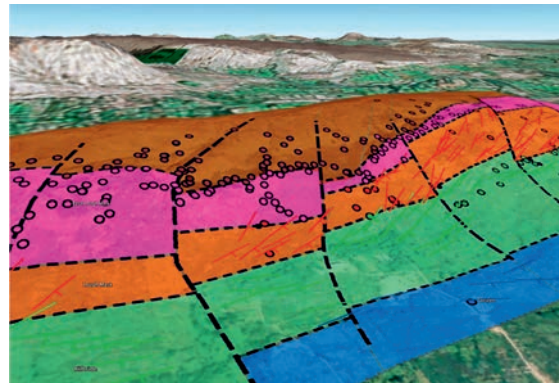
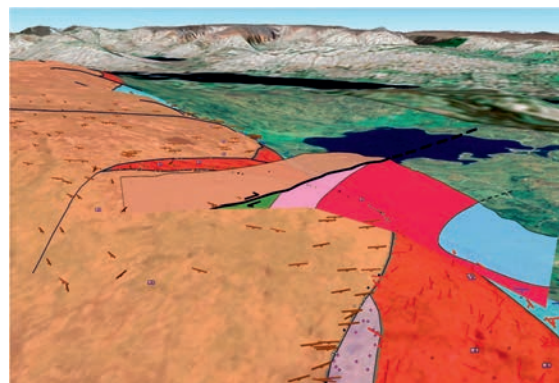


Рис. 20. Пример получения геологического разреза непосредственно на геологической карте. Обращает на себя внимание тот факт, что цветные трехмерные элементы залегания как бы парят в нескольких метрах от поверхности Земли



ния с широким развитием дислоцированных осадочных, магматических и метаморфических пород.

На значительных территориях с недеформированным осадочным чехлом, где актуальными являются проблемы управления земельными и водными ресурсами, системная информация о недрах необходима для принятия управленческих решений в целях экономического развития территорий и охраны окружающей среды. Трехмерное геологическое картирование прямо отображает геологическое строение скрытой земной поверхности. Трехмерная геологическая информация является одним из важнейших технических требований для решения многих текущих вопросов в науках о Земле, инженерно-геологического и гидрогеологического моделирования, земле- и недропользования, она гораздо понятней для широкой аудитории. Это позволяет специалистам по земле- и недропользованию совершенно по-новому визуализировать земельные участки, что улучшает взаимопонимание с общественностью, облегчает планирование и принятие решений. Кроме того, решаются проблемы оптимизации получения 3D информации, в частности веб-доступности. В реализации современных потребностей общества геологи показали, как обычная геологическая карта может быть трансформирована в 3D многослойную модель, которая рассматривается как одна из форм наиболее необходимой и легкодоступной геологической карты.

ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ЗЕМЛИ

О современных методах и технологиях использования данных дистанционного зондирования Земли (ДДЗ) при геологических работах за рубежом можно судить по результатам работ, представленных более чем в 100 докладах 34-го МГК:

– ДДЗ при прогнозно-поисковых работах на твердые полезные ископаемые и углеводороды;

– ДДЗ при геологическом картировании;

– ДДЗ при мониторинге геологических опасностей и экзогенных процессов.

Значительное внимание было уделено перспективному направлению – использованию данных гиперспектральной аэро- и космической съемки. Гиперспектральные системы (имеющие до 250 узких спектральных диапазонов) позволяют получать данные о химическом и/или минералогическом составе горных пород и использовать их при литологическом картировании и прогнозировании определенных видов полезных ископаемых.

В докладе R.F. Kokaly, T.V. King, T.M. Hoefen (США) рассмотрены результаты применения данных гиперспектрометра НуМар для характеристики природных ресурсов и разведки полезных ископаемых в Афганистане. В 2007 г. ГС США получила данные НуМар на территорию площадью 430 000 км² при пространственном разрешении 2–3 м. После атмосферной коррекции и калибровки эти данные были обработаны алгоритмом идентификации с целью выявления конкретных минералов и минеральных классов путем сравнения спектра каждого пикселя со спектрами минералов. Для всей страны были созданы две карты минерального распределения: карта железосодержащих минералов и карта глин, карбонатов, сульфатов и измененных минералов – алуниита, пирофиллита, баддингтонита и др. Карты распределения минералов Афганистана раскрывают особенности геологического строения и основные зоны разломов и используются для описания изученного ресурсного потенциала полезных ископаемых.

В докладе T.M. Hoefen, T.V. King, R.F. Kokaly (США) приведены материалы по выявлению изменений минералов с использованием гиперспектральных данных НуМар на территории Афганистана. Возможность обнаруживать и картировать гидротермально измененные минералы имеет решающее значение для оценки потенциала минеральных ресурсов. Полезные ископаемые связаны с гидротермально измененными минералами, в том числе с пирофиллитом, алуниитом, каолинитом, хлоритом/эпидотом, железосодержащими карбонатами, ярозитом, гипсом, баддингтонитом и гидратированным кремнеземом, кото-

рые были включены в карту Афганистана. Учитывая удаленность мест и большую площадь страны, трудности в проведении полевых работ, спектроскопия с формированием изображений играет важнейшую роль в способности выявлять потенциальные объекты для освоения минеральных ресурсов. Набор данных НуМар также обеспечивает уникальную возможность оценки минеральных ресурсов на месторождениях на локальном и региональном уровнях. Объединив вещественные карты по данным НуМар с геологическими картами и данными из предыдущих геологических исследований, стали понятней условия образования гидротермальных систем и их возможное экономическое значение.

S. Asadzadeh, T. Cudahy (Иран, Австралия) приводят результаты изучения порфирового медно-золотого месторождения Shadan с использованием гиперспектральных изображений НуМар для определения мест заложения разведочных скважин. Была использована методика CSIRO множественного выделения признаков. На основании обработки данных НуМар составлена карта минералов, показавшая высокие корреляции с картами конкретных групп полезных ископаемых. Аэрогиперспектральные изображения и карта минеральных продуктов могут быть использованы для успешного определения площадей на разведочное бурение в полусасушливых районах.

Доклад J.C.S. Seoane, P.A. Santos, M.C. Fernandes (Бразилия) посвящен поискам медно-золотых месторождений с помощью изображений ASTER в минеральной провинции Каражас. Проведен анализ материалов обработки изображений VNIR-SWIR каналов космических снимков ASTER, которые использовались для выбора соответствующих минералов, картирования гидротермальных ореолов изменений и обнаружения конкретных минеральных спектральных особенностей. Спектры минералов из спектральной библиотеки ГС США приведены к спектрам данных ASTER. 147 определенных минеральных аномалий было разбито на три класса приоритетов, учитывающих совпадение с полезными ископаемыми и географическую привязку, где формировались ореолы. 28 аномалий всех классов были проверены в поле с применением РС-GPS, работающих с ГИС. Рентгеновская дифрактометрия, петрография и спектрорадиометрия образцов горных пород подтвердили присутствие индикаторных минералов, определяемых дистанционно и, следовательно, возможность анализа изображений для выбора приоритетных областей. Площади аномалий 15 км² из 4150 км² тестовой области (т. е. < 0,4%), что позволило сократить район разведки.

Доклад А. Авезова, А. Глуха, И. Сидоровой (Узбекистан) посвящен комплексному анализу ДДЗ для выявления перспективных рудных территорий в центральной части Кызылкума (Западный Узбекистан). Космические изображения Landsat TM успешно применены для распознавания геологической структуры на большой площади, что позволило выявить региональные структуры – разломы и кольцевые структуры. Пространственная информация имеет решающее значение для обнаружения рудных тел, спектральные данные также могут помочь в геологической интерпретации космических снимков. Чтобы объединить пространственную и спектральную информацию данных Landsat TM, панхроматические и мультиспектральные изображения скомбинированы в синергетическое изображение с использованием метода главных компонент. В ходе интерпретации полученных данных с использованием ГИС выявлены новые перспективные участки, связанные с минерализацией. Комплексный анализ позволил выявить новые потенциально перспективные рудные области для планирования поисковых работ.

Применение комплекса методов дистанционного зондирования в разведке полезных ископаемых в Яме (Тибет) рассмотрено в докладе N. Guo, K. Guo, J. Tang, J. Chang, T. Zhang, X. Bie (Китай). После четырех лет исследований по разведке Яманского медно-полиметаллического рудопроявления район Яма был принят как перспективный с экономически выгодной полиметаллической медной минерализацией. Для проверки минерализационного потенциала района Яма и обеспечения фундаментальными данными дальнейших исследований использовались мультиспектральные и гиперспектральные ДДЗ – Landsat 7 ETM+, ASTER и IKONOS. Обработки методами главных компонент, MNF трансформации и группы нормирования были взяты для того, чтобы извлечь информацию о Fe³⁺ и ОН поведении замещающих минералов. На основании гиперспек-

тральных измерений керна получена минералогическая информация для серицита (с различным содержанием Al), хлорита (с разным Fe/Mg значением), биотита (с различным содержанием Fe), алунита, каолинита, гипса, дикита, топаза и карбоната. Выведены 2D модели изменений в яманских минерализованных зонах и их периферии по данным изучения поверхности и 3D модель изменения рудного тела через гиперспектральные измерения 32 скважин. На основе ДДЗ определены возможные площади разведочных работ. В то же время с относительной численностью серицита, хлорита и других замещающих минералов по крайней мере могут быть выведены три фазы магматического внедрения. Минерализационная модель рудопроявления Яма была создана путем объединения ДДЗ и карт распределения множества химических элементов, например, Cu, Mo, Au, Ag, Pb, Zn.

Вопросы геологического картирования с использованием ASTER и аэрогиперспектральных данных НуМар в Центрально-Западной Намибии рассмотрено в докладе А.-К. Nguno, А. Muvongo, Е. Muvangua и др. (Намибия, Япония). Геология Центрально-Западной Намибии включает в себя высокометаморфизованные и деформированные осадочные, вулканические и интрузивные породы метаморфического комплекса Mokolian Abbabis, окруженные метаседиментационными породами позднего протерозоя супергруппы Damara. Технологии обработки изображений (нормирование и спектральный угловой картировщик – SAM) использованы для того, чтобы различать разные геологические осадочные породы в районе исследования. Методы обработки изображений были направлены на выделение четко определенных контрастов между различными литологическими единицами. Индекс изображения карбоната (данные ASTER, деление 13/14 каналов) четко отделяет карбонаты (мрамор, доломиты) от других типов пород в этом районе. Это имеет важное значение в исследовании, так как они вмещают несколько экономически важных месторождений (мраморное с золото-скарновым и медным оруденением), а также промышленные минералы и ресурсы белого камня. Изображение минерального индекса производилось с использованием метода SAM НуМар данных, оказавшегося полезным инструментом для выявления характерных спектров измененных минералов. Мультиспектральные и гиперспектральные данные были успешно применены для детального геологического картирования.

Результаты обработки и моделирования геофизических данных и космических изображений ASTER для геологической интерпретации и разведки полезных ископаемых в золотоносной провинции Alta Floresta (Бразилия) рассматриваются в докладе D. Barbuena, С. R. S. Filho, F. J. F. Ferreira, E. P. Leite и др. (Бразилия). В восточном сегменте центрально-южной части Амазонского кратона более ста месторождений золота размещено в вулканических породах и сконцентрировано вдоль пояса Peru-Trairão в северо-западном и юго-восточном направлениях. Из-за ограниченности доступа, густой растительности и повсеместного выветривания извлечение геологической информации в регионе затруднено, поэтому геофизические данные и ДДЗ имеют важное значение для расширения геологических знаний в таких слабозакартированных областях. Обработка и интерпретация данных воздушной гамма-спектрометрии и магнитные данные позволили составить новую региональную геологическую карту восточной части провинции Alta Floresta. Перспективные модели месторождений золота получены с применением анализа ДДЗ методом главных компонент. Гамма-спектрометрические аномалии сравнивались со спектральными характеристиками растительности и почв/пород, полученными по изображениям ASTER. Исследование показало, что существует сильная корреляция между богатыми калием районами и спектральными аномалиями, связанными с растительностью и геофизические и ботанические признаки могут быть использованы в дополнение к другим методам поисков месторождений золота в провинции Alta Floresta.

С. Н. do Amaral, Т. I. R. de Almeida, С. R. de Souza Filho (Бразилия) обсуждают вопросы применения гиперспектральных изображений для обнаружения текстурных изменений в почвах и рыхлых отложениях. Работа проводилась на юго-востоке Бразилии, где находятся саванны и прибрежные леса Атлантического океана. Целью работ была проверка способности гиперспектральных изображений ProSpecTIR (357 VNIR-SWIR каналов; пространственное разрешение 1 м) для определения изменений содержания глины в почве/отложениях на основе их обработки. Отношения между видами растений и нижележащими

слоями почвы и отложениями считаются труднопрослеживаемыми в тропическом климате из-за обширного биоразнообразия. Образцы были собраны для гранулометрического анализа в центре 30 участков размером 20 × 20 м каждый. Растительность была сгруппирована по флористическому сходству. Специальные спектральные индексы были применены к ProSpecTIR данным. Различные показатели понадобились, чтобы извлечь параметры физической среды с различной растительностью. Результаты показывают, что в саванне существует сильная отрицательная корреляция содержания глины с содержанием хлорофилла и воды в листьях, в прибрежных лесах области — отрицательная корреляция между содержанием глины и целлюлозным индексом. Гиперспектральным дистанционным зондированием можно определять тонкие спектральные изменения в почвах, связанных с незначительными вариациями на вышележащей территории.

Трехмерная интеграция спектроскопических, геохимических и геофизических данных для эффективной разведки полезных ископаемых рассмотрена в докладе С. Laukamp, Т. Cudahy, М. Naest (Австралия). Эффективная разведка полезных ископаемых облегчается за счет наличия геонаучных данных и их успешной интерпретации и интеграции. Спектроскопия отражения в видимом и инфракрасном (VIRS) диапазонах может напрямую указывать на относительное содержание и состав основных породообразующих минералов. Эти два независимых набора данных дополняют друг друга, в обоих наборах различные геохимические и минералогические параметры анализируемых образцов/участков. VIRS предоставляет пространственный охват, где может быть выделена более подробная, но пространственно более редкая геохимия. Как правило, гораздо грубее геофизические (например, радиометрические) или спутниковые (например, ASTER) данные представляют другие их независимые наборы. Проведены тематические исследования, где спектроскопические, геохимические и геофизические параметры вмещающих пород и модели их изменения по составу, связанные с гидротермальным изменением, использовались для создания псевдолитографии и построения геологических карт в 3D. Оценены аномальные зоны и их отношения с известной минерализацией в 3D картах. Это привело к разграничению новых предполагаемых областей добычи полезных ископаемых, что свидетельствует о применимости этого метода для эффективной разведки полезных ископаемых.

Доклад S. Ong, Т. Cudahy (Австралия) посвящен оценке неопределенностей в использовании гиперспектральных изображений для отображения минералов. Значение гиперспектрального дистанционного зондирования для повышения понимания геологии уже продемонстрировано в ряде случаев в Австралии и по всему миру. Эта технология, как ожидается, будет более доступной в ближайшем будущем в связи с доступностью ДДЗ, прогнозируемых в следующие пять лет. CSIRO занимается разработкой методов извлечения минералогической информации, основывающейся на лабораторных спектроскопических данных. Самостоятельно подтверждены алгоритмы и подсчитаны неопределенности, связанные с атмосферой и последствиями загрязнения растительности. Аэрогиперспектральные данные, полученные HyMap™, обработаны с помощью атмосферного пакета SODA для количественной оценки этих неопределенностей. Ожидается, что результаты исследования найдут широкое применение, когда гиперспектральное дистанционное зондирование будет общей практикой и полученные данные должны будут отвечать стандартам, требуемым для использования дистанционного зондирования при изменении климата.

В докладе К. Mhorjani, А. Ford, Т. Cudahy, С. Laukamp, С. McCuaig (Австралия) приводятся результаты применения ДДЗ и ГИС-картографирования четвертичных и современных поверхностных отложений Центрального района Намибии. В этом исследовании применяют интегрированное дистанционное зондирование, включая ASTER, HyMAP и ГИС-методы вместе с различными наборами данных. Для проверки различий между ранее недифференцированными поверхностными отложениями и четвертичными до настоящего времени проводилось полевое картографирование. В сочетании с интегрированным отображением распределения урана в этом районе в естественных условиях исследованы факторы, связанные с добычей и разведкой. В дополнение к базовым геологическим данным исследование предоставляет полезную информацию для понимания вторичной минерализации урана.

В докладе С.Л. Пери (США) показана роль дистанционного зондирования в планировании полевых работ по разведке полезных ископаемых. Спутниковая съемка предлагает легкодоступный набор данных для поддержки полевых геологов, особенно для работающих в отдаленных местах. Проверенные методы включают в себя структурные интерпретации, литологический прогноз и картирование минеральных изменений по ДДЗ среднего пространственного разрешения (10–30 м), таких как Landsat, ASTER, ALI и SPOT. Новые коммерческие спутниковые системы высокого пространственного разрешения обеспечивают в видимом и ближнем инфракрасном (VNIR) спектральных диапазонах размер пикселя до 50 см. Изображения с высоким разрешением идеально подходят для полевого планирования и при наземных работах, в том числе для проектирования полевых маршрутов, геохимических и геофизических исследований. Вместе с GPS и ГИС геологическая интерпретация и моделирование с использованием ДДЗ становятся мощным инструментом, экономящим время и бюджет для геологов, занимающихся разведкой полезных ископаемых. Прогнозирование и отображение литологии и изменения пород на основе ДДЗ достигаются с помощью цифровой обработки изображений. Анализ коротковолновых инфракрасных каналов ASTER позволяет отличать карбонаты, сульфаты, слоистые силикаты и другие глины. Landsat и ALI VNIR-каналы лучшим образом характеризуют минералы железа. Хотя ни один из орбитальных датчиков не предоставляет полного набора спектральных диапазонов для моделирования минералогии, регистрация VNIR и SWIR групп из различных спутниковых систем обеспечивает «гибридный» набор данных для надежного прогнозирования полезных ископаемых. Безусловно, лучше всего отображение минералов достигается с помощью космических гиперспектральных снимков, где по сотням VNIR и SWIR-каналов можно различать виды полезных ископаемых. Это показывает несколько примеров использования ДДЗ для разведки полезных ископаемых в США (штат Невада), Аргентине, Турции и Монголии.

Доклад С.Р. de Souza Filho, L.A. Magalhaes, W.J. de Oliveira, T. Lammoglia (Бразилия) посвящен результатам изучения спектральных изменений растительности над районами микропросачиваний углеводородов с использованием гиперспектральных и мультиспектральных ДДЗ. Исследования проводились в бассейне Сан-Франциско (Центральная Бразилия) на площади the Remanso do Fogo (штат Минас-Жерайс), где зафиксировано несколько микропросачиваний углеводородов. Площадь имеет равнинный рельеф и песчаные почвы, покрытые плантациями эвкалипта. Необходимо было зафиксировать спектральные изменения на листьях деревьев от углеводородных газов на этой площади по данным, собранным с различных датчиков, от портативных (FieldSpec) до космического радиометра ASTER. Спектры растительности, собранные внутри углеводородных аномалий, указали на характерные черты в VNIR-SWIR диапазонах данных ASTER и пространственную связь геохимических и геоботанических аномалий. Площади, отображающиеся как спектрально аномальные, дали свидетельства просачивания в многочисленных местах, проверенных в полевых условиях. Дальнейшие исследования направлены на аэрогиперспектральные изображения ProSpecTIR-VS (357 полос от 400 до 2500 нм с пространственным разрешением 1 м). Цифровая обработка данных позволила выявить области, связанные с геоботаническими и газометрическими аномалиями. Полевые проверки этих аномалий показывают, что на этих площадях эвкалипты слабо развиты, теряют листву или просто не растут. Похожие данные оказались и на пологие: во VNIR- (например, 672 нм) и SWIR-диапазонах (например, 1894 нм) существуют различия между стрессовой и не менее стрессовой растительностью, пострадавшей от микропросачиваний. Полученные результаты подтверждают эффективность использования дистанционного зондирования растительности для поисков выходов углеводородов.

В докладе М. Thomas, М. Caccetta, S. Collins и Т. Cudahy (Австралия) приводятся сведения о Национальной геонаучной карте ASTER. CSIRO и Geoscience Australia с несколькими государственными правительственными учреждениями (в том числе GSWA, GSQ, DMITRE и NTGS). Было выпущено 15 геонаучных продуктов, созданных по данным ASTER, с приложениями для минерального картографирования и разведки, почвенного картирования, охраны окружающей среды и сельского хозяйства. Все геонаучные продукты

доступны в интернете и ГИС-совместимы с другой информацией наук о Земле. Эта работа представляет собой крупнейшую ASTER-мозаику на всю территорию Австралии. Проекты такого типа устанавливают в мире новые стандарты для спектрального дистанционного зондирования в масштабах от государственного до планетарного. Проект поддерживается на национальном и международном уровнях научными группами ASTER, ERSDAC, НАСА и USGS. Результаты включают формирование платформы для создания национальных стандартов и геонаучной номенклатуры продуктов, методы обработки, точность оценок и состав документации. Подробные сведения о содержании продукта обеспечивают значительную передачу знаний для существующих и новых пользователей этого типа данных. Спутниковые гиперспектральные изображения Hyperion имеют важнейшее значение для калибровки и проверки обработанных данных ASTER, для получения коэффициентов регрессии, сокращают количество ошибок и увеличивают надежность и достоверность спектральных характеристик.

Использованию новых геонаучных карт Австралии по данным ASTER для тематического исследования хребтов Флиндерс (Южная Австралия) посвящен доклад Н. Dulfer, М. Thomas, Т. Cudahy (Австралия). Карты Австралии связаны с картами минеральных ресурсов. Они имеют от 30 (SWIR) до 90-метровое (TIR) пиксельное разрешение и могут быть использованы для идентификации минералов, пространственно и химически связанных с различными типами рудных месторождений. Например, карты по данным ASTER показывают, что коллювиальные отложения длиной 200 км, распространенные на восток от северных хребтов Флиндерс, имеют различные минералогические особенности, по-видимому, отражающие их происхождение. Основная продукция включает тематические карты, в том числе показывающие окислительно-восстановительные условия, и карты состава группы АЮН с областями, доминирующими над нейтрально-щелочными илито-выми/сметитовыми почвами, в отличие от каолинитовых почв, которые создают более нейтрально-кислотные условия. Эти минеральные карты способствуют разведке урана (отображение окисленных грунтовых вод) и геотермальной энергии (отслеживанию жизнеспособных U-несущих материнских пород/флюидов).

Н. Kaufmann, К. Segl, S. Chabrilat, Т. Kuester и др. (Германия) представили программу EnMAP (картирование и анализ окружающей среды), ее современное состояние и планы на будущее: «Немецкая спутниковая миссия обеспечения гиперспектральными данными высокой точности изображений земной поверхности на своевременной и регулярной основе». EnMAP предназначен для записи биофизических, биохимических и геохимических переменных на глобальной основе для расширения понимания биосферных/геосферных процессов и обеспечения устойчивости наших ресурсов. Подготовительные исследования направлены на эффективное использование спектральной информации в области геологической разведки и энергетических ресурсов, эрозии и деградации земель, загрязнения и устойчивости экосистем и усвоения извлеченных количественных параметров в моделировании процессов. Прибор EnMAP предназначен для измерения непрерывного спектра в диапазоне длин волн 420–2450 с GSD 30 × 30 м в полосе шириной 30 км. Среднее расстояние спектральной выборки 6,5 нм в VNIR с SNR 450:1 и 10 нм в регионе SWIR (SNR 170:1). Пространственное разрешение в надире до ±30°, повторные измерения проводятся в течение четырех дней. Научная программа EnMAP с геоприложениями будет усиленно взаимодействовать с другими методами и программами, а также международными сетевыми технологиями.

В докладе Т. Lammoglia, С. R. S. Filho (Бразилия) представлены результаты морской разведки нефти посредством оптического дистанционного зондирования. Выходы (просачивание) природных углеводородов исследованы на основании лабораторных спектральных характеристик сырой нефти и с учетом случаев выходов в морских осадочных бассейнах. Образцы нефти с различными химическими свойствами измерены на спектральное отражение (VNIR-SWIR/0,35–2,5 мкм), нарушенное полное внутреннее отражение, направленное полусферическое отражение и излучательную способность (TIR/3–14 мкм). Типичные спектральные особенности углеводородов наблюдаются как в сырой нефти, так и образцах масляной пленки. Несколько углеводородных диагностических спектраль-

ных особенностей отмечено в стабильной водонефтяной эмульсии – предоставлены дополнительные доказательства отображения просачивания в море и возможности оценки времени выветривания и эмульсии масла на воде. Просачивания были зарегистрированы в осадочном бассейне Кампос (Бразилия) и заливе Кампече (Мексиканский залив) с помощью космического радиометра ASTER. Эти данные и хеометрические модели, построенные со спектров отражения, позволили дать качественные характеристики углеводородов. Кроме того, данные ASTER были обработаны с помощью ряда методик, адаптированных к мультиспектральным данным, а также методом нейронной сети. Эти методы позволили обнаружить и выделить углеводороды между толстой и тонкой масляными пленками. Проведенная работа продемонстрировала потенциал спектроскопии, хеометрических моделей, высокого разрешения мультиспектральных данных и спектрально-пространственной методологии для недорогой морской разведки и качественной характеристики морских углеводородов.

R.F. Kokaly, B.R. Couvillion, J.-A.M. Holloway, S.C. Piazza (США) показали возможности обнаружения нефти при инциденте с Deepwater Horizon (нефтяная платформа сверхглубоководного бурения) и привели характеристики воздействия на водно-болотные экосистемы при визуализации данных спектрометра. С апреля по июль 2010 г. нефть вытекала из скважины Макондо в Мексиканский залив. Береговая линия США была загрязнена на сотни километров вдоль пляжей и прибрежных водно-болотных экосистем. Физический и химический эффект разлива нефти может иметь как краткосрочное, так и долгосрочное воздействие на водно-болотные функции, в том числе может вызвать гибель растений, снижение производства биомассы, увеличение восприимчивости к гибели болота. В рамках экстренного реагирования были получены данные с аэрогиперспектрометра AVIRIS с мая по октябрь 2010 г. над разливом нефти в океане и на побережьях. Результаты обработки этих данных и одновременного анализа материалов полевых исследований использованы для установления наиболее сильно пострадавших районов, количественной оценки глубины проникновения нефти в болото, характеристики физического и химического воздействия нефти на экосистему и оценки реакции растительности. С июля 2010 по октябрь 2011 г. загрязненные нефтью площади эродировались в разной степени.

D. Dhont, R. Lasnel, S. Riazanoff, D. Dubucq и др. (Франция) провели исследования по идентификации естественного просачивания углеводородов на морские поверхности по радиолокационным изображениям ENVISAT. Радар с синтезированной апертурой (SAR) представляет собой мощный инструмент для обнаружения углеводородов на поверхности моря из-за чувствительности СВЧ сигнала на шероховатость поверхности. При последовательно повторяющихся просачиваниях образуется типичная модель т. н. цветка структур, чьи удлинённые лепестки представляют собой отдельные пятна, сходящиеся к точке просачивания на поверхности моря. Разработан метод обработки радиолокационных изображений для автоматического обнаружения нефтяных пятен. Предлагаемый рабочий процесс состоит на первом этапе в фильтрации данных на снижение пятнистости визуального разрешения. На втором этапе морфологическая фильтрация применяется для извлечения темных пятен, которые могут представлять нефтяное пятно. Вероятности обнаружения просачивания затем классифицируются в соответствии со степенью интенсивности тона на радиолокационных изображениях. На третьем этапе для отслеживания повторяющихся узоров на изображениях используются методы слияния изображений. Вычисление атрибутов дает окончательную оценку генезиса обнаруженного темного пятна.

Y. Ma, Y. Cheng, R. Xu, G. Li (Китай) представили материалы исследований с использованием методов поискового дистанционного зондирования углеводородов и их микропросачиваний на северной поверхности Южно-Китайского моря. Технология дистанционного зондирования широко используется в исследовании и разведке нефтяных и газовых ресурсов и играет все более важную роль. По теории углеводородного микропросачивания утечки нефти и газа на поверхности моря могут привести к температурным аномалиям и изменениям концентраций микроорганизмов, которые живут за счет углеводородов. На основе теорий и методов из нескольких предметов (дистанционное зондирование, био-

геохимия, морская биология) осуществляются систематические исследования нефтяных и газовых месторождений в инфракрасном диапазоне ДДЗ и биогеохимических эффектов углеводородных газов и микроорганизмов в бассейнах Йингхай и Цундуннань и в устье р. Чжунцзян в северной части Южно-Китайского моря. Затем устанавливаются количественные модели для гиперспектрального дистанционного зондирования разведки и оценки залежей нефти и газа.

Доклад В. Tian, N. Tadakuma, H. Asaue, K. Koike (Япония) посвящен геотермальной оценке ресурсов тепловой инфракрасной спутниковой съемкой и 3D модели температуры с помощью каротажных данных. Подробные данные о подземных температурах от поверхности до глубоких зон получают с помощью геофизических исследований скважин, но объемы данных небольшие, как правило, из-за высокой стоимости бурения. Метод теплового дистанционного зондирования (TIR) может быть эффективно использован для оценки температуры поверхности на большой площади. Таким образом, сочетание TIR изображений и подземного моделирования температуры с помощью каротажных данных должно быть использовано для оценки геотермальных ресурсов. Цель данного исследования – разработка метода для такой комбинации. Остров Кюсю на юге Японии с многочисленными активными вулканами и богатством геотермальных ресурсов был выбран для изучения. Использовались температурная регистрация данных и 3D метод принципиальной оптимизации (3DOPT), 3D модель подземной температуры была построена до глубины 1 км. Тепловые аномалии сопоставлены с данными 6-го канала Landsat 7 (ETM+). Было уточнено, что зоны с высоким геотермальным потенциалом находятся в вулканических областях, установлено сходство в распределении температуры на больших глубинах, карта теплового потока может быть построена за счет сочетания данных, полученных разными методами.

М. Naest, T. Cudahy, A. Rodger и др. (Австралия) рассматривают вопросы создания 3D карт полезных ископаемых для определения направления разведки железной руды в Rocklea Dome. Данные были получены по материалам аэрогиперспектральных съемок и керновых гиперспектральных данных, охватывающих площадь Rocklea Dome. Керновая минералогия проверена на рентгеновских флуоресцентных измерениях. Минеральная оценка по аэрогиперспектральным данным скорректирована для растительного покрова и сверялась с гиперспектральными данными, собранными в поле. Минералы, закартированные по спектральным данным без участия пользователя, нанесены на карту ГС Западной Австралии. Интеграция в единую 3D модель данных, полученных в видимом и инфракрасном диапазонах с керновой минералогией, дополнительно улучшает качество карты для обоснования направления разведочных работ.

В докладе S. Pontual (Австралия) приведен результат 3D моделирования изменений горных пород по составу с использованием инфракрасных данных отражения коротковолновой видимой ближней инфракрасной зоны. Видимые NIR-SWIR наборы данных содержат несколько уровней информации, которая может быть использована геологами, занятыми в сфере разведки и добычи. На фундаментальном уровне данные предоставляют информацию о минеральном составе образца, будь то керн, обломок, геохимическая пульпа или почвы. Эти типы данных позволяют пользователям быстро наносить на карту зондирование изменения пород по составу. В дополнение к минералогическим данным могут быть рассчитаны параметры (или индексы) из спектральных данных для количественной оценки изменений в минеральной химии, кристалличности и относительных пропорциях. Это именно те спектральные параметры, которые могут быть экспортированы из программного обеспечения для спектрального анализа (например, TSG) в табличные данные, а затем импортированы в пакеты 3D построения (Leapfrog). Анализ данных в 3D позволяет пользователям моделировать зональность в геохимии в ключевых минералах изменения горных пород, а также изменения в относительных пропорциях полезных ископаемых. Анализ выходных спектральных параметров в 3D, как правило, обеспечивает значительно большую глубину информации по сравнению с более традиционными скважинными подходами, и тенденции изменений, которые трудно понять по скважинам, часто становятся более очевидными. Рассмотрены примеры, когда химия минералов и их относительные

пропорции, полученные из спектральных данных, смоделированы в 3D, что дает лучшее понимание систем изменений пород по составу.

G. Poropat (Австралия) представил доклад о картографировании обнажений горных пород на основе изображений с построением виртуальной 3D модели. Исследования проводились на 400-метровом обнажении песчаника Precipice в Центральном Квинсленде. Разрешение модели обнажения 5 мм, модель состоит из более 40 млн точек пространственных данных. Модель была создана при помощи цифровой обработки изображений, их анализа и компьютерных алгоритмов отображения. Разработанная технология может быть использована в качестве альтернативы картографированию обнажений чисто визуальными методами или с помощью сканирующих лазерных дальномерных систем.

Доклад J. Zhang (Китай) показывает возможности применения технологии горных разработок с использованием гиперспектральных данных для разведки урана. Основываясь на аэрокосмических и полевых гиперспектральных данных, эта работа развивает методы горных разработок, включая спектральное моделирование, согласование и объединение спектральных данных для определения факторов минерализации урана. Эти факторы включают в себя гидротермальные изменения горных пород по составу, нарушения, управляющие минерализацией, комплексные плутоновые и рудоносные слои, а также спектральную идентификацию генеалогии типичных четырехвалентных, шестивалентных урановых минералов и установленных факторов минерализации. Все они обеспечивают техническую поддержку для гиперспектрального картографирования полезных ископаемых и геологической разведки урана. Кроме того, бурение и выкопка шурфов являются основными методами вскрытия и определения местонахождения закрытого рудного тела и геологических границ, развивается гиперспектральная система регистрации для буровых кернов и шурфов для цифровой записи и анализа большого объема геологической и спектральной информации, и ее основные функции включают в себя управление базой данных, обработку данных и анализ информации. На основе этой системы рассчитываются абсорбционные спектральные параметры факторов урановой минерализации, а также устанавливаются отношения между интенсивностью радиоактивного излучения и аномальными спектральными характеристиками. Вдобавок к методам, примененным для характеристики урановой минерализации, устанавливающих урановые месторождения гранитного типа и песчаникового типа на юге и северо-западе Китая, обновлены, проверены и систематизированы корреляционные гиперспектральные алгоритмы.

S. Gopalakrishnan, J. McKellar, M. Fitzell, A. Troup (Австралия) рассматривают вопросы использования HyLogging™ как нового инструмента для минералогического анализа и стратиграфической корреляции. HyLogging™ был использован для гиперспектрального анализа разреза четырех стратиграфических скважин в позднем триас-меловом Eromanga и Surat бассейнах западнее Центрального Квинсленда. Оценка HyLogging данных показывает возможность корреляции между Birkhead формацией в восточном бассейне Eromanga и верхними Walloon угольными разрезами в Surat бассейне, исходя из содержания монтмориллонита.

R.V. Binotto, S.B. Rolim, M.L. Iglesias и др. (Бразилия) в докладе показали результаты тепловой инфракрасной спектроскопии на вулканических породах бассейна Параны (Бразилия). Многочисленные исследования подтвердили полезность ДДЗ для геологического картирования. Отражательные и излучательные спектры полезных ископаемых обеспечивают диагностические признаки, опережая технику традиционной разведки для геологического картирования. Цифровая библиотека тепловых инфракрасных спектров вулканических пород бассейна Парана (толеитовых базальтов и незначительных риолитов и риодацитов в верхней части) подготовлена для сравнения со спектрами, полученными на планетарной и околоземной орбите космических аппаратов, для улучшения геологического картирования этих пород. Для получения излучательных данных использован портативный спектрометр Фурье-преобразователь 102 (FTIR), работающий в инфракрасном диапазоне. Спектр каждой породы сопровождается информацией в форме базы данных, включая состав, качество образца и его конкретное описание. Несмотря на проблемы, связанные с измерением спектрального излучения в поле, могут быть получены данные высокого

качества. Если исследователь знает условия окружающей среды, которые влияют на измерение, и компенсирует их, возможны точные спектральные данные. Этот метод может выявить конкретные различия в минеральных группах и между минеральными ассоциациями в породах, помогает получать быстрый ответ и сокращает бюджет исследований.

В докладе S. Lokier, H. Hamada, T. Onuma (ОАЭ, Япония) говорится о применении спутниковых изображений для изучения геоморфологических изменений береговой линии в Абу-Даби. Использовались космические снимки Quickbird2 с пространственным разрешением 0,6 м/пиксель для панхроматического диапазона (съемки 2003, 2004, 2005, 2007 гг.) и WorldView2 с 0,5 м/пиксель (2010 г.). Эти изображения использованы для отслеживания временных морфологических изменений вдоль береговой линии. Например, в западной части исследуемой территории был выявлен размыв на длину до 207 м за 7,5 лет. В сочетании с семилетними полевыми наблюдениями результаты исследований показывают, что береговая линия в целом подвержена абразии.

S. Bianchini, F. Cigna, C.D. Ventisette и др. (Италия, Великобритания) приводят результаты работ по обнаружению и мониторингу смещений, вызванных оползнем в Джимильяно (Калабрия, Италия) с помощью радиолокационных данных TerraSAR-X. В феврале–марте 2010 г. оползни, вызванные ливнями, поразившими Джимильяно, привели к повреждению сооружений и дорог. Для оценки пространственных и временных моделей деформации использованы данные, полученные с ERS-1, -2 и ENVISAT спутников, а также база данных оползней и ортофотопланы, отражающие разные даты. Выявлена средняя скорость смещения до ~ 30 мм только за десять месяцев. Эти результаты могут быть приняты во внимание для дальнейшего уменьшения опасности и разработки поддержки по снижению рисков в исследуемом районе.

В докладе F. Raspini, S. Bianchini, C. Del Ventisette, C. Proietti и др. (Италия) рассмотрены вопросы применения спутниковой радиолокационной интерферометрии для обнаружения городских проседаний в Риме. Используются мультивременные космические радиолокационные изображения, полученные со спутников ERS-1, -2 (1992–2000) и ENVISAT (2003–2005), для составления карты деформаций Земли, влияющих на город в рамках проекта панъевропейской информационной службы опасности движения грунта, поддерживаемой и пропагандируемой Европейским космическим агентством (ESA). Анализ оценки скорости деформации позволил выявить несколько местностей, характеризующихся сильным движением и, следовательно, высокой гидрогеологической опасностью (т. н. Hotspot-анализ). Области Баньи ди Тиволи, аэропорт Фьюмичино и р. Тибр были оценены как наиболее гидрогеологически опасные по типу нестабильности обнаруженных явлений, измеряемых скоростью деформаций (до 15 мм/год для Баньи ди Тиволи) и/или наличием элементов риска (зданий, объектов культурного наследия, дорожной инфраструктуры). Результаты подтверждают, что интеграция информации о грунтах, предоставленной измерениями по данным радиолокационных съемок с тематической информацией, инженерно-геологическими свойствами и прочими вспомогательными данными, является ценным инструментом для анализа проседаний, угрожающих городским районам.

Материалы, представленные на 34-й сессии МГК, позволяют оценить современное состояние использования ДДЗ Земли из космоса, которые обеспечивают необходимые достоверность, точность и детальность результатов геологоразведочных работ одновременно на значительных площадях. Доклады охватили широкий спектр вопросов, связанных с методикой обработки и интерпретации данных космической многоспектральной (Ресурс-ДК1 (Россия), Landsat 7 ETM+, IKONOS, Quick Bird, World View-1, -2, Geo Eye-1 (США), SPOT 5 (Франция), Cartosat-1, ResourceSat (Индия), ALOS (Япония), EROS (Израиль), аэро- и космической гиперспектральной (HyMap, ASTER, Hyperion) и радиолокационной – Envisat (ЕКА), TerraSAR, TandemSAR-X (Германия) и RADARSAT 1, 2 (Канада) съемок для решения геологоразведочных задач и мониторинга опасных геологических процессов.

ГЕОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Проблемы прогноза, поисков и оценки меднопорфировых и сопряженных эпитеpmальных месторождений геохимическими методами отражены в 11 докладах, авторы – специалисты из Австралии, Ирана, Канады, Китая, США, Филиппин.

В докладах, наряду с традиционными геохимическими методами поисков (по вторичным литохимическим ореолам и потокам рассеяния), отражены современные методы и технологии, используемые при поисках и оценке порфировых и сопряженных эпитеpmальных месторождений, а также рекомендации для их эффективного проведения. Среди них интерпретация цифровых изображений (image processing), методы наложения (index overlay), нечеткой логики (fuzzy logic), анализ иерархий (АНР), 3D моделирование, минералого-геохимический метод поисков по обломочному магнетиту, геохимические векторы и дискриминантная функция, фрактальный (концентрация–число) метод. Особо следует отметить широкое применение высокоточных, в том числе и новых аналитических методов, таких как сканирующая электронная микроскопия, инфракрасная спектроскопия, ICP MS с высоким разрешением, рентгенофлуоресцентный и рентгеноструктурный анализы, микрозонд и др. Подчеркнута необходимость всестороннего анализа имеющейся геологической, геофизической и геохимической информации при проведении поисковых работ даже в хорошо изученных районах, расположенных в непосредственной близости к существующим горнодобывающим предприятиям.

Возможности приведенных методов и технологий, их преимущества по сравнению с традиционными поисковыми методами и полученные на основе их применения результаты:

- при детальном исследовании ряда месторождений, включающих уникальные Collahuasi и El Teniente, выявлены геохимические векторы и дискриминантная функция, позволяющие прогнозировать минерализацию порфирового типа в ореолах пропилитизации за пределами ее обнаружения традиционными геохимическими методами. Предложенная методика позволяет эффективно проводить разбраковку поисковых участков, используя редкую (0,5–1 км) сеть геохимического опробования, что увеличивает вероятность обнаружения объектов, сокращает время и снижает стоимость поисково-разведочных работ (D.R. Cooke и др., Австралия, Великобритания, Китай);

- при изучении рудовмещающей системы Leranto (Филиппины) установлено, что аргиллизиты имеют пространственную, временную и генетическую связь с глубокозалегающими интрузивами, вмещающими высокосульфидизированную эпитеpmальную минерализацию, особенно в контролируемых разломами корневых зонах. Инфракрасная спектроскопия (смещение длины волны 1480 нм в коротковолновом инфракрасном спектре алуниита) и химический состав (изменение содержаний Ca, Pb, Sr, La и отношений Sr/Pb и La/Pb) алуниита из аргиллизитовых покровов (lithocaps) над рудоносными порфировыми интрузивами позволяют идентифицировать площади с высоким рудным потенциалом (Z. Chang и др., Австралия, Канада, Филиппины);

- при использовании высокоразрешающего (более дробное разделение вещества по массам) ICP MS выявлены гидрогеохимические ореолы гигантского Cu-Au-Mo порфирового месторождения Pebble (Аляска), перекрытого мощным чехлом ледниковых отложений, при этом низкие (нг/л) концентрации рудных элементов в ореолах не могли быть обнаружены традиционным квадрупольным ICP MS. Предложенный метод оценивается как новый мощный инструмент при поисках скрытых месторождений (R.G. Eppinger и др., США).

В результате поисковых и оценочных работ, проведенных на порфировых месторождениях одного из наиболее перспективных в Иране меденосного пояса Kerman, определены следующие ключевые поисковые признаки меднопорфировых месторождений: значительное (не менее четырех) количество магматических фаз в интрузивах эоцен-четвертичного возраста; концентрация разломов и присутствие вертикальных сбросов; существенная мощность андезитов и андезибазальтов с высокими фоновыми содержаниями меди; значительное количество проявлений меди, а также широкое развитие проявленных на космоснимках гидротермально измененных пород (M. Ghorbani, Иран).

Основные поисковые признаки меднопорфировых месторождений, разработанные в результате изучения месторождения мирового класса Sungun (Иран): пересечение нескольких основных систем разломов, наличие гидротермальных брекчий, проявления медной и молибденовой минерализации штокверкового типа; широко проявленные калиевые, филлизитовые, аргиллизитовые метасоматические изменения, сменяющиеся в периферических частях пропилитами; дополнительные признаки, выявленные в результате изучения флюидных включений в жильных и метасоматических минералах (Н. Etminan, Австралия).

Применение современных методов интерпретации геологической и минералого-геохимической информации с использованием передовых аналитических технологий на примере изучения Cu-Au месторождения Dali – первого месторождения, связанного с диоритовыми порфиритами в Центральном Иране, обусловило их высокую эффективность. Выделенные и идентифицированные при использовании компьютерной интерпретации цифровых изображений (image processing) зоны гидротермально измененных порфировых пород были заверены полевыми геологическими наблюдениями, изучением шлифов, XRF (рентгенофлуоресцентным), XRD (рентгеноструктурным) и ICP анализами. Сканирующая электронная микроскопия (SEM) показала наличие самородного золота в сульфидной фазе. Обработка аналитической информации, полученной при геохимических исследованиях, проводилась с использованием методов математической статистики, а для выделения слабых аномалий Cu и Au применялся фрактальный (концентрация – число) метод. Выделение площадей под бурение осуществлялось с использованием методов наложения (index overlay), нечеткой логики (fuzzy logic) и метода анализа иерархий (АНП). Высоко оценены перспективы исследованной площади и установлена очередность геологоразведочных работ (S. Yousefifar и B. Rashidi, Иран).

Разработан и апробирован новый метод поисков меднопорфировой минерализации, основанный на изучении обломочного магнетита, выделенного из шлиховых проб. Исследования на микрозонде показали, что магнетит из Cu-Au и Cu-Mo порфировых месторождений, связанных с интрузивами, и магнетит из метасоматически измененных пород по химическому составу отличаются от акцессорного магнетита вмещающих вулканогенных пород. Аномальный состав обломочного магнетита достоверно идентифицировал площади всех изученных месторождений, ложных аномалий выявлено не было (N. Ireland, Австралия).

С целью наиболее полного отражения геологического строения, геофизических особенностей, оценки минерагенического потенциала и определения направления поисковых работ составлена 3D геологическая модель площади Quamby (Квинсленд, Австралия). Для выявления взаимоотношений между ключевыми поисковыми критериями Cu-Au минерализации и реальными проявлениями был применен статистический метод весов признака (weight of evidence). Критерии, проявляющие значимую корреляцию с минерализацией, после оценки их достоверности использовались для создания 3D модели минерагенического потенциала, которая представляет собой относительную вероятность каждой индивидуальной ячейки в отношении обнаружения определенного типа минерализации (M. Greenwood и др., Австралия).

Важным результатом проведенных геологопоисковых и геохимических поисков по вторичным литохимическим ореолам и потокам рассеяния стало открытие гигантского порфирового молибден-полиметаллического месторождения Chalukou на закрытых площадях Северо-Восточного Китая. Chalukou – пример исследования перехода от молибденпорфирового к жильному Pb-Zn-Ag типу, что имеет большое значение для региональных поисков рудных месторождений (Z. Meng. и др., Китай).

Определена необходимость всестороннего анализа имеющейся информации, даже для хорошо изученных районов, расположенных в непосредственной близости к существующим горнодобывающим предприятиям. В результате анализа материалов геологических, геохимических, геофизических и аэrorадиометрических съемок, проводившихся более 40 лет на площади свыше 600 км² в непосредственной близости к действующему руднику Ok Tedi Mine (Папуа – Новая Гвинея), выявлено перспективное Au-Cu порфировое проявление (L. Queen, R. Logan, Австралия).

Открытие месторождения Unicorn, первого Mo-Cu-Ag порфирового месторождения Climax-типа, возвестило о выделении перспективной молибденовой провинции в Северо-Восточной Виктории (Австралия). Сочетание тектонических аналогий объясняет гибридную природу месторождения Unicorn и выдвигает на первый план перспективы распространения на глубину и аналогии в геологическом строении площади с месторождениями Climax-типа. Гибридная тектоника отражает сходство содержаний Zr-Sr-Rb-Nb с типичными месторождениями молибдена Climax-типа, расположенными в задуговой (back arc) обстановке с некоторыми модификациями, характерными для околодуговых (near arc) обстановок. К ним относятся более высокие содержания Cu, характерные для месторождения Unicorn (типичные месторождения Climax-типа содержат только Mo), а также более высокие содержания серебра, объясняемые пониженными концентрациями фтора. Подтверждают аналогии с месторождениями Climax-типа идентичный с комплексом Urad-Henderson масштаб проявления геохимических и метасоматических признаков (footprint); установленное 3DIP (3D image processing) геофизическими исследованиями расширение вмещающих комплексов с глубиной; высокие содержания Mo на глубоких горизонтах, а также выявленная восточная геохимическая аномалия диаметром 1 км, предположительно связанная с глубокозалегающим рудным телом (B. Hochwimmer, D. Turnbull, Австралия).

Открытие меднопорфировой минерализации на месторождении Kadiica (Восточная Македония) в пределах металлогенической зоны с широким развитием свинцово-цинковой минерализации – пример развития сопряженной эпитермальной минерализации в периферических частях порфировых систем. Первоначально известная на месторождении минерализация ограничивалась широким развитием фреатомагматических брекчий (с магнетитом, гематитом и лимонитом). Халькозин и ковеллин – главные рудные минералы рудного тела (600 м по простиранию и мощностью 100 м), представляющего собой зону окисления вторичного сульфидного обогащения, вероятно, связанного с порфировыми породами, развитыми на более глубоких горизонтах. Скважины глубиной более 250 м, вскрывшие метаморфические породы с жилами и прожилками халькопирита, являются признаком первичной халькопиритовой минерализации, развитой на более глубоких горизонтах. Главные типы гидротермальных изменений вмещающих пород – характерная для порфировых систем калишпатизация, кварц-серицитовые метасоматиты и пропициты, а также хорошо проработанные аргиллизиты со спорадически развитой лимонитовой шляпой на поверхностных горизонтах (G. Tasev и др., Македония, Швейцария).

ЛАБОРАТОРНЫЕ И ХИМИКО-АНАЛИТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

На 34-й сессии МГК технологиям применения комплекса современных экспрессных полевых и лабораторных методов изучения минерального вещества при поисках и оценке месторождений полезных ископаемых было посвящено около 100 докладов по разным аспектам использования этих технологий в практике ГРП.

Показана возможность применения методики высокоточного определения возраста Cu-Ni месторождений на основе SHRIMP U-Pb геохронологических определений по циркону, что может иметь большое значение для разбраковки по возрасту слабоизученных объектов.

Продемонстрированы новые возможности анализа пространственных вариаций лито-геохимии крупных металлогенических никеленосных провинций для оценки их перспективности на Cu-Ni оруденение.

Показаны возможности использования данных микронзондовых исследований элементов-примесей слюд (биотит, флогопит) на крупных Ni-Cu-ЭПГ месторождениях в разрезе рудоносных интрузивов. Слюды, встречающиеся в или непосредственно ниже платиноносного рифа (риф Меренского), свидетельствуют об отчетливом обогащении Ni до 2000 и Cu около 30 г/т, что в несколько раз выше, чем в пустых частях интрузивов.

Предварительно обосновано положение о связи потенциально рудоносных (ЭПГ-Ni-Cu) комплексов с комбинированными линейными и кольцевыми структурами в различных тектонических обстановках. Космические, геологические, геохимические исследования кольцевых структур могут стать основной для открытия новых месторождений в неосвоенных районах.

Предложена новая методика использования данных о соотношении содержаний подвижных и прочно связанных форм нахождения свинца в сочетании со сведениями о его изотопном составе при выделении наложенных ореолов при поисках перекрытого полиметаллического оруденения.

Показана возможность использования данных экспериментальных исследований методом MSG (Metals-in-Soil-Gas) при прогнозе глубокопогребенных сульфидных месторождений (~ 700 м) при слаборасчлененном рельефе.

Высоко оценены возможности использования портативных РФА-анализаторов при поисках рудных месторождений (Au, Cu-Ni, Pb-Zn) в условиях развития мощных ледниковых отложений.

Рекомендована для изучения состава и строения рудовмещающих пород и руд рентгеновская компьютерная томография высокого разрешения – быстрый неразрушающий метод, позволяющий выполнять реконструкции и трехмерную визуализацию внутренней структуры изучаемых материалов. Метод основан на регистрации значений плотности в определенном объеме, что соответствует задачам изучения структурно-текстурных особенностей пород и руд, в которых рудные минералы с высокой плотностью находятся в массе менее плотных силикатных или карбонатных жильных минералов.

Использование *автоматизированной минералогии на основе сканирующего электронного микроскопа (SEM)* становится все более обычным делом в горнодобывающей промышленности, особенно в геометаллургии. Это всесторонний обзор минералогии образцов, полезный при нахождении редких зерен. Во всем мире существует более 150 инструментов, или анализаторов высвобождения минералов, или типа QEMSCAN. Существует всего несколько описаний их использования для традиционных геохимических проб, стоимость одной пробы 500 долл.

Описано применение QEMSCAN для продолжения региональной геохимической съемки, покрывающей 100 000 км² Северного Пакистана. Аллювиальное золото распространено широко и кажется пространственно связанным с главными зонами смятия. Многие аномалии при этой съемке остаются неисследованными, имеют неизвестные источники и типы месторождений из-за своей отдаленности. Стратегия, принятая для этого исследования: взять отложения потоков размером 80 мешков и намытые концентрированные пробы на трех площадях, для которых источники аномалий известны, дополнить этот набор двумя площадями, для которых источники менее понятны. Пробы анализировались традиционными методами ICP-MS и XRF, проводились детальные исследования любых зерен золота, найденных в намытых концентратах. На QEMSCAN было проанализировано 16 проб: пробы отложений потоков и намытых концентратов из двух мест в каждой неизвестной площади, а также пробы обоих сред с площадей, которые известны лучше. Приблизительно 6000 зерен проанализировано в каждой пробе при разрешении 6 мкм. Получены процентное содержание каждого минерала случайно; матрица, показывающая ассоциацию с другими минералами на основе примыкающих пикселей; размер зерен. Изображения всех зерен получены с использованием рентгеноспектрального электроннозондового микроанализа, и ключевые минералы, представляющие интерес, были изображены в деталях. Результаты представлены для 34 классов минералов (протокол распознавания видов), выбранных по первичному качественному SEM.

В намытых концентратах более ясно выражены сульфидная и окисная фазы, что особенно заметно при разделении различных медесодержащих фаз. Изображения зерен также дают информацию о степени окисления источников. В дополнение к предполагаемым типам минерализации также найдены пентландит и кобальтин, что предполагает наличие ранее неизвестных типов. Автоматизированная минералогия – очень полезная и недорогая технология для исследования аномалий в отложениях потоков и намытых концентратах.

Портативный рентгеноспектральный флуоресцентный (XRF) прибор общепринят для полевого анализа при геохимических исследованиях последних лет. Сегодня переносной XRF – важный инструмент для разнообразных геохимических и горных исследований, от геологической разведки до анализа рудных концентраций.

Традиционно переносные XRF давали возможность определять только тяжелые элементы, что ограничивало их применимость. С появлением переносных XRF инструментов на основе технологии кремниевого дрейфового детектора (Silicon Drift Detector – SDD) ряд элементов, которые можно определять при помощи переносного XRF, вырос и включил в себя элементы с низким атомным числом, такие как магний, алюминий, кремний, фосфор и сера. Эти элементы способствуют более точному определению минералогии образца и дают новую ценную информацию горным и разведочным геологам. Кроме расширенного элементного ряда, повышенное разрешение детектора и соотношение сигнала и шума дают более низкие пределы обнаружения для всех анализируемых элементов. Это позволяет новым переносным XRF инструментам на основе SDD надежно обнаруживать более низкие концентрации, чем раньше. Способность анализировать точно на уровне частей на миллион очень важна не только для геологической разведки, но и для многих других исследований, таких как выявление загрязняющих тяжелых элементов в почве.

Возможность определять легкие элементы в основной массе породы геологического образца с помощью переносного XRF инструмента дает полностью новую информацию о составе руды и в то же время делает анализ на главные элементы более точным. В докладе кратко описаны возможности современных переносных XRF инструментов на основе SDD в геохимических исследованиях и показано несколько примеров их использования.

В докладе Hugh de Souza, Kim Gibbs, Chris Gunning, Sarah Prout, SGS Mineral Services, Lakefield, ON (Canada) «Использование автоматизированной минералогии для определения минералов-индикаторов на совокупность полезных ископаемых» приведены результаты съемки минералов-индикаторов при выделении алмазоносных кимберлитов по ледниковым или потоковым отложениям. В случае золотых месторождений использование зерен золота в качестве индикатора привело к некоторому успеху. Для других полезных ископаемых степень успеха была не столь высока. Частично причина состояла в том, что минералы-индикаторы для ряда месторождений полезных ископаемых, таких как метаморфические вулканогенные сульфидные месторождения, скарны, магматические Ni-Cu колчеданные или медно-порфировые, включают большой набор минералов, которые нелегко отобрать даже при размере зерен больше 250 мкм. Гораздо больший процент совокупности минералов-индикаторов обнаруживается в более мелких фракциях, которые трудно отобрать вручную. Настало время использования сканирующих электроннолучевых (SEM) технологий для автоматического определения минералов.

В частности, развитие технологии QEMSCAN упростило отбор минералов-индикаторов в результате автоматизации определения минералов в концентратах тяжелых минералов. Самый тонкий материал сейчас может быть исследован на свой полный минеральный состав, давая такую информацию, как относительное содержание минералов-индикаторов, распределение массы минералов или форма или размер частиц. Возможно даже сделать это на сколе образца, предложенного для геохимического анализа, что позволяет проводить корреляцию между минеральной совокупностью и геохимическими данными.

В докладе Q. Cheng (York University, Toronto, Canada) и Wuhan (China University of Geosciences) приведены современные методы пространственного анализа для геохимической обработки и интерпретации ландшафта. Предложено несколько технологий пространственного анализа. Они включают технологию самоорганизующегося картирования (SOM), которая может конвертировать многомерные геохимические данные в 2D-3D пространственные карты, показывающие пространственные взаимоотношения геохимических данных; географически взвешенную регрессию (GWR) и пространственно взвешенный анализ главных компонент (SWPCA), которые принимают в расчет местоположение и географические свойства образцов. Эти пространственно взвешенные многовариантные модели представляют собой локальные регрессии для характеристики пространственной из-

менчивости взаимоотношений между элементами и их пространственным распределением; добавочная технология (Boost technique) – это новые технологии классификации. Она работает с последовательными слабыми классификаторами, что ведет к точной классификации геохимических аномалий. Метод интерполяции единичных данных также является новым методом, который может управлять данными разведки без постоянных и изотропных допущений.

J. Jarva, T. Tarvainen, M. Eklund (Финляндия) представили национальную базу геохимических данных по определению природных вариаций элементов Tarig.

Геологическая служба Финляндии (GTK) в сотрудничестве с Финским институтом окружающей среды (SYKE) разработала геохимическую базу данных природных вариаций элементов Tarig. Финляндия была разделена на геохимические провинции для лучшего сбора информации по региональным геохимическим природным вариациям элементов. При региональной тиллевой геохимической съемке несколько металлов (Co, Cr, Cu, Ni, V, Zn) показали аномальные концентрации в семи провинциях. Повышенные мышьяковые концентрации были отмечены в четырех провинциях. База данных объединяет информацию, собранную GTK, другими исследовательскими институтами, университетами и консалтинговыми компаниями. Данные по отдельным местам опробования не являются общедоступными, но все они используются при расчете региональных статистических данных, отдельно рассчитываемых для каждой геохимической провинции и каждого типа почв. Верхний предел разброса природных концентраций в провинции определяется как верхний предел диаграммы размаха (типа ящика с усами). Значение верхнего предела, специфического для провинции, часто используется в качестве порогового значения при оценке загрязнения почв.

Природные вариации элементов использовались для определения верхних и нижних нормативных значений для почв. Эти нормативные значения должны приниматься в расчет при оценке риска в случае загрязнения почвы. Если доступны региональные геохимические значения природных вариаций, национальные нормативные значения, установленные декретом на основе экологического риска, могут быть соответственно обновлены.

ГС Финляндии провела геохимическое картирование регионального и местного уровня в областях, где геохимические природные вариации элементов высоки из-за геологических условий. Это позволило определить региональные и местные геохимические природные вариации для каждого региона. Кроме изучения загрязнения почв, региональные и местные геохимические природные вариации также принимаются в расчет при выдаче экологических разрешений и планировании землепользования.

При трехмерном отображении с разрешением в первые микроны внутреннее строение пород и минералов отражается с высокой точностью, распознается значительно быстрее и надежнее, чем при использовании только традиционных методов отображения на плоскости.

В ряде докладов рассматривалась эффективность применения проксимальных дистанционных методов для экспрессной оценки перспектив значительных по размерам территорий на различные виды ТПИ.

В докладе Т. Неофен с соавторами (ГС США) охарактеризованы возможности использования спутникового спектрометра с аппаратурой Хай Мэп (Hyperspectral Mapper, многоканальный спектрометр, работающий в интервале длины электромагнитных волн от 0,45 до 2,5 мкм; австралийская разработка, ставшая доступной для предприятий горнодобывающей промышленности Австралии с начала 2000-х годов (может устанавливаться как на космических, так и на воздушных летательных аппаратах). Это техническое средство позволяет получать спектры поглощения волн определенной длины в пределах элементарной ячейки (пиксела) земной поверхности и затем сравнивать полученные спектры с эталонами, используя в качестве последних спектры отдельных минералов и, возможно, их смесей из заранее подготовленной компьютерной базы данных.

Охарактеризованы возможности интеграционного 4D подхода для составления прогнозных карт, нацеленных на выявление рудных (Ni, Cu, ЭПГ) объектов применительно

к крупным территориям. Привлекаются для обработки на основе GIS данные аэромагнитных, гравитационных и магнитотеллурических исследований, а также геологического картирования и петрофизических исследований.

Обоснована высокая эффективность комплексирования аэрометодов электромагнитной разведки аппаратурой VTEM (versalite time-domain electromagnetic) наземных геологических исследований и горно-буровых работ при поисках объектов медноколчеданного типа.

ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКИЕ И ИЗОТОПНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Существенная часть программы конгресса была посвящена наиболее важным теоретическим вопросам металлогении и практическим задачам поисков, разведки и разработки руд благородных и цветных металлов различного генезиса. Наибольшее количество докладов отражало вопросы формирования самых востребованных на сегодняшний день полезных ископаемых – золота, урана, алмазов, металлов платиновой группы, уделено внимание и экономическим аспектам разбраковки месторождений.

Результатами исследований охвачены практически все важнейшие геологические обстановки и районы рудообразования, показаны значимость и масштабы проявления различных типов геологических процессов – от тектонических различной глубины заложения, гидротермальных и масштабных осадочных вплоть до уровня образования и эволюции отдельных минеральных фаз.

Предложены и обсуждены новые металлогенические идеи, методы и исследовательские подходы к решению глобальных проблем циркуляции рудного вещества и поиска конкретных критериев рудообразования, региональных и индивидуальных особенностей месторождений разного масштаба, от небольших до гигантских.

С предельной очевидностью ясно, что новый уровень геологических знаний достигается только с помощью применения новейших методов исследования вещества, и особенно изотопных, с использованием аналитических возможностей нового поколения.

Исследования процессов дифференциации вещества на уровне явлений изотопных сдвигов позволяют объективно оценивать интенсивность и направленность геологических процессов, соотношение потенциальных источников рудного вещества и рудных объектов. В свою очередь это позволяет обоснованно производить прогнозную оценку и разбраковку объектов, структур и территорий полезных ископаемых.

Большое количество докладов посвящено решению проблем многофазности геологических объектов, главным образом интрузий. Много внимания традиционно уделяется изучению цирконов из докембрийских полиметаморфических комплексов, детритовых зерен осадочных бассейнов разного возраста, а также геохронологическому обеспечению ключевых подразделений стратиграфических шкал.

Большинство новых геохронологических данных получено U-Th-Pb локальными методами, поскольку именно они способны решить основную часть геологических задач. В остальных случаях используются классические (не локальные) U-Pb, Sm-Nd, Re-Os, Ar-Ar и другие изотопные геохронологические методы. До сих пор актуальны вопросы совершенствования данных методик и корректной геологической интерпретации получаемых изотопных данных.

На сессии № 19.1 «Достижения изотопной геохимии и геохронологии» был представлен ряд интересных докладов, отмечающих тенденции развития современной изотопной геохронологии и геохимии.

В докладе Condon и др. (Геологическая служба Великобритании) отмечается фундаментальная роль и влияние на получаемый изотопный результат величин констант распада, используемых в уран-свинцовой систематике. Авторы отмечают, что использование фундаментальной константы отношения изотопов $^{238}\text{U}/^{235}\text{U}$, принимаемой сейчас как значение 137,88 без приведения величины ее погрешности, является не вполне корректным и влияет

на достоверность получаемого уран-свинцового возраста и величину его погрешности. Авторы определили величины погрешности и точности определения отношений $^{238}\text{U}/^{235}\text{U}$ для целого ряда урансодержащих минералов. Авторы подчеркивают важную роль точного определения величины константы распада λ_{235} и отмечают, что полученные ими значения $^{238}\text{U}/^{235}\text{U}$ для большинства используемых минералов-геохронометров (из земных пород) оказались меньше общепринятого значения 137,88, и приводят полученное ими среднее значение для циркона $137,818 \pm 0,045$ (2σ).

Кроме того, в Гейдельбергском университете (Schwartz et al., Германия) произведен контроль констант распада ^{40}K по двум цепочкам: в ^{40}Ar и в ^{40}Ca . Было отмечено, что переоценка констант распада для различных радиоизотопных систем необходима для получения правильных геохронологических данных. Для корректировки констант распада ^{40}K необходимо получить калибровочную кривую, построенную для набора различных U-Pb и Ar-Ar возрастов. Наибольшие возрастные различия ожидалось для образцов древнее 1 млрд лет (метеоритов с возрастом 4,5 млрд лет). На основании датирования восьми метеоритов методами Hf-W, U-Pb и Ar-Ar был получен сдвиг 26 ± 5 млн лет на уровне 4,5 млрд лет. Пересчитанное значение константы распада в пределах ошибки не отличается от последнего, недавно опубликованного значения.

Важным для понимания геодинамики Земли является локальное изучение мантийных перидотитов на мультиколлекторном масс-спектрометре с лазерной абляцией в Институте ГЕМОК (Австралия). Примером использования этого метода *in situ* является изучение Re-Os изотопной систематики в индивидуальных зернах сульфидов и Os-Ir сплавах из мантийных перидотитов. Мантийные сульфиды – своего рода временные капсулы, в которых содержатся записи различных событий, происходивших в литосферной мантии. Было сообщено об измерении $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ на мультиколлекторном масс-спектрометре ARGUSV в Университете Мельбурна. Этот прибор имеет высокочувствительный источник Нира и снабжен пятью детекторами Фарадея с резисторами обратной связи с низким уровнем шума и CCD детектор для импульсного счета. Аликвоты базальта ступенчато нагреваются 6-миллиметровым гомогенизированным лазерным пучком. Изотопный анализ аргона выполняется в мультиколлекторном режиме (массы 40, 39, 38, 37) и на CCD детекторе (масса 36). Система специально разработана для $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датирования молодых (< 500 тыс. лет) базальтов.

Доклад Cross и Williams (ГС Австралии) посвящен вопросам геохронологии ксенотима, который в настоящее время возможно датировать только при использовании ионных микрозондов. Значительно более высокие (по сравнению с цирконом) концентрации урана и РЗЭ в этом минерале (U 0–6, Σ РЗЭ 12–22 вес.%) приводят к матричному эффекту. На практике это выражается в том, что разница концентраций урана в используемом стандарте и образце на 1 вес.% может привести к переоценке получаемого возраста на 12%, а в концентрации РЗЭ на 1%. Для измерения U-Pb возраста ксенотима авторы предлагают применять ряд поправок и специальный метод U-Pb калибровки.

Важным аспектом, предваряющим локальный изотопный анализ, является изучение морфологии исследуемых минералов. В дополнение к чаще всего используемым методам минералогии с помощью оптических и электронных микроскопов в работе Woodhead из Мельбурнского университета Австралии отмечаются и описываются преимущества (двух- и трехмерного) элементного растривания с помощью системы лазерной абляции. А в докладе Kusiak и соавторов (Университет Куртина, Австралия) приводится конкретный пример значимости предварительного детального изучения морфологии цирконов для древнейших цирконов из Антарктиды.

Древнейшие породы Земли – уникальный источник информации не только о составе первичной коры, геодинамических режимах и корообразующих процессах на ранних стадиях существования планеты, но и о физико-химических условиях в раннем архее (окислительно-восстановительный потенциал, состав и наличие атмосферы и гидросферы, общий температурный режим). Использование новой генерации микроаналитической техники, и прежде всего изучение изотопно-геохимических особенностей цирконов – древнейших свидетелей ранней истории планеты, – позволяет существенно продвинуться в понимании

ранней истории Земли. Авторами показано, что, помимо общепринятой практики получения катодолюминесцентных изображений, именно дополнительное детальное изучение вариаций концентраций различных элементов в цирконах, имеющих возраст 3,9 млрд лет, при помощи мультиколлекторной системы прибора SHRIMP позволило найти более древние зоны роста с возрастом 4,1 млрд лет.

Н.Е. Pass, D.R. Cooke, G. Davidson, R. Maas (Австралия), G. Dipple, C. Rees, L. Ferreira, C. Taylor (Канада) и С.Л. Deyell (Австралия) с использованием данных по стабильным (С, О) и радиоактивным (Sr, Pb) изотопам из минералов (Cu-Ag-Au-содержащих сульфидов, карбонатов, силикатов) цемента рудовмещающих гидротермальных брекчий Cu-Ag-Au порфирового месторождения Mt. Polley (возраст около 205 млн лет) описали возможные источники рудообразующих растворов и рудного вещества. Отмечено, что гидротермальный кальцит встречается во всех парагенетических ассоциациях. Значения $\delta^{13}\text{C}$ в кальците от $-0,2$ до $-10,5$, а $\delta^{18}\text{O}$ от $+4,0$ до $+20,9\%$. Высокие значения названных изотопов не согласуются с их осаждением из гидротермальных флюидов исключительно магматического происхождения, но могут быть объяснены взаимодействием флюидов и (или) магмы с известняками. Данные по изотопам свинца предполагают смешение мантийных и коровых источников в процессе рудообразования. Главная и поздняя стадия образования сульфидов характеризуется величинами $^{206/204}\text{Pb}$ 18,77–18,92; $^{207/204}\text{Pb}$ 15,56–15,59 и $^{208/204}\text{Pb}$ 38,22–38,32. Данные по изотопам Sr₁ 0,70331–0,70371 свидетельствуют о сильной истощенности мантийного источника и незначительном влиянии корового материала. На этом основании авторами доклада выдвинута гипотеза образования комплекса Mt. Polley вследствие карбонатной ассимиляции, предшествовавшей рудообразованию. Этот процесс может объяснить С-О изотопные данные, осаждение кальцита одновременно с минерализацией, обеднение магмы кремнием. Высвобождение CO₂ в процессе ассимиляции могло способствовать образованию гидротермально-магматических брекчий. Сделан вывод о том, что «недонасыщенные кремнием щелочные порфировые системы» возникают преимущественно в остро-водужных террейнах, сформированных на карбонатсодержащем субстрате.

Геохронология и изотопная геология. Новые достижения в области геохимии изотопов в последние годы объясняются прежде всего интенсивным развитием техники эксперимента и внедрением в практику геологических исследований современного высокотехнологичного оборудования. Исследователи имеют возможность определения изотопных отношений непосредственно в аншлифах, причем локальность методов позволяет анализировать не только отдельные зерна минералов, но и различные зоны роста в пределах микрокристаллов. Широкое применение находит метод изотопного и элементного «картирования» образцов при помощи масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой и лазерным отбором пробы (LA-ICP MS). Метод характеризуется экспрессностью, высокой чувствительностью и разрешающей способностью, обеспечивает возможность определения концентраций большого числа элементов и их изотопов. Как справедливо отмечают многие авторы докладов, развитие подобных высокоточных методов изотопного и элементного анализа приводит к революции наших представлений о минерало- и рудообразующих процессах.

Как правило, современные работы в области изотопной геохимии обязательно включают данные по нескольким изотопным системам, что значительно повышает их достоверность. Новые аналитические возможности дали новый импульс и к развитию традиционных методов геохимии стабильных и радиогенных изотопов. В частности, изотопный анализ серы на современных масс-спектрометрах обеспечивает определение не только отношений $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$, но и отношений $^{33}\text{S}/^{32}\text{S}$, $^{36}\text{S}/^{32}\text{S}$ для более надежной идентификации источников этого элемента.

В двух докладах С. Isaac с соавторами (Австралия, Канада) сообщается о результатах исследования мультиизотопного ($^{34}\text{S}/^{33}\text{S}/^{32}\text{S}$) состава серы в породах и рудах района Goldfields (Западная Австралия). Установлено, что сульфиды в черных сланцах характеризуются положительными значениями $\Delta^{33}\text{S}$ (до $+6,4\%$), в то время как сульфиды в базальтоидах и коматиитах имеют отрицательные значения $\Delta^{33}\text{S}$ (до $-1,3\%$) и по этому параметру сопоставимы с колчеданными рудами. Полученные изотопные данные подтверждают

предположения о том, что недонасыщенные серой коматиитовые магмы ассимилируют серу верхней коры в активных геодинамических обстановках (задуговые бассейны, небольшие рифтовые впадины), где локализуются компактные скопления сульфидов. По мнению авторов, привязанные к месту и времени изотопные данные можно использовать для создания карты четырехмерной эволюции верхнекоровых обстановок позднего архея с делением зон активного проявления продуктивного магматизма и областей с более спокойной геодинамической обстановкой, где вероятность формирования сульфидно-никелевых месторождений незначительна.

Новые данные позволили также впервые установить процесс фракционирования изотопов серы при внедрении и кристаллизации коматиитов вследствие дегазации расплава и выноса изотопа ^{34}S в составе H_2S .

S. Golding и др. (Австралия) изучили распределение изотопов ^{34}S , ^{33}S и ^{32}S в рудах колчеданных месторождений архейских зеленокаменных поясов в пределах кратонов Yilgarn и Pilbara (Западная Австралия). Результаты исследований этих древнейших колчеданных месторождений могут пролить свет не только на генезис руд, но и на фундаментальные представления о ранней эволюции глобального цикла серы. Установлено, что архейский цикл серы контролировался неорганическими процессами, о чем свидетельствуют вариации значений ^{33}S . Сравнительный анализ распределения изотопов серы в рудах двух разновозрастных месторождений Roadmaster и Sulphur Springs позволил выявить однотипную изотопно-геохимическую зональность ($\Delta^{33}\text{S}$ увеличивается вверх по разрезу) и обоснованно связать ее с изменениями температурных условий рудоотложения и смешением флюидов в процессе эволюции гидротермальных систем.

J. Eom с соавторами (Корея) провели изотопно-геохимические исследования металлоносных осадков в системах двух подводных вулканов дуги Tonga (юго-западная часть Тихого океана) и выявили существенные различия в значениях $\delta^{34}\text{S}$ и $\Delta^{33}\text{S}$ между отложениями подводных гидротермальных источников вулкана 19 и гидротермальных полей вулкана 18. Прослежена сложная эволюция субмаринных рудообразующих систем, включающая процессы поступления магматогенной серы в вулканический аппарат, кипение растворов, смешение эндогенного и биогенного сероводорода.

J. Virtasalo с коллегами (Финляндия, Швеция) посвятили доклад изотопному исследованию пирита, который заполняет ходы червей в озерных глинах голоцена (бассейн Балтийского моря). Органические остатки обеспечили восстановительную обстановку и интенсивную микробактериальную активность на окисленной поверхности осадка. Сформированные таким образом конкреции состоят из ядер фрамбоидального пирита в цементе из тонкозернистого пирита. Анализ фрамбоидов показал низкие значения $\delta^{56}\text{Fe}$ (до $-3,1\%$) и высокие значения $\delta^{34}\text{S}$ ($+21\%$), что свидетельствует о фракционировании изотопов железа в процессе его микробактериального восстановления и указывает на океаническую воду как источник серы. Пирит цемента, напротив, характеризуется повышенными значениями $\delta^{56}\text{Fe}$ (-1%) и низкими $\delta^{34}\text{S}$ (-20%) и указывает на вероятное восстановление железа биогенным сероводородом.

I.A. Agang и соавторы (ЮАР, Франция) использовали изотопные данные для выяснения возможных источников пирита в рудах месторождения Витватерсранд. Происхождение округлых сульфидных обособлений в золотоносных метаконгломератах этого уникального объекта служит предметом долгой дискуссии, так как вследствие тесной ассоциации золота и пирита происхождение последнего может служить ключом к разгадке генезиса руд. Полемика усугубляется тем, что существует несколько типов пирита – массивный, пористый, концентрически-зональный. Последний характеризуется особенно высокой золотоносностью.

Авторы определили изотопный состав серы и железа в пирите из рифа Ventersdorp Contact Reef. Концентрически-зональный пирит имеет более широкий диапазон вариаций $\delta^{34}\text{S}$ (от $-12,2$ до $+12,6\%$) и $\Delta^{33}\text{S}$ (от $-1,4$ до $-0,2\%$) по сравнению с пористым и массивным ($\delta^{34}\text{S}$ от $-5,7$ до $3,9$, $\Delta^{33}\text{S} \leq 0,6\%$). Полученные результаты свидетельствуют о поступлении пирита из двух различных источников, каждый из которых несет экзогенную «метку» ($\Delta^{33}\text{S} \neq 0$). Вероятнее всего, пирит имеет первично метаморфогенное проис-

хождение. Изотопный состав железа пирита также подвержен значительным вариациям ($\delta^{56}\text{Fe}$ от $-1,6$ до $+4,1\%$).

Широкие вариации изотопных составов серы и железа в различных зернах пирита в рудах Витватерсранда свидетельствуют в пользу их обломочной природы, так как они имеют разное происхождение и впоследствии были перемешаны.

A. Wang и др. (Китай) исследовали несколько представительных глубинных ксенолитов, вынесенных мезозойскими интрузиями на юго-восточной границе Северо-Китайского кратона. По петрологическим и геохронологическим характеристикам ксенолиты разделены на четыре группы. Изотопные данные по Sr-Nd-Pb системам указывают на различный генезис пород выделенных групп. Некоторые из них являются фрагментами докембрийской нижней коры, метаморфизованными в различное время. Другие заимствованы из субдуцируемой плиты и сформировались в процессе взаимодействия мантии с расплавами и флюидами. Клинопироксениты представляют собой мантийные ксенолиты. Изотопный состав свинца однозначно свидетельствует о том, что некоторые породы с различных уровней нижней коры переработаны и гомогенизированы в процессе магматизма около 2,1 млрд лет назад, что привело к повышению доли радиогенного свинца в некоторых докембрийских нижнекоревых породах. Два источника, контрастно различающиеся по изотопному составу свинца, свидетельствуют о гетерогенности нижней коры изученного региона.

Совершенствование масс-спектрометрической аппаратуры позволило значительно повысить и точность современных методов определения абсолютного возраста пород и минералов.

D. Phillips Matchan (Австралия) сообщил о своем опыте использования первого в мире мультиколлекторного изотопного масс-спектрометра Thermo-Fisher ARGUSVI, предназначенного для $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датирования молодых базальтов (менее 500 тыс. лет). Предварительные результаты показывают, что точность анализа возросла на порядок.

N. Pearson и др. (Австралия) адаптировали систему LA-ICP-MS к анализу Re-Os изотопной системы. Первые результаты, полученные при анализе синтетических шариков NiS, свидетельствуют о том, что данный метод можно будет использовать для исследования индивидуальных зерен сульфидов и включений Os-Ir сплавов в мантийных перидотитах.

Z. Palacz и др. (Великобритания) достигли значительных успехов в анализе наноколичеств Sr и Nd при помощи термоионного масс-спектрометра (TIMS) Phoenix™, оборудованного фарадеевскими детекторами нового поколения. По мнению авторов, разработка может найти применение при анализе микровыделений полевых шпатов в вулканологии, зон роста карбонатов, датировании отдельных зерен граната и т. д.

D. Zhou и др. (Китай) применили метод U-Pb датирования цирконов (LA-ICP-MS) для выяснения источников обломочного материала во впадине Junggar (СЗ Китай). Установленный для магматических и осадочных пород спектр докембрийских возрастов имеет четыре пика: 700–980, 1400–1500, 1900–2080 и 2400–2500 млн лет. Кроме того, выявлены два пика – 250–360 и 380–540 млн лет, свидетельствующие о проявлении палеозойской магматической и тектонотермальной активности. Полученные данные служат прямым доказательством существования древнего докембрийского и палеозойского фундамента, находящегося в основании впадины Junggar и в бортах орогенного пояса.

В докладах российских ученых приведены результаты геохронологических исследований, выполненных с применением современного оборудования в Центре изотопных исследований ВСЕГЕИ.

A.A. Савичев (Россия) с коллегами посвятил свой доклад исследованию Патомского кратера (открыт в 1949 г.). Патомский кратер представляет собой современное (около 500 лет) вулканоподобное геологическое образование, сложенное глыбами протерозойских известняков и находящееся в пределах южного складчатого обрамления Сибирской платформы. Диаметр кратера 80, высота 40 м. Его происхождение остается загадкой. Предложены метеоритная, вулканическая и криогенная модели. Авторы датировали 80 цирконов (U-Pb SIMS SHRIMP) из поднятых кратером блоков протерозойского песчаника. Все цирконы имеют обломочный вид и делятся на две популяции с возрастными 2800 и 1865 млн лет. Отсутствие следов воздействия на цирконы относительно молодых и значительных

геологических процессов, как и опубликованные геофизические и геохимические данные, приводят исследователей к заключению о криогенном происхождении Патомского кратера.

Н.А. Гольцин с соавторами (Россия) сообщил о результатах исследования керна параметрической скважины, пройденной в пределах Онежской мульды. Скважина вскрыла уникальный разрез шунгитсодержащих позднепротерозойских пород и архейский фундамент до глубины 3500 м. Исследования U-Pb и Lu-Hf систем в акцессорных цирконах позволили определить, что протолит архейских гнейсов имеет возраст кристаллизации 2820 и метаморфизма 2450 млн лет. Протерозойские вулканиты содержат только магматический циркон с возрастом 1950 млн лет. Все породы претерпели неоднократные дискретные метаморфические преобразования различной интенсивности в период от 1700 до 150 млн лет.

Н.В. Родионов и др. (Россия) привели данные, полученные при анализе бадделеита из карбонатитов массива Тикшеозеро (Карелия) комплексом различных изотопно-геохронологических методов. Полученные результаты показали полную сходимость (SIMS SHRIMP 1994,8 ± 9,4, LA ICP-MS 1994 ± 18 млн лет) и согласуются с полученными ранее ID-TIMS датировками бадделеита и циркона из карбонатитов данного массива.

Высокоточных геохронологических исследований в нашей стране крайне недостаточно, что показала в своем докладе Т.Б. Русакова на примере Охотско-Чукотского вулканоплутонического пояса – крупнейшей металлогенической единицы, с которой связаны большие перспективы развития отечественной МСБ благородных и цветных металлов. Выполненные разными методами определения абсолютного возраста пород ОЧВП существенно расходятся между собой и не согласуются с палеонтологическими данными.

Определение возраста рудных месторождений. В докладах, авторами большинства которых являются представители Китая, рассмотрены вопросы геохронологии и генезиса меднопорфировых и скарновых месторождений Перу, Казахстана, Китая, Ирана и Мексики, а также мантийно-корового взаимодействия и источника рудного вещества. Исследования базируются на данных изотопии с использованием U-Pb, Ar-Ar, Re-Os методов.

Исследования Re-Os изотопных систем сульфидов из скарнов, порфировых интрузивов и контактовых роговиков Cu-Mo месторождения Jiama (Тибет) свидетельствуют, что достоверные данные могут быть получены только по молибдениту. Попытка получить какую-либо надежную информацию с использованием других сульфидов (халькопирит, борнит, пирит и пирротин) оказалась безуспешной. Это, вероятно, обусловлено геохимическими свойствами Re и степенью его концентрации в меднопорфировых месторождениях района. Полученное $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ соотношение указывает на смешение мантийного источника с коровым материалом (Ying L. и др., Китай).

Изотопный анализ также использован для определения генезиса месторождений. Медное месторождение Yangla (Юго-Западный Китай) локализовано в мраморах и метаморфизованных песчаниках девонского возраста. Пластовые рудные тела, залегающие в экзоконтактных зонах гранодиоритов, рассматривались в качестве главного доказательства их сингенетической модели (т. е. SEDEX and VMS). Однако минеральные ассоциации и парагенезисы отчетливо свидетельствуют о скарновом типе оруденения. Первичные гранатпироксеновые скарны были замещены реакционными (ретроградными) скарнами, сложенными сульфидами (пирит, халькопирит, пирротин, галенит, сфалерит), магнетитом, кварцем и кальцитом. Присутствие андрадита (Ad80–99) и магнетита предполагает, что они образовались в относительно более окислительных условиях. Изотопы сульфидной серы в сульфидах (пирит, пирротин, халькопирит, молибденит) колеблются от –3,2 до 2,0‰, что указывает на магматическое происхождение серы – главного компонента в образовании рудных тел. Изотопный анализ кальцита показал $\delta^{13}\text{C}$ от –5,9 до –3,2 и $\delta^{18}\text{O}$ от 12,0 до 18,0‰, что говорит о преимущественно магматическом происхождении флюидов. Изотопы Pb в пиритах соответствуют пиритам магматического происхождения, указывая на наиболее вероятное происхождение Cu из гранитной магмы. Re-Os датировки из сростков молибденита с халькопиритом дают возраст, соответствующий возрасту внедрения гранодиоритов в пределах ошибки метода. Приведенные факты показывают, что руды медного месторождения Yangla относятся к скарновому типу (J.-J. Zhu и др., Китай).

При изучении Cu-Mo порфирового месторождения Mujicun (Северный китайский кратон) на основе U-Pb метода по цирконам (LA (лазерная абляция)-ICP-MS) определены возраст кристаллизации диоритовых порфириров, вмещающих Cu-Mo минерализацию, а также возраст эпидотовых скарнов, определенный тем же методом и подтвержденный данными Re-Os датировки по молибдениту. Установлено, что магматизм и рудообразование соответствуют единому непрерывному процессу. Данные по изотопии He, Ar, Pb и Hf показывают, что источником магмы и рудных элементов в основном были нижняя кора и материал, образовавшийся в результате ее взаимодействия с верхней мантией. Мезозойский магматизм и связанная с ним Cu-Mo минерализация – следствие деструкции Северного китайского кратона, которая инициировала селективное плавление нижней коры, взаимодействовавшей с верхней мантией и продуцировавшей рудную минерализацию (G. Dong и др., Китай).

Изучение тектоники, магматизма и металлогении Балхаш-Западнодунгарского металлогенического пояса в Центральной Азии, где хорошо известны крупные и сверхкрупные медно-молибденпорфировые, крупные медноскарновые и редкометалльные месторождения, показало, что рассматриваемый металлогенический пояс является одной из мультядерных площадей Центрально-Азиатского металлогенического домена, контролируемого граничной системой сдвигов (strike-slip fault system). В пределах этого пояса изотопная датировка с использованием SHRIMP U-Pb метода по цирконам, Re-Os изотопная датировка по молибденитам, Ar-Ar термохронология, датирование по трекам радиоактивного распада апатита и моделирование температурного режима обеспечивают разносторонний подход к разграничению всего хода изменения температурного режима позднепалеозойского гранитного магматизма и связанных с ним медноскарновых (Саяк), Cu-Mo порфировых (Коунрад, Актогай, Борли) и кварцево-жильно/грейзеновых W-Mo месторождений (Восточный Коунрад, Жанет и Аксатау), регионального остывания и мезозойской эксгумации месторождений. Геохронология в сочетании с геохимией гранитоидов свидетельствует об изменении тектонической обстановки от синколлизонной и островных дуг в карбоне до постколлизонной в перми и металлогенических серий от скарновых и Cu-Mo порфировых месторождений до редкометалльных. Данные Sr-Nd изотопии свидетельствуют о росте новообразованной коры за счет деплетированной мантии на Актогае и Саяке в позднем палеозое и последующем смешении деплетированной мантии и подновленного протерозойского основания в процессе магматизма на Коунрадской площади (X. Chen и др., Китай).

На основании изотопных данных определены геотектонические условия локализации и выделены этапы формирования меднопорфировой минерализации Ирана. Большинство медных (\pm молибден) порфировых месторождений Ирана расположено в средней части орогенного металлогенического пояса Тетис. Выделяют два тектоно-магматических субпояса, вмещающих месторождения указанного типа. Наиболее значимые из них Керман, расположенный в юго-восточной части магматической дуги, Urumieh-Dokhtar, вмещающий месторождение мирового класса Sarcheshmeh, многие другие порфировые месторождения и Arasbaran (Северо-Западный Иран) с известным месторождением Sungun. В числе менее продуктивных пояс Восточного Ирана, где известно лишь несколько мелких порфировых месторождений и центральная часть магматической дуги Urumieh-Dokhtar. Возраст минерализации месторождений порфирового типа оценивается по новым авторским U-Pb датировкам по цирконам и по ранее опубликованным данным. Порфировые месторождения Восточного Ирана сформировались в позднем эоцене, в то время как месторождения пояса Arasbaran образовались в раннем миоцене и имеют возраст от 19,51 до 21,1 млн лет. В месторождениях пояса Керман, по данным U-Pb датирования по цирконам, выделяются три различных этапа образования порфировой минерализации: позднеолигоценый, ранний и поздний миоценовые. Поздний миоценый этап – наиболее важный рудный этап, с ним связано образование гигантских месторождений и месторождений мирового класса, в частности Sarcheshmeh. Новые авторские U-Pb датировки в сочетании с опубликованными геохимическими данными указывают, что порфировые месторождения Ирана формировались в обстановках от син- до постколлизонных (M. Aghazaden и др., Иран, Китай).

С использованием изотопных данных охарактеризована порфирово-эпитермальная минерализация перспективной площади Cerro la Mina, Южная Мексика. Проявление локализовано в щелочных вулканитах плейстоценового возраста. Вулканогенные стратифицированные образования, представленные толщами игнимбритов, интродуцированы интрузиями монцодиорит-диоритового состава с возрастом $1,04 \pm 0,04$ млн лет. Игнимбриты перекрываются кластическими потоками (кластолавами?) и интродуцированы синвулканическими трахиандезитовыми куполами. Трубнообразное тело брекчий, образованное в результате эксплозивного отделения гидротермальных флюидов от глубинного интрузивного источника, прорывает вулканическую толщу и вмещает все гидротермально измененные породы и минерализацию. Ранние, калиевые по составу, околорудные изменения представлены ассоциацией кварц + калиевый полевой шпат ± биотит. Более поздние, серицитовые метасоматиты включают кварц, мусковит, иллит, иллит/смектит и хлорит. Серицитовые изменения ассоциируют с ассоциацией пирит ± халькопирит ± молибденит ± жильный кварц. Датировки по биотиту и молибдениту $0,78 \pm 0,1$ (Re-Os) и $0,689 \pm 0,013$ млн лет (Ar-Ar). Изучение изотопии серы показало, что пирит осаждался из водных флюидов магматического происхождения. Интенсивные зоны аргиллизации представлены в приповерхностных условиях кварц-диккитовыми агрегатами, сменяющимися каолин-галлуазитовой ассоциацией, распространяющейся до глубины 800 м. Каолинитовые метасоматиты вмещают наиболее значимую золото-медную минерализацию. Золото содержится преимущественно в мышьяксодержащем пирите, марказите, энаргите. Данные по изотопам серы и кислорода-дейтерия в галлуазите и пирите свидетельствуют о смешении метеорных и глубинных вод, которые взаимодействовали с породами фундамента. Геологические и геохимические особенности, выявленные на объекте, не согласуются с классическими моделями. Более глубокое изучение проявления Серра Ла Мина предоставит уникальную информацию для новых открытий (N.H. Jansen и др., Австралия, Канада).

Охарактеризовано внутриконтинентальное гигантское Cu-Au порфировое месторождение Dexing, сформированное в мезозое в режиме растяжение/сжатие и локализованное в пределах южной окраины кратона Yangtze (Восточный Китай). U-Pb датирование по цирконам и Re-Os по молибдениту указывает на относительно непродолжительный период внедрения кислых интрузий (172–170 млн лет), а возраст формирования Cu-Au минерализации оценивается в 171 млн лет. Это месторождение имеет большое сходство с медно-порфировыми месторождениями в магматических дугах, но существенно отличается по происхождению от рудовмещающих порфириновых пород. Эти породы обычно содержат разновозрастные микрозернистые мафические включения и ассоциируют с региональными внутриплитными контрастными сериями базальтов-гранитов А-типа, сформированных в интервале 185–170 млн лет. Породы высококалиевые, известково-щелочные имеют геохимические характеристики, присущие адакитам, но с относительно более высокими содержаниями MgO, Cr, Ni, Th и Th/Ce отношением. Значения ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) и Nd соответствуют таковым во включениях, а $\delta^{18}\text{O}$ и ϵ_{Hf} цирконов близки к значениям, присущим деплетированной мантии. Эти данные предполагают, что кислые магмы образовались во внутриконтинентальной позиции в результате плавления утолщенной ювенильной мафической нижней коры, вызванного одновременным подслаиванием мафических расплавов в среднеюрское время. Мафические расплавы содержали свободную воду, необходимую для плавления в присутствии жидкой фазы образования нижней коры, и служили источником S и металлов для водных, высокооксидированных металлоносных (фертильных) магм в режиме растяжение/сжатие (Z. Нои и др., Китай).

Наиболее важные результаты проведенных изотопных исследований:

- исследования Re-Os изотопных систем сульфидов из скарнов, порфириновых интрузивов и контактовых роговиков Cu-Mo месторождения Jiama (Тибет) показывают, что достоверные хронологические данные могут быть получены только по молибдениту;

- изотопные исследования, проведенные при изучении Cu-Mo порфирикового месторождения Mujicun (Северный китайский кратон) на основе U-Pb метода по цирконам, свидетельствуют, что магматизм и рудообразование соответствуют единому непрерывно-

му процессу. Данные по изотопии He, Ar, Pb and, Hf показывают, что источником магмы и рудных элементов в основном были нижняя кора и материал, образовавшийся в результате ее взаимодействия с верхней мантией;

– на основании изотопной датировки с использованием SHRIMP U-Pb метода по цирконам, Re-Os датировки по молибденитам, Ar-Ar термохронологии и других методов, выполненных на месторождениях Балхаш-Западнодунгарского металлогенического пояса (Центральная Азия), разграничен температурный режим позднепалеозойского гранитного магматизма;

– в пределах гигантского внутриконтинентального Cu-Au порфирирового месторождения Dexing (кратон Yangtze, Восточный Китай) на основании U-Pb датирования по цирконам и Re-Os по молибдениту определен возрастной интервал внедрения кислых интрузий (172–170 млн лет), возраст формирования Cu-Au минерализации (171 млн лет) и рассмотрены вопросы формирования рудоносных магм.

СОЗДАНИЕ ГОСУДАРСТВЕННОЙ СЕТИ ОПОРНЫХ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПРОФИЛЕЙ, ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ И СВЕРХГЛУБОКИХ СКВАЖИН

Системный подход к изучению глубинного строения, т. е. реализация специализированных государственных программ по созданию сети опорных геолого-геофизических профилей, существует в трех странах – Российской Федерации, Китайской Народной Республике, Австралийском Союзе.

В рамках 34-й сессии МГК была только одна специализированная секция, посвященная государственным программам изучения глубинного строения, – SinoProbe-Deep exploration in China.

Методики и результаты геофизических исследований по остальным программам обсуждались на тематических секциях и подсекциях:

– 34. Главные геологические научные инициативы, геологические съемки и карты (Major geoscience initiatives, geosurveys and maps);

– 34.1. Геологические процессы при образовании Азии (Geological processes of the construction of Asia);

– 34.2. Геологическая и металлогеническая реакция на глубинные процессы в Восточной Азии и на континентальных окраинах (Geological and metallogenic responses to deep processes in Eastern Asia and continental margins);

– 34.3. SinoProbe – глубинная разведка в Китае (SinoProbe-Deep exploration in China);

– 26.3. Тектоника Арктики (Arctic tectonic);

– 8.3. Зондирование Земли от поверхности до мантии – технологии, программное обеспечение при моделировании и примеры использования при поисковых работах (Probing the Earth from near-surface to the mantle – techniques, modeling software and case histories to aid mineral exploration).

Помимо государственных программ, результаты глубинных исследований обсуждались на многих секциях и подсекциях, в частности, 11.5 – Континентальные передовые бассейны (Onshore frontier basins), 16 – Глубины Земли (The Deep Earth) и др.

Всего было представлено более 25 устных и 20 стендовых докладов. Новые публикации и методики в области геофизических исследований отражены также в экспозициях выставки GeoExpo-2012.

Российская государственная сеть опорных геолого-геофизических профилей, параметрических и сверхглубоких скважин. Основная информация была экспонирована Роснедра на выставке GeoExpo-2012. Сеть представляет собой взаимоувязанный каркас сверхдлинных геотрансектов, опирающихся на сверхглубокие и параметрические скважины, охватывает

всю территорию России и ее континентальный шельф и состоит из трех крупных элементов:

- ретроспективные (отработанные до 1995 г.) монометодные глубинные сейсмические профили, выполненные в том числе с использованием мирных ядерных взрывов;
- современные (выполненные после 1995 г.) комплексные (ГСЗ, МОВ-ОГТ, МТ, гравиметрические и магнитометрические исследования) геолого-геофизические профили;
- параметрические и сверхглубокие скважины.

Общая протяженность опорных профилей около 84 500 пог. км, в том числе 49 ретроспективных профилей длиной 57 800 пог. км и 23 современных профиля длиной более 26 700 пог. км, включая 15 000 пог. км сухопутных профилей и 11 700 морских. Закончены проходка и изучение 12 сверхглубоких и параметрических скважин. Максимальную глубину имеет Кольская сверхглубокая скважина (12 262 м); наименьшими глубинами характеризуются параметрические скважины, выполненные в последние годы – Воронежская (3000 м), Онежская (3500 м). Закончены работы по Янгиюганской параметрической скважине (4000 м).

Результаты создания опорных геолого-геофизических профилей представлены в двух стендовых докладах специалистов СНИИГиМС (А.С. Сальников, А.С. Ефимов, В.Л. Кузнецов, В.В. Титаренко) и СО РАН (В.М. Соловьёв). Охарактеризованы профили, пройденные на северо-востоке страны (2-ДВ и 2-ДВ-А) и в Алтае-Саянском регионе.

Обобщенные глубинные сейсмические разрезы по опорным профилям востока Евразии (2-ДВ и 2-ДВ-А) составлены на основе данных сейсмотомографии, определения положения поверхности Мохоровичича по данным головных и закритических отраженных волн и показывают строение земной коры и верхней мантии до глубины около 60 км. По характеру распределения скоростей в земной коре условно выделены четыре слоя: вулканогенно-осадочный, гранитогнейсовый, гранулитовый и базитовый. При сопоставлении полученных в результате выполненных работ ГСЗ глубинных разрезов земной коры с ранее установленным тектоническим районированием видна связь скоростных аномалий с особенностями тектонического строения района. Так, Охотско-Чукотский вулканогенный пояс, дважды пересекаемый одним из профилей, характеризуется блоком с увеличенной мощностью консолидированной коры за счет утолщения «базитового слоя» и соответственно погружения границы М на глубину до 43 км и более, понижения граничных и пластовых скоростей. Получен ряд новых сведений о детальном распределении скоростей в земной коре и верхней мантии, гипсометрии поверхности Мохоровичича, позволяющих сделать важные выводы о строении и истории развития региона, обосновать глубинную модель и оценить металлогенический потенциал Северо-Востока России.

На территории Алтае-Саянской области методом ГСЗ отработано более 5000 км региональных сейсмических профилей. Сейсмические разрезы, освещающие строение земной коры на всю ее мощность, включая поверхность верхней мантии, обеспечили построение структурных схем по поверхностям консолидированной коры (фундамент), «гранулитового» слоя (подошва верхней коры), базитового слоя (кровля нижней коры) и Мохоровичича (кровля верхней мантии). Установлены существенное погружение поверхности Мохоровичича в южном направлении от 40 до 54 км и наличие в рельефе этой поверхности трех поднятий, которым в плане соответствуют глубокие прогибы поверхности консолидированной коры.

Материалы по трем современным геотраверсам (1-ЕВ, 4-В, Татсейс) в пределах Восточно-Европейской платформы содержатся в стендовом докладе М.В. Минца (ГИН РАН). Обобщение геологических, региональных геофизических исследований в совокупности с глубинными сейсмическими материалами (МОВ-ОГТ) по российским опорным профилям, дополненными данными по аналогичным профилям Финляндии (проект FIRE), позволило автору рассмотреть основные черты геологических структур и докембрийскую (3,4–1,75 млрд лет) эволюцию значительной части Восточно-Европейской платформы. Развернутое представление этих материалов было осуществлено М.В. Минцем в пре-

зентации на секции «Протерозойские суперконтиненты: процессы, модели, мифы и гипотезы».

На этой же секции С.Л. Костюченко (ВНИИгеофизика) и А.Ф. Морозов (Роснедра) были заслушаны результаты обобщений по системе «ретроспективных» опорных профилей Восточно-Европейской платформы. 3D геолого-геофизическая модель земной коры и верхней мантии Восточно-Европейского кратона включает карты рельефа фундамента и его скоростных параметров (V_p), карту мощности земной коры и скорости верхней мантии, результаты количественной и качественной интерпретации гравимагнитных данных и геолого-геофизические разрезы по опорным профилям ГСЗ. Были оконтурены архей-палеопротерозойские террейны, разделенные зонами смятия и глубинными разломами. Рифейский этап кратона связан с развитием рифтовых систем – Средне-Русской, наследующей сутурную зону между Фенноскандией и Сарматией, Мезенского рифта, отражающего развитие пассивной северо-восточной окраины кратона, Камско-Бельского как отклика на плюм-тектонику. Низкоскоростная мантия в центральной части кратона связана со среднепалеозойским кимберлитовым магматизмом.

Наиболее широкое обобщение и анализ материалов по российской Государственной сети опорных геолого-геофизических профилей представлены в рамках двух международных проектов (на подсекциях 34.2 – Геологические и металлогенические отклики на глубинные процессы в Восточной Азии и на ее континентальных окраинах и 26.3 – Тектоника Арктики).

Один из ключевых докладов на подсекции 34.2 – доклад большого коллектива авторов (С.П. Шокальский, О.В. Петров, ВСЕГЕИ; Dong Shuwen, CAGS; А.Ф. Морозов – Роснедра; В.П. Орлов – советник; Ю.Г. Леонов, И.Н. Поспелов, ГИН РАН), посвященный достижениям и перспективам международного проекта «Атлас геологических карт Центральной Азии и окружающих территорий масштаба 1 : 2,5 М». Перспективы проекта представлены в виде разноуровневой системы совместного анализа глубинных исследований и тектонических построений. В частности, большинство тектонических подразделений, отображенных на карте масштаба 1 : 2,5 М, имеют индивидуальные черты глубинного строения, и их границы хорошо соотносятся с картой мощности земной коры (рис. 21); показан и ряд несоответствий между глубинными картами (мощность

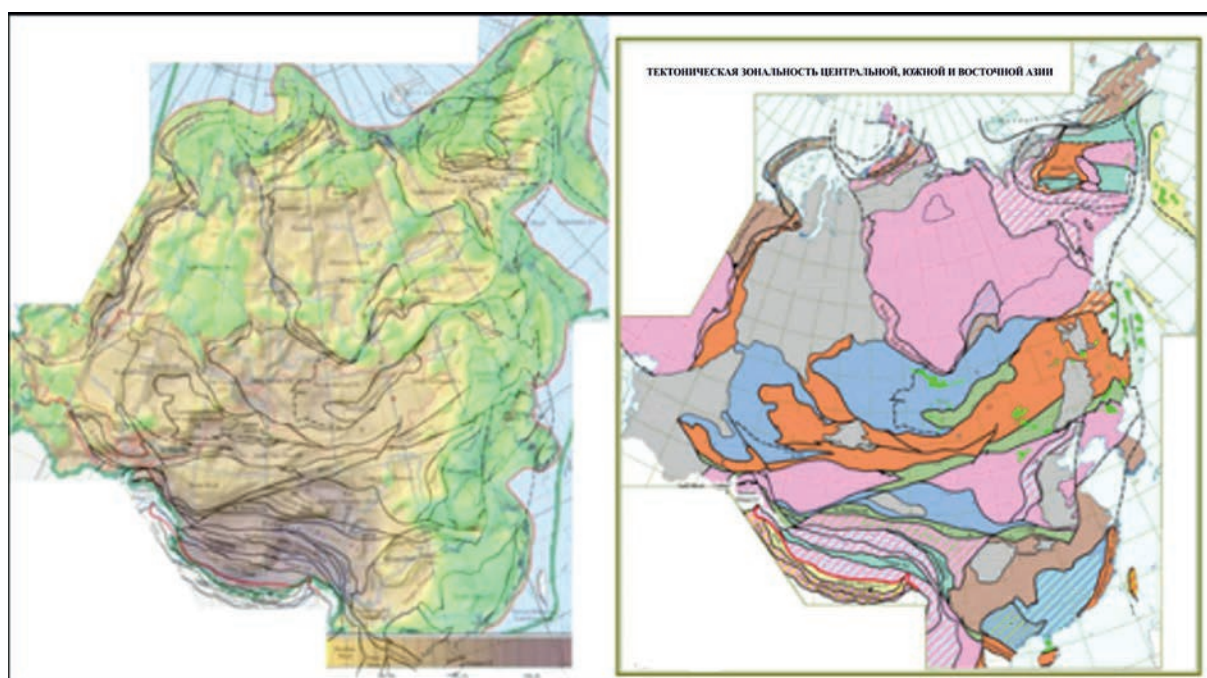


Рис. 21. Сопоставление тектонических структур Азии с характером изменения мощности земной коры

земной коры и ее консолидированной части) и тектонической картой, которые требуют либо пересмотра границ структур, либо геологического объяснения этих несоответствий. Возможности уточнения тектонических контуров и эволюции структур продемонстрированы на примере анализа 3D структурно-физической модели зоны сочленения Западно-Сибирской плиты и Сибирской платформы. Вовлечение результатов работ по созданию государственной сети опорных геолого-геофизических профилей в современные тектонические построения открывает широкие перспективы и позволяет расширить, а в ряде случаев пересмотреть представления об истории развития крупных регионов.

Фактологическая основа и методико-технологические аспекты создания карты мощности земной коры (Е.Д. Мильштейн, Е.А. Андросов, Ю.М. Эринчек, С.Н. Кашубин, В.Н. Мухин (Россия) – G. Li (CAGS)) представлены в рамках работ подсекции 34.2. В основе карты база данных по 337 глубинным сейсмическим профилям, в том числе по всем профилям государственной сети и более чем 100 региональным глубинным профилям по территории России (рис. 22).

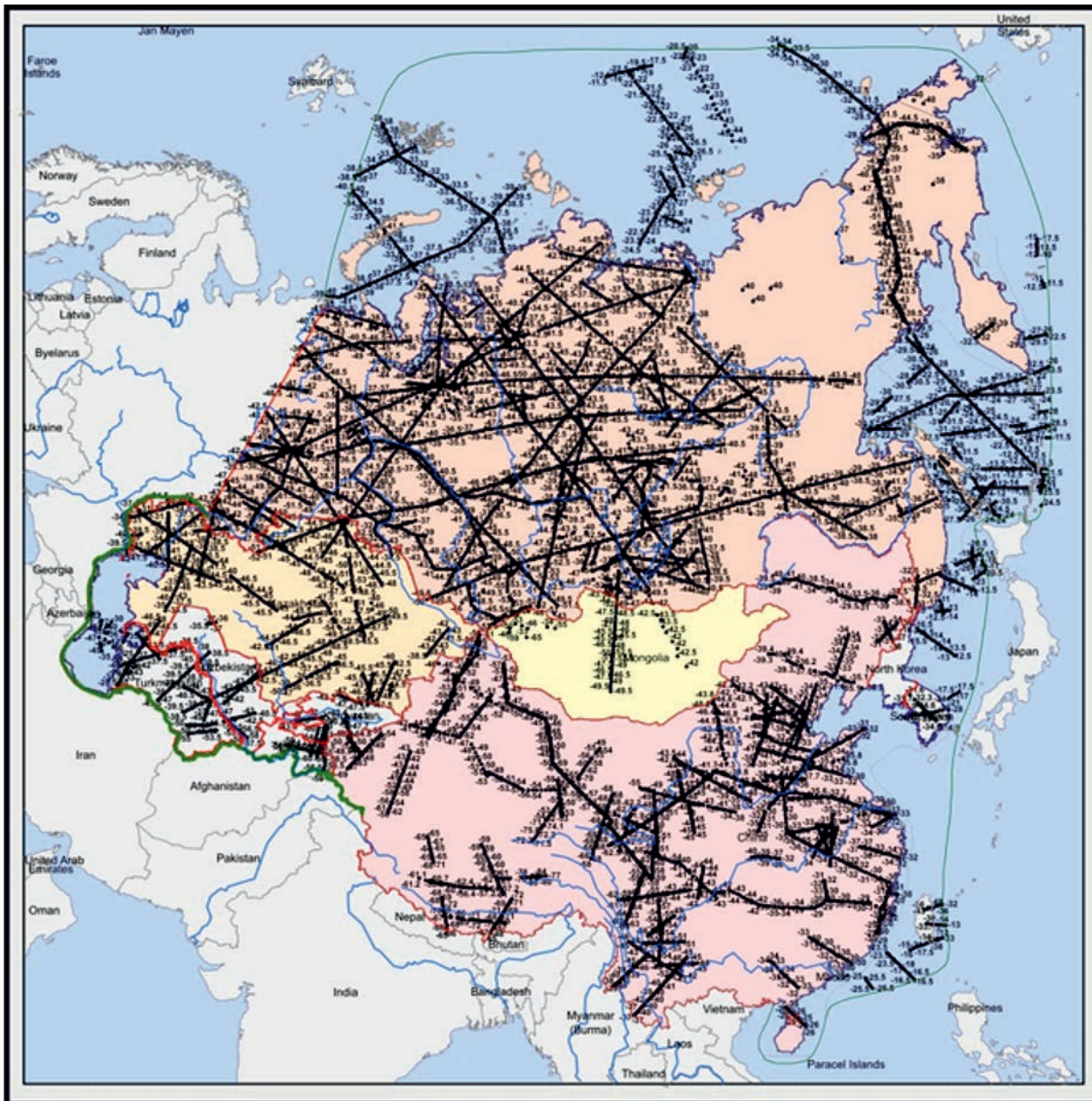


Рис. 22. Карта фактических материалов для создания карты мощности земной коры Азии

При создании карты, помимо глубинных сейсмических данных, использованы данные по полю силы тяжести и топографии. Созданные эмпирические двумерные корреляционные уравнения, представляющие глубину границы Мохоровичича (подошвы земной коры) как функцию аномалий гравитационного поля в редукции Буге и рельефа современной поверхности, позволили оценить положение границы в районах, не обеспеченных глубинными сейсмическими исследованиями. Детальность новой цифровой карты (м-б 1 : 5 М) принципиально отличает ее от ранее созданных и обеспечивает возможность успешного ее использования не только для глобальных геофизических реконструкций, но и при геотектонических построениях.

Наиболее эффективный результат использования материалов Государственной сети опорных геолого-геофизических профилей – Международная тектоническая карта Арктики (TeMAr), представленная на подсекции 26.3 – Тектоника Арктики О.В. Петровым от имени большого авторского коллектива (С.П. Шокальский, С.Н. Кашубин – ВСЕГЕИ; А.Ф. Морозов – Роснедра; Ю.Г. Леонов – ГИН РАН; В.Д. Каменский, Г.Э. Грикуров – ВНИИОкеангеология). Атлас геологических карт Циркумполярной Арктики был инициирован геологическими службами циркумарктических государств в 2003 г. при активной поддержке Комиссии по геологическим картам мира (CGWM). Карты магнитного и гравитационного полей подготовлены и изданы Норвежской ГС, Геологическая карта – ГС Канады. Новая тектоническая карта Арктики (TeMAr) разрабатывается Россией в рамках международного проекта и будет издана. Проект карты был представлен на 34-й сессии МГК. Легенда карты ранее одобрена соответствующей секцией CGMW. Карта уникальна, в первую очередь она дает контрастно различный объем геологической и геофизической информации в разных регионах. По обеспеченности геолого-геофизическими материалами выделяются три зоны: внешняя, представленная сухопутной частью, богатая геологической и геофизической информацией; вторая – окраинных бассейнов шельфа, обеспеченная различными геофизическими данными, в том числе по весьма густой сети сейсмических профилей с определенным объемом бурения; центральная, весьма обширная зона Северного Ледовитого океана, строение которой может быть охарактеризовано по серии глубинных сейсмических исследований и дискретным точкам геологического

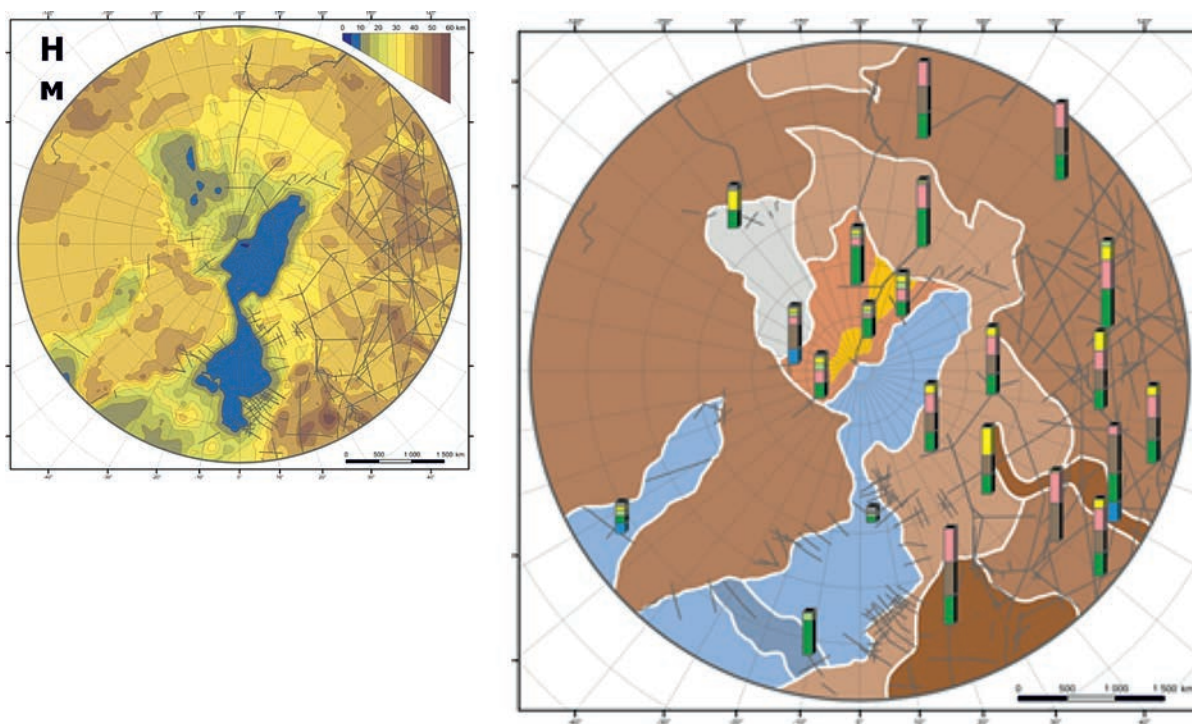


Рис. 23. Карты мощности (H_c) и типов земной коры Циркумполярной Арктики

опробования морского дна. Карта – первый опыт компиляции на основе 3D геолого-геофизического моделирования. При ее разработке создана серия карт глубинного строения, включающая карты мощности и типов земной коры (рис. 23), специализированное районирование потенциальных полей, а также уникальный геотрансект протяженностью 7600 км (рис. 24).

При создании карты использованы последние данные по батиметрии и глубинному сейсмическому зондированию, полученные в ходе реализации национальных проектов по делимитации континентального шельфа Арктики, в том числе Государственной сети опорных геолого-геофизических профилей. Интеграция геолого-геофизических данных по Северному Ледовитому океану и материалов по его континентальному окружению послужит основой проверки различных палеогеодинамических моделей.

Результаты анализа и обобщения материалов Государственной сети опорных профилей были широко представлены специалистами ВНИИОкеангеологии на стенде «Поднятие Менделеева (Арктический океан) как геологическое продолжение Сибирской континентальной окраины» (В.П. Поселов, В.Н. Буценко, В.Д. Каменский – ВНИИОкеангеология; С.Н. Кашубин – ВСЕГЕИ).

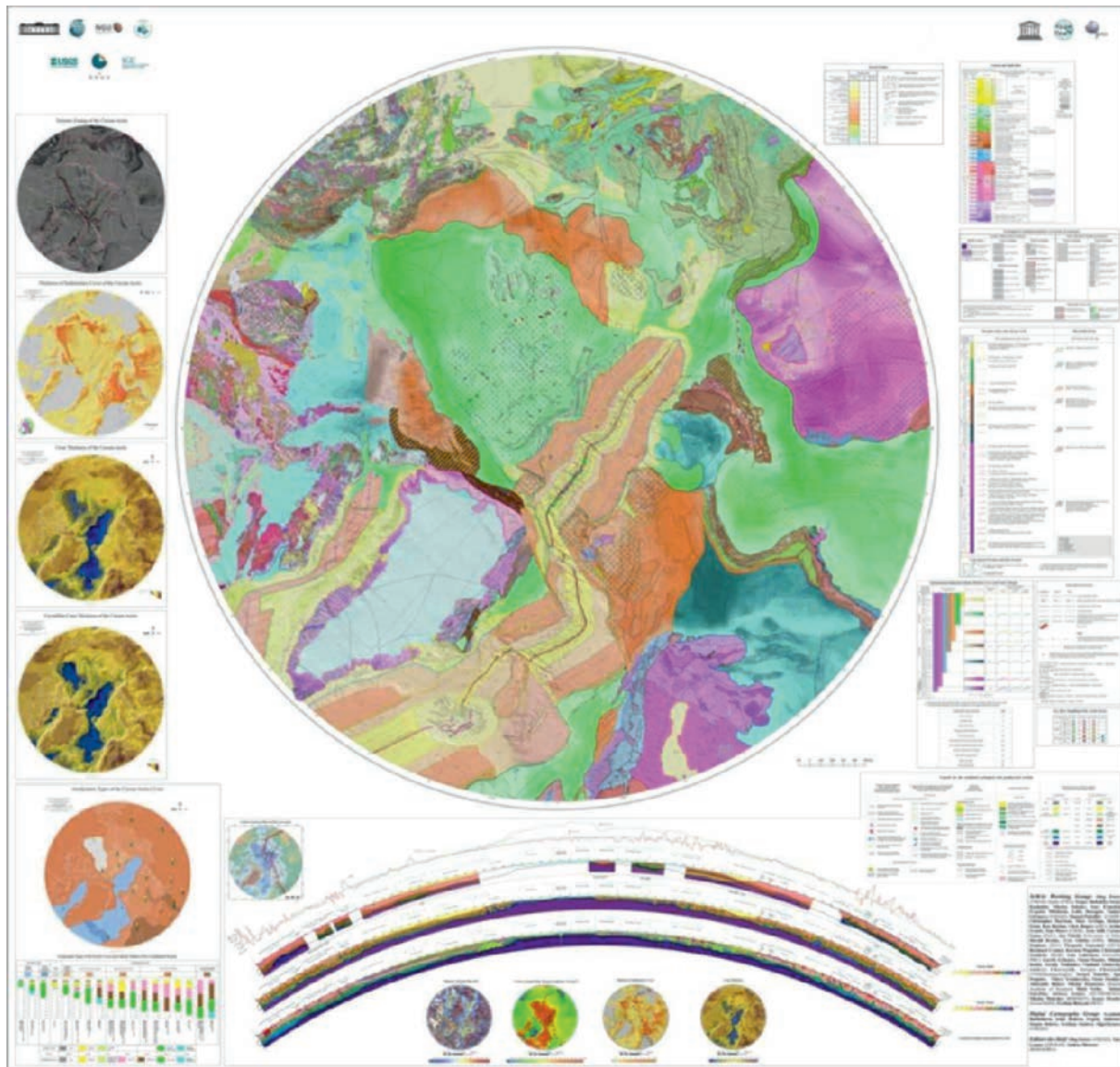


Рис. 24. Макет Тектонической карты Циркумарктики м-ба 1 : 5 000 000 с картами глубинного строения и геотрансектом протяженностью 7600 км

В докладе анализируются структурно-скоростные модели по сопряженным профилям 5-AP и Арктика-2005, расположенным в Восточно-Сибирском море и достигающим до 800° с.ш. Доказательства строятся на основе материалов ГСЗ и МОВ-ОГТ по двум направлениям – структура и скоростные параметры осадочных бассейнов и структурно-скоростные параметры консолидированной земной коры. Анализ этих параметров приводит авторов к выводу о непрерывном продолжении структуры консолидированной коры и осадочных образований от Сибирского шельфа до поднятия Менделеева.

Австралийская сеть глубинных геолого-геофизических профилей. Помимо официальных документов, использованы материалы презентаций, любезно предоставленные сотрудниками Австралийской ГС (Tanya Fomin), и ее официального сайта (Geoscience Australia) – <http://www.ga.gov.au>.

Два основных доклада, в которых подробно обсуждались вопросы создания сети глубинных профилей в Австралии, сделаны на подсекции 8.3 – Зондирование Земли от поверхности до мантии – технологии, программное обеспечение при моделировании и примеры использования при поисковых работах (Probing the Earth from near-surface to the mantle – techniques, modeling software and case histories to aid mineral exploration).

Доклад большого коллектива авторов (Josef Holzschuh, Tanya Fomin, D. Costelloe Ross, Jenny L. Maher, Leonie E.A. Jones, Erdinc Saygin) был посвящен глубинным сейсмическим исследованиям методом отраженных волн (МОВ-ОГТ), начатым в Австралии более 70 лет назад. Общая протяженность профилей, выполненных с 1940 по 2006 г. (черные линии на рис. 25), более 17 000 пог. км, а за последние пять лет объем работ составил чуть меньше половины (6500 пог. км). Современные исследования проводились в рамках серии программ.

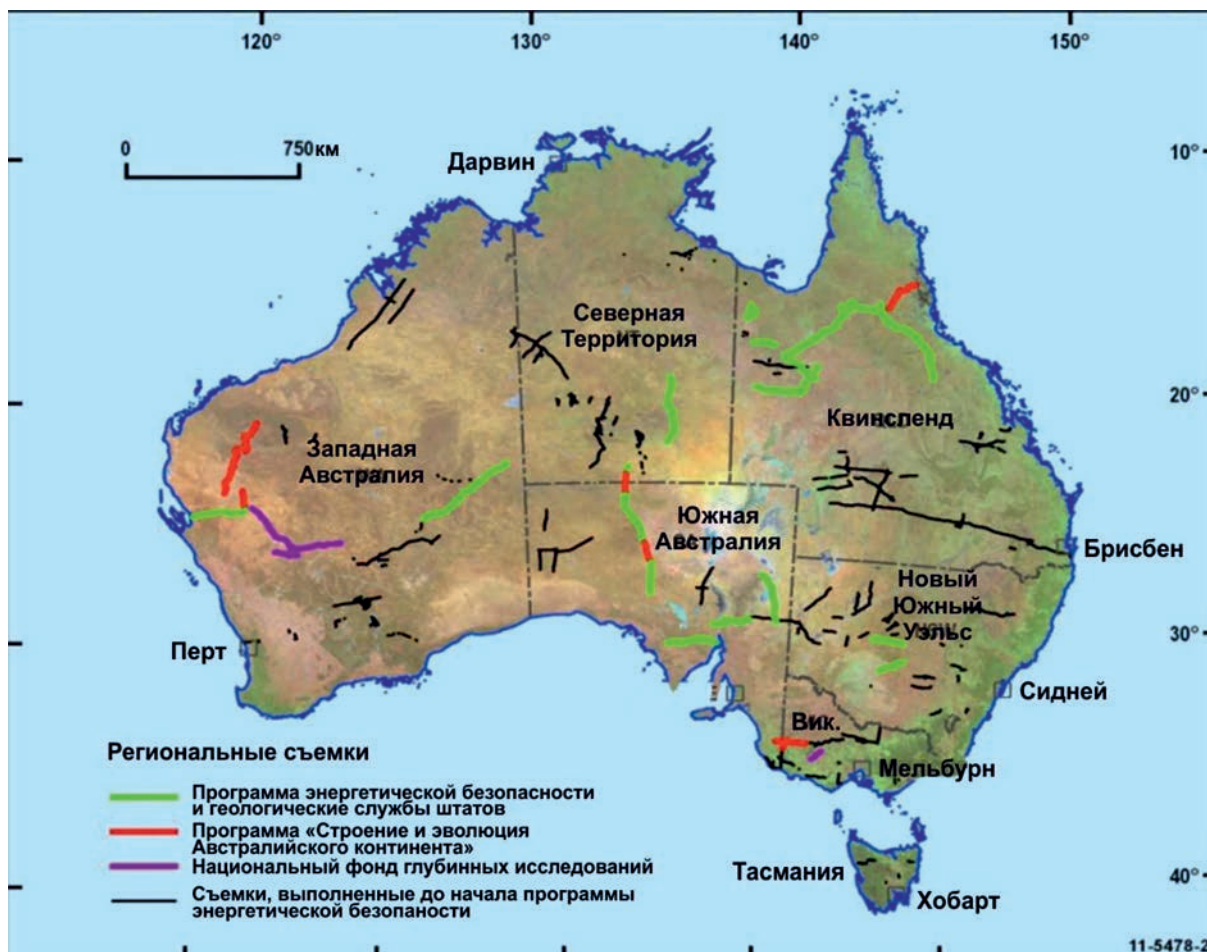


Рис. 25. Австралийская сеть глубинных сейсмических профилей

Правительство Австралии в 2006–2011 гг. организовало и профинансировало Программу энергетической безопасности (OEPS), направленную на снижение рисков при поисках и разведке углеводородного сырья на континенте (сайт <http://www.ga.gov.au>) (зеленые линии на рис. 25). Программа была реализована Австралийской ГС (Geoscience Australia) в сотрудничестве с общегосударственными и территориальными геологическими организациями. Одновременно обрабатывалась программа Национального фонда глубинных исследований ANSIR (лиловые линии на рис. 25). Еще одна программа (красные линии на рис. 25) «Строение и эволюция Австралийского континента» (AuScope) финансируется за счет инфраструктуры национальной стратегии сотрудничества исследований (NCRIS). Совокупность трех программ обеспечивает проведение протяженных геотраверсов, отражающих глубинное строение наиболее важных тектонических границ и рудоносных (нефтегазоносных) регионов.

Полевые исследования велись в соответствии со следующей аппаратурно-технологической схемой. В качестве источников возбуждения использовались три мощных вибратора марок «Nemi 50/60» или «Nemi ANV-IV». Вибраторы группировались линейно с расстоянием в 15 м (ПВ). Граничные частоты свип-сигналов 6–64, 12–96, 8–72 Гц при длительности свип-сигнала 12 с. Интервал возбуждения (шаг ПВ) 80 м. Количество активных каналов 240–300, группы сейсмоприемников (геофонов) по 12 шт., расстояние между группами (ПП) 40 м, полная длина расстановки 12 км, система наблюдений – центральная при максимальном удалении от источника-приемника 6 км.

Обработка данных направлена на оценку детального строения всего разреза, начиная с мелких осадочных бассейнов со слагающими их комплексами, сложнопостроенных структур консолидированной коры с наклонными и крутопадающими элементами и кончая строением высокоскоростной нижней коры и границы Мохоровичича.

Комплексирование сейсмических данных с другими геофизическими и геологическими материалами позволяет вносить ограничения в геологические модели, способствует развитию представлений о глубинном строении. Это в свою очередь ведет к лучшему пониманию строения «пограничных» (межблоковых) геологических структур, с которыми связаны рудные провинции, и бассейнов с углеводородной специализацией.

Магнитотеллурическим (МТ) исследованиям вдоль глубинных сейсмических профилей был посвящен доклад Jingming Duan, Peter R. Milligan, Tanya Fomin, Jenny Maher, L.E.A. Jones.

Глубинные МТ зондирования двух модификаций – широкополосные и длиннопериодные – выполнены по 12 глубинным сейсмическим профилям по всей территории Австралии (июнь 2007 – сентябрь 2011 г.) (рис. 26, сайт <http://www.ga.gov.au>). Общая длина МТ профилей более 3 700 км при участии 487 широкополосных (broadband – ВВ) и 156 длиннопериодных (long period – LP) станций. Расстояние между ВВ станциями в среднем около 10 км. Исследования представляли собой часть государственной программы (OEPS), проводившейся с 2006 по 2011 г.

Полевые работы по МТ зондированиям были начаты в июле 2007 г. На ряде примеров в докладе было показано, что МТ исследования могут обеспечить принципиально новую информацию для оценки перспектив рудоносности, нефтегазоносности и геотермальных ресурсов исследуемых территорий. Характеристика кажущегося сопротивления МТ моделей, полученная при обработке и интерпретации полевых материалов, дает важную информацию для оценки особенностей разреза от современной поверхности до верхней мантии. Геоэлектрические модели, в частности, могут отражать распределение флюидов, расплавов, фиксировать зоны разломов, границы осадочных бассейнов и литологических комплексов. МТ исследования успешно дополняют глубинные сейсмические данные по преломленным и отраженным волнам, по полю силы тяжести и другую геолого-геофизическую информацию, обеспечивая междисциплинарные исследования строения земной коры. Комплексность снижает неопределенность и вносит существенные ограничения в модели по сравнению с монометодными исследованиями. А это в свою очередь значительно улучшает понимание региональной геологии и тектонических процессов и, как следствие, способствует корректной оценке минерального и углеводородного потенциала изучаемых регионов.

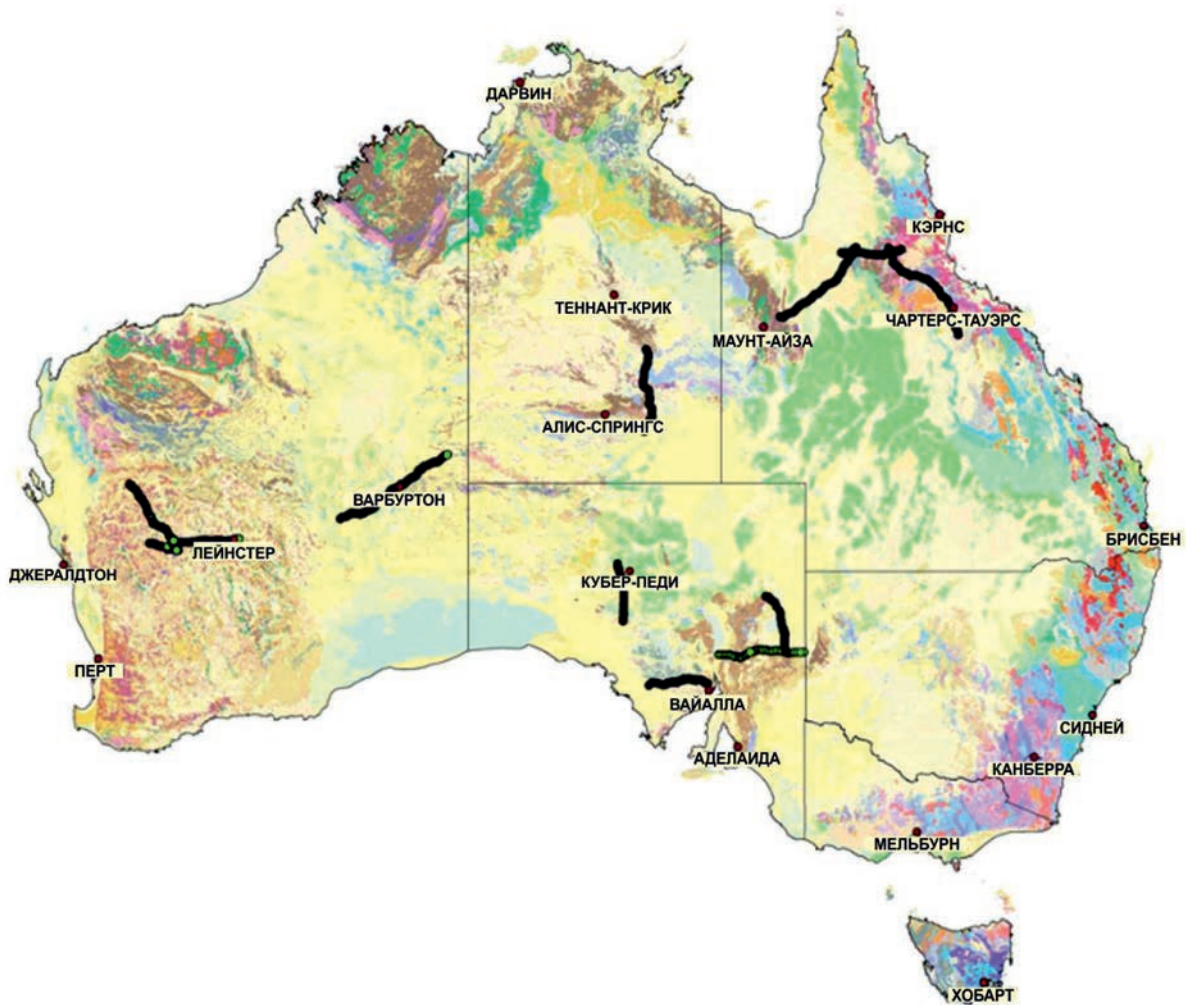


Рис. 26. Система магнитотеллурических исследований Австралии

Еще один крупный государственный проект Австралии был впервые представлен (B.L.N. Kennett) на конгрессе на секции Глубины Земли (Deep Earth) – проект изучения строения литосферы AuSREM. Благоприятное расположение поясов землетрясений к северу и востоку от Австралии способствуют высококачественному изучению томографии поверхностных волн для картирования крупномасштабных вариаций скорости сдвиговых волн. Государственная программа создания сети глубинных сейсмических профилей обеспечивает подробную информацию о строении земной коры потенциально экономически значимых областей. Исследования методом обменных волн землетрясений (Receiver function – RF) в виде стационарных сейсмологических станций и передвижных сетей обеспечивают понимание земной коры и верхней мантии. Широкомасштабное развертывание сети портативных станций позволило использовать методы корреляции сейсмических шумов для получения информации о более высокочастотных поверхностных волнах и дополнительно о строении земной коры. Реальна возможность создания 3D модели в полном объеме литосферы в относительно крупном масштабе для всего континента и с детализацией этой модели на юго-востоке страны.

Все разрозненные сведения объединены в проекте AuSREM, полностью обеспечивающем сейсмологическую модель австралийского континента до глубины около 300 км с шагом разрешения 0,5°. Коровая часть представлена подробными скоростными моделями (P- и S-волны), плотностными параметрами, характеристиками положения (глубины) основных границ раздела: фундамента и недавно завершённой границы Мохо. Мантийный

компонент модели менее подробный, но он включает в себя скорости P-, S-волн и плотностные параметры. Основная задача – обеспечить удовлетворительное представление для границы литосфера – астеносфера.

Эффективность создания сети глубинных сейсмических профилей, высокая геологическая информативность полученных результатов продемонстрированы в докладе группы авторов австралийской ГС L.K. Carr, R.J. Korsch, J. Holzschuh, D. Costelloe, Ross L.E.A. Jones, J. Maher, представленном на подсекции 11.5 – Континентальные передовые бассейны (Onshore frontier basins).

За пять лет глубинных сейсмических исследований получены новые данные о строении нескольких осадочных бассейнов Австралийского континента, их стратиграфии и структурным особенностям, чтобы в конечном итоге стимулировать расширение работ по поискам углеводородов. Ряд этих бассейнов представляет собой разновозрастные (неопротерозой – мел) сегменты центрального супербассейна (Centralian Superbasin) страны. На основании интерпретации глубинных сейсмических разрезов выявлена общая архитектура и детальное внутреннее строение (геометрия) каждого бассейна, многие из них имеют начальное экстенциональное строение, как например, сдвоенные полуграбены, формирующие суббассейн Биро (Bygo Subbasin) южного бассейна Карнарвон (Carnarvon). Некоторые сложнопостроенные бассейны были деформированы в более позднее время. В частности, бассейн Джорджина (Georgina), расположенный в Северных Территориях, вследствие слабого складкообразования приобрел вид слабовыраженной асимметричной синклинали, в то время как интенсивная разломная тектоника преобразовала бассейн Арою (Arrowie) в систему надвигов. В бассейне Amadeus развитие детечмента вдоль поверхности солевых горизонтов в нижних частях разреза привело к образованию черепичной надвиговой зоны. Грабен Мурилуанна (Moogilyanna), элемент бассейна Офицер (Officer) Южной Австралии, является примером бассейна, образовавшегося за счет раздвига pull-apart basin, связанного с двумя сдвигами. Крупным достижением программы создания глубинных сейсмических профилей является открытие ранее неизвестного бассейна Милунгера (Millungera) в Северо-Западном Квинсленде.

Чтобы понять историю развития каждого бассейна, была использована секвентная стратиграфия, которая легла в основу 1D моделирования нефтяных систем каждого бассейна. Интерпретация материалов по 10 глубинным сейсмическим профилям, пересекающим восемь осадочных бассейнов, предоставила новую информацию о внутреннем строении, истории развития и нефтегазонасности этих крупных регионов.

Убедительные доказательства высокой геологической отдачи глубинных сейсмических исследований представлены в докладе, посвященном возможности уточнения истории развития Австралии в протерозое (R.J. Korsch), на подсекции 18.1 – Формирование Австралийского континента.

Существует множество противоречивых плейт-реконструкций и тектонических моделей протерозойской эволюции Австралии. Геофизические данные, включая потенциальные поля (гравитационное и магнитное) и глубинные сейсмические профили (МОВ-ОГТ), могут быть использованы, чтобы помочь ограничить эти модели. Потенциальные поля, отчетливо отражающие пространственные изменения в ориентации геофизических аномалий, фиксируют ключевые границы, некоторые из них могут дать представление о границах древних плит континента. Ряд глубинных сейсмических профилей, пересекающих многие протерозойские провинции Австралии, может быть использован для определения местоположения границ между соседними провинциями. В Северном Квинсленде выявлена шовная структура, ограничивающая восточный борт провинции Mount Isa, а далее к востоку древняя зона субдукции. В южной части Австралии, в области Gawler-Carnarvon, выявлены три дискретных блока земной коры, разделенных шовными зонами, что позволяет предполагать наращивание этого региона в восточном направлении в протерозое. В Центральной Австралии отмечено развитие по меньшей мере пяти шовных зон, что указывает на прирост континентальных многоугольников расщепления (slivers) до окончательного объединения Северного и Южного австралийских кратонов. В Западной Австралии три предполагаемые шовные зоны в пределах южной окраины

кратона Пилбара дают возможность говорить о прогрессивной аккреции континентальной коры при формировании Западно-Австралийского кратона. Интерпретация глубинных сейсмических профилей в сочетании с потенциальными полями обеспечивает представление об объемной структуре Австралии, в том числе о положении границ древней плиты, и корректное построение тектонических моделей и плейт-тектонических реконструкций протерозоя Австралии.

Результаты исследований по системе глубинных геолого-геофизических профилей, помимо презентаций на различных секциях (включая стендовые), были широко представлены в материалах ряда территориальных геологических служб Австралии.

Программа глубинных исследований Китайской Народной Республики. Использованы материалы презентации Dong Shuwen (CAGS), любезно предоставленные автором, и официального сайта SinoProbe (<http://www.sinoprobe.org>).

Программе изучения глубинного строения в КНР посвящена специализированная секция 34.3 – СиноПроба – Глубинные исследования в Китае (SinoProbe-Deep exploration in China). В 16 докладах раскрыты различные аспекты изучения глубинного строения Китая. Квинтэссенция секции – ключевая лекция Shuwen Dong «Прогресс СиноПроба – глубинные исследования в Китае в 2008–2012 гг. (Progress of SinoProbe – Deep Exploration in China)» (рис. 27).

SinoProbe – мультидисциплинарная научно-исследовательская программа. Основная цель программы – оценка состава, строения и эволюции континентальной литосферы Китая, содействие различным научно-техническим исследованиям Земли, природных ресурсов и предупреждение геоопасных явлений.

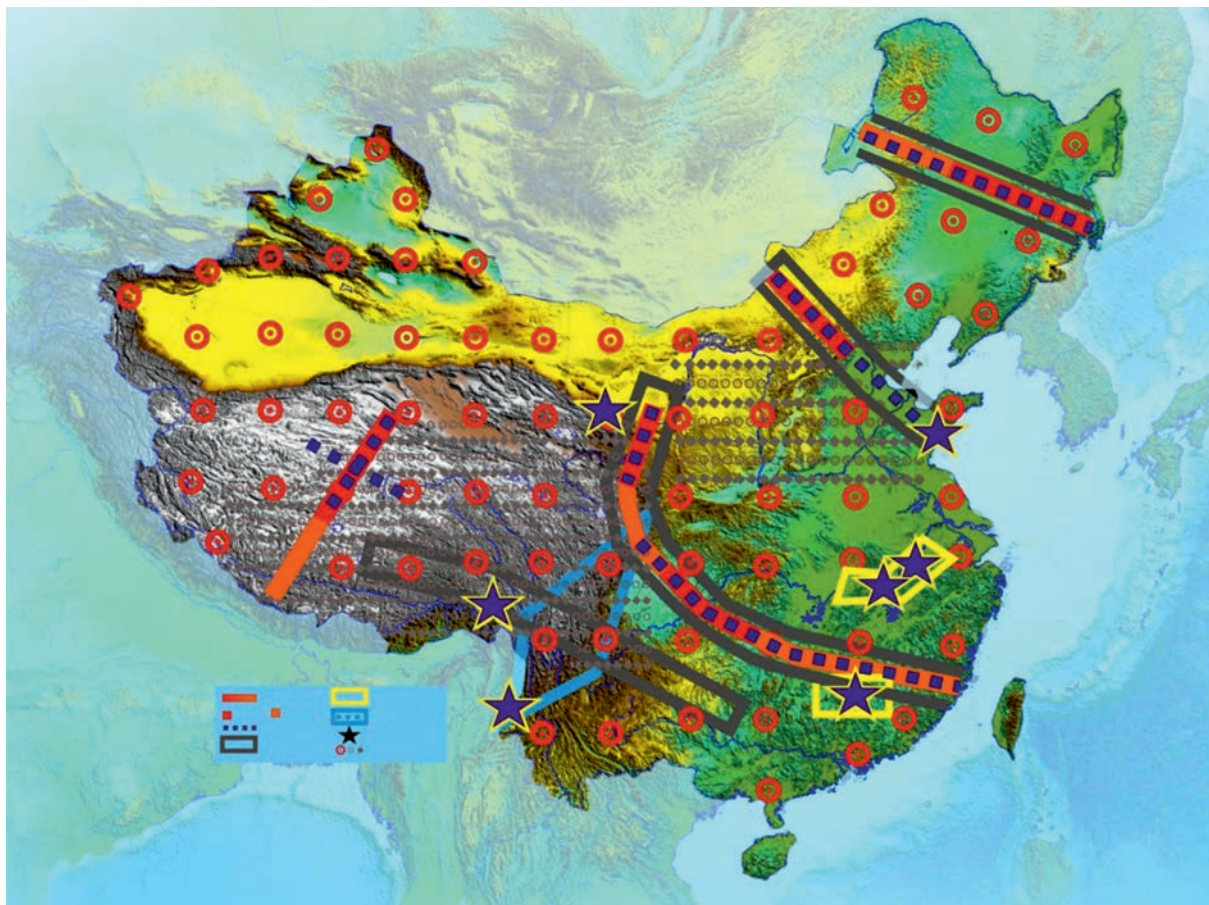


Рис. 27. Основные элементы программы SinoProbe

Красные точки и коричневые ромбы – сеть магнитотеллурических исследований (МТ), красные линии с синими квадратами – глубинные сейсмические профили, звездочки – предполагаемые места глубинного бурения

Программа начата в 2008 г. Первая пятилетка (2008–2012 гг.) – начальная фаза проекта: проверка технологических возможностей в геофизике, геохимии и континентальном глубоком бурении, методико-технологические аспекты обработки глубинных данных, совершенствование аппаратурной базы. Важная задача – обучение и подготовка нового поколения ученых для запуска программы SinoProbe в полном объеме после 2012 г. Общий бюджет первого этапа программы около 164 млн долл. Программа проводится в первую очередь за счет государственного финансирования.

Огромная площадь страны и специфика ее геологического строения поставили перед учеными ряд фундаментальных вопросов:

– Приводят ли межконтинентальные коллизионные процессы к фундаментальной деформации континентальной литосферы в плане флюидных режимов и изменения формы структур?

– Действительно ли развитие Палео- и Неотетиса и Палеоазиатского океана привели к существенному наращиванию в фанерозое континентальной коры?

– Как повлияло воздымание (uplift) Цинхай-Тибетского плато на региональное и глобальное изменение климата и эволюцию биосферы?

– Какова реакция Тибетского плато на движения со стороны Индийской и Западно-Тихоокеанской плит?

– Какие элементы в структуре литосферы Азии влияют на распределение крупных месторождений, определяют механизм землетрясений и других геоопасных явлений?

На решение этих вопросов ориентирована весьма сложнопостроенная, но четко структурированная программа SinoProbe. Она включает 9 подпрограмм (проектов), разделенных на 49 подпроектов, охватывающих 118 объектов исследования. В них принимают участие 1500 ученых и инженеров.

Девять проектов программы имеют следующую направленность:

– SinoProbe-01. Стандартная континентальная магнитотеллурическая сеть наблюдений (МТ массив);

– SinoProbe-02. Эксперимент по технологиям и интеграции глубинных зондирований (глубинные сейсмические профили);

– SinoProbe-03. Глубинные зондирования 3D структуры и геодинамические процессы в рудных районах;

– SinoProbe-04. Геохимические опробования в Китае;

– SinoProbe-05. Выбор мест для континентального научного бурения и разработка технологии глубокого бурения;

– SinoProbe-06. Измерение напряжений и мониторинг;

– SinoProbe-07. 3D структура литосферы и геодинамическое моделирование;

– SinoProbe-08. Комплексные исследования и управление данными;

– SinoProbe-09. Разработка аппаратуры и полевые опробования.

Программа изучения глубинного строения в Китае предусматривает создание двух регулярных сетей данных (МТ и геохимической), систему глубинных профилей, выполненных современными методами близвертикальных отражений (МОВ-ОГТ) и частично методом глубинного сейсмического зондирования (ГСЗ), систему глубоких скважин. Полевые исследования сопровождаются разработкой новой аппаратуры, созданием новых систем обработки и интерпретации данных. В качестве специализированных программ выделены современные наиболее сложные и дискуссионные направления – комплексирование данных, создание 3D моделей и геодинамическое моделирование.

SinoProbe-01. Стандартная континентальная магнитотеллурическая сеть наблюдений (МТ массив). Понятие «стандартная сеть» подразумевает создание единой сети по сетке $4 \times 4^\circ$ по всей территории Китая со сгущением сети до шага $2 \times 2^\circ$ и $1 \times 1^\circ$ в наиболее геологически интересных областях (рис. 28) (сайт <http://www.sinoprobe.org>). Каждая точка наблюдений представляет собой крест из 11 станций (левый нижний угол рис. 28).

Проект также предоставит экспериментальные данные и техническую поддержку для окончательного формирования комплексной геофизической 3D стандартной модели континентальной коры и верхней мантии Китая для более детального изучения. Кроме

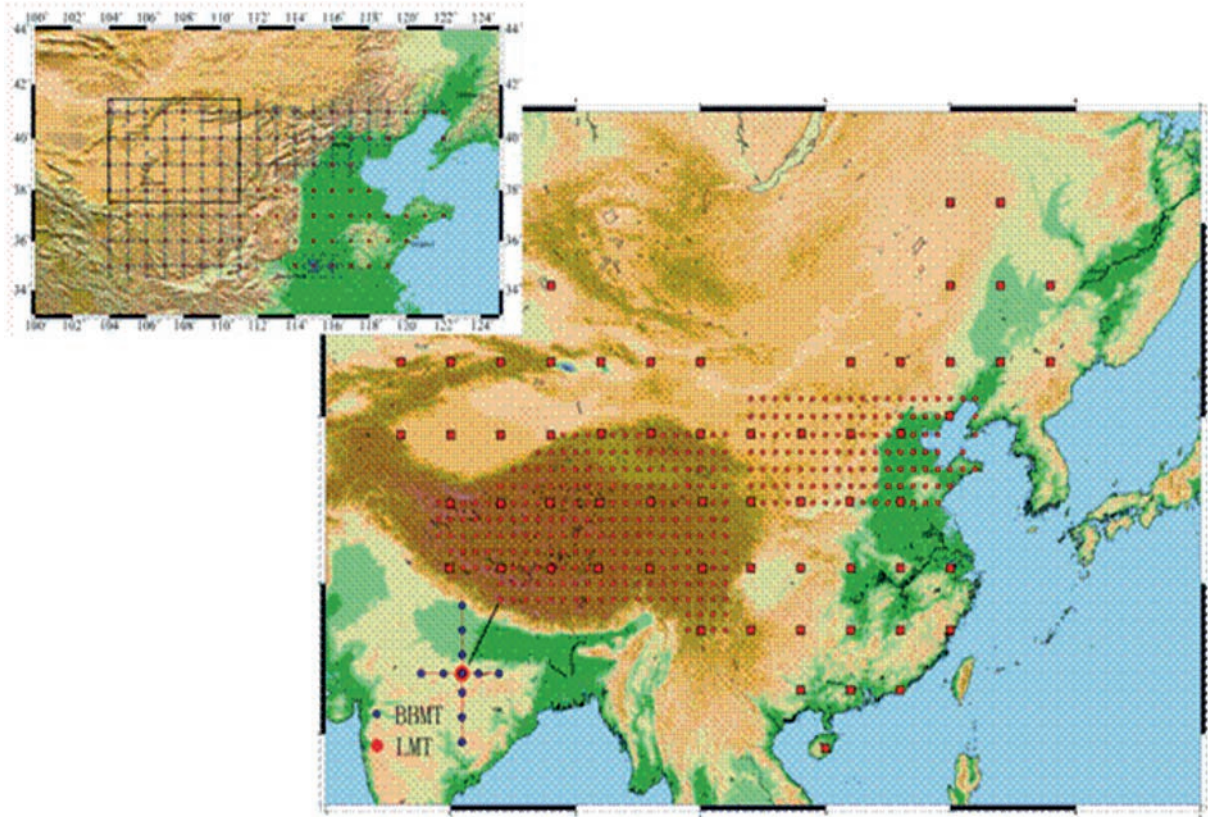


Рис. 28. Стандартная сеть магнитотеллурических наблюдений на юге Китая

того, проект может дать определенную информацию для прогнозирования потенциальных гигантских металлогенических поясов и обеспечит необходимый персонал и техническое оснащение для будущих МТ стандартизированных исследований.

На секции был представлен ряд докладов, посвященных МТ зондированию в рамках программы SinoProbe. Наиболее представительный доклад большого авторского коллектива (Gaofeng Ye, Wenbo Wei, Sheng Jin, Wei Gao, Hao Dong, Letian Zhang, Chengliang Xie, Fan Zhang, Yaotian Yin) посвящен изучению сопротивления литосферы Северного Китая.

Под эгидой проекта SinoProbe сеть магнитотеллурических (МТ) наблюдений с шагом $1 \times 1^\circ$ была развернута в районах Северного Китая. Сеть включала 127 элементов и представляла собой систему из 1385 МТ станций (по 11 станций на каждом элементе сети). Станции располагались равномерно по широте и долготе в среднем на расстоянии около 20 км. Исследования покрывают площадь блока Ордос (Ordos), Северо-Китайский бассейн, блоки Яншан (Yanshan) и Тайхан-Лулианг (Taihan-Luliang). Предварительная 1D инверсия выполнена с использованием инверсии Bostick и максимальных значений кажущегося сопротивления. Получены некоторые предварительные выводы: земная кора – максимальной электропроводностью характеризуется Северо-Китайский бассейн, наиболее высокое кажущееся сопротивление отмечено для области Яншанского (Yanshan) блока и Тайхан-Лулианг (Taihang-Luliang), характеризующегося несколько меньшим сопротивлением, а сопротивление в районе блока Ордос (Ordos) немногим больше, чем для района Северо-Китайского бассейна, при этом наблюдается тенденция к снижению проводимости с севера на юг. Относительно древний фундамент определяет высокое сопротивление коры блоков Яншан (Yanshan) и Тайхан-Лулианг (Taihang-Luliang); верхняя мантия – в районе 38° с.ш. блока Ордос (Ordos) отмечается резкая граница проводимости – северная часть в 10 раз более проводящая, чем южная.

Рассмотрению предварительных результатов работ МТ на севере Китая был посвящен и доклад другого коллектива авторов (Wenbo Wei, Wencai Yang, Gaofeng Ye, Sheng

Jin, Jianen Jing, Xiaohong Meng, Hao Dong, Letian Zhang, Yaotian Yin, Fan Zhang). Чтобы лучше понять геоэлектрическую структуру литосферы Китая, под эгидой проекта SinoProbe-01 была создана магнитотеллурическая (МТ) наблюдательная сеть, охватывающая всю континентальную часть Китая. Стандартная сеть (Standard Grid Node) представляет собой систему из 11 станций – одной центральной и 10 вспомогательных. При формировании одноградусной ($1 \times 1^\circ$) стандартной подсети (Standard Grid Network) центральная станция находится в точке пересечения каждой целой широты и долготы. К октябрю 2011 г. была завершена подсеть с разрешением $1 \times 1^\circ$ в Северном Китае и Южном Тибете и получены данные с более 2000 точек МТЗ. Проведены основные виды анализа, такие как анализ размерности, 1D МТ инверсия, а также 1D Ниблетт-Бостик преобразования изображений, чтобы оценить некоторые предварительные результаты, например, земную кору и верхнюю мантию Северного Китая. Рассматриваемый район можно условно разделить на семь блоков: с высоким электрическим сопротивлением Luxi-Jiaoliao и проводящим Huanghuaihai на востоке, не проводящим Luliang-Taihang в центре, не проводящим Yanshan и Neimeng на севере и проводящим Ордос и Helan-Langshan на западе. Из этих блоков непроводящими являются те, которые связаны с более жесткими орогенами или складчатыми поясами, в то время как проводящие связаны с более упругопластичными (elastic-plastic) бассейнами. Проводимость верхней мантии, которая, как правило, ниже, чем в кровле мантии, равномерно распределена, за исключением зон высокой проводимости Huanghuaihai и Северо-Западного Ордоса. Два глубоких разлома с направлением восток–запад или границы выявлены в литосфере всего Северного Китая (около 38 и $39,5^\circ$ с.ш.).

Наиболее детальным МТ исследованием был посвящен доклад, рассматривающий структуру литосферы блока Ордос (Hao Dong, Wenbo Wei, Gaofeng Ye, Sheng Jin, Jianen Jing, Letian Zhang, Fan Zhang, Yaotian Yin, Chengliang Xie). Ордос является одним из старейших и наиболее стабильных блоков в Азии и важной частью Северо-Китайского кратона. Изучение тектоники в этом регионе имеет большое значение для выявления структурных особенностей и механизма объединения Северо-Китайского кратона. Из массива данных SinoProbe-01 изучены МТ данные, охватывающие весь Ордос и прилегающие территории. Выполнено моделирование с использованием методов 2D и 3D МТ инверсии. Анализ размерности, Грум-Бейли разложение и фаза тензора показывают близкие результаты к 1D инверсии в поверхностной части коры и ярко выраженные субширотные (В-3) двумерные (2D) структуры в нижней коре и верхней мантии. 2D модели по нескольким меридиональным профилям (направленным с юга на север), выбранным из массива данных, подтверждают предыдущие результаты 1D МТ инверсии и 1D Ниблетт-Бостик преобразования. Литосфера блока Ордос в целом более проводящая, чем в соседних областях. Такая характеристика условна, поскольку проводящим является верхний осадочный слой, непроводящими – верхняя и средняя части консолидированной коры при понижении кажущегося сопротивления и степени неоднородности в нижней коре и верхней мантии. Детальное расчленение получено по результатам 3D моделирования, согласующимся с 2D моделями. Исследования демонстрируют крупномасштабную проводящую аномалию (аномальную зону проводимости) в нижней коре и верхней мантии в северной части Ордоса и прилегающем Helan-Langshan регионе. Это может указывать на возможность существования флюидов или частичного плавления. Нижняя кора и верхняя мантия в южной части Ордоса характеризуются повышенным кажущимся сопротивлением и более мощной литосферой, чем его северная часть.

SinoProbe-02. Эксперимент по технологиям и интеграции глубинных зондирований (глубинные сейсмические профили). Программа предполагает выполнение четырех протяженных глубинных сейсмических профилей, ориентированных вкрест простирания основных орогенов и крупных осадочных бассейнов Китая (рис. 29) (сайт <http://www.sinoprobe.org>). Создание системы профилей позволит выявить общую структурную сеть китайского континента, разработать общие методические приемы комплексной технологии создания глубинных профилей, установить оптимальный набор методов для изучения различных тектонических параметров как крупных осадочных бассейнов, так и орогенов.

Используя метод близвертикальных сейсмических отражений (МОВ-ОГТ) как острое технологии, позволяющей проводить зондирование с хорошей структурной разрешенностью, предполагается значительно повысить надежность получаемых образов континентальной земной коры, получить подробные характеристики структуры, особенностей деформаций и геодинамических типов земной коры.

Эти результаты, дополненные материалами по отраженно-преломленным волнам (данные ГСЗ) и результатами метода обменных волн землетрясений, позволят получить 3D структурно-скоростную модель и в свою очередь оценку ресурсного потенциала страны.

Обсуждены три доклада по результатам создания глубинных сейсмических профилей в рамках программы SinoProba. Наиболее общие сведения о подпроекте обсуждались в докладе группы авторов (Rui Gao, Haiyan Wang, Zhanwu Lu, Hesheng Hou, Xiaosan Zhu, Xiaosong Xiong, Wenhui Li, Hongqiang Li). Глубинное сейсмическое профилирование методом общей глубинной точки (МОВ-ОГТ) рассматривается как передовая технология исследования детального строения земной коры и верхней мантии. SinoProbe-CMP (SinoProbe-02-01) – ключевой проект SinoProbe разработан для использования глубинного сейсмического метода отраженных волн (близвертикальных отражений) с целью выявления структур, деформаций, геодинамики и эволюции Китайского континента. Завершено более 5 000 км профилей МОВ-ОГТ, пересекающих несколько основных тектонических единиц Китайского континента. Кроме того, на тех же профилях выполнены работы методами глубинного сейсмического зондирования (ГСЗ), обменных волн землетрясений (МОВЗ) и МТ.

Профиль Гималаи–Каракорум–Тибет (~ 540 км): исследование структуры коры Тибетского плато и установление контактных соотношений между шовными зонами Yarlung-Zangbo, Bangong-Nujiang и разломом Kalakoram.

Южно-Китайский профиль (~ 2400 км): исследование гранитоидной коры Южно-Китайского кратона и выявление взаимосвязи между северной окраиной Тибетского плато, бассейном Сычуань, горами Longmenshan и блоком Ордос.

Северно-Китайский профиль (~ 630 км): оценка глубинной структуры орогена аккреционного типа и выявление признаков коры Палео-Азиатского океана.

Профиль Северо-Восточный Китай (~ 1500 км): исследование строения его земной коры и влияния Тихоокеанской и Охотской плит.

Результаты исследований по глубинному сейсмическому профилю в районе Северного Китая представил S. Zhang от имени коллектива авторов (S. Zhang, R. Gao, H. Hou, H. Li, Q. Li, C. Li, W. Li, J. Zhang, G.R. Keller, M. Liu). Недавно завершены работы методом близвертикальных отражений (МОВ-ОГТ) по глубинному сейсмическому профилю длиной около 630 км, который пересекает коллизионную зону Solonker на севере Китая. Это дало возможность по-новому взглянуть на палеозойские аккреции и коллизии молодых блоков земной коры вдоль северной окраины Северо-Китайского кратона. Самое поразительное наблюдение – это отражающие площадки с малыми углами наклона в нижней коре. В некоторых районах отражающие площадки распространяются в верхнюю (поверхностную) кору, включая обнажения метаморфических пород докембрийского фундамента. Но в большинстве случаев они ограничены нижней и верхней границами срыва. Многочисленные прозрачные тела в верхней части земной коры интерпретируются как гранитные интрузии, прорывающие надвиговую систему. Граница Мохо была проведена как граница между областями, богатыми отражениями (нижняя кора) и практически прозрачной областью (верхняя мантия). Предполагается, что, во-первых, континент – континент коллизия преобладает в структуре земной коры этого региона; во-вторых, граниты в большинстве, вероятно, постколлизионные, в-третьих, положение границы Мохо было изменено за счет аплифтинга.

Вопросам математического моделирования при использовании вибраторов в ходе проведения работ по близвертикальному сейсмопрофилированию методом отраженных волн (МОВ-ОГТ) посвящен специальный доклад Tao Jiang, Xuechun Xu, Jun Lin, Lihua Ge, Haiqing Jia. Направленные сейсмические волны полезны для улучшения сигнала и подавления шумов при разведке полезных ископаемых, поэтому была разработана передвижная фазированная группа вибраторов PAVS, которая создает направленные сейсмические волны в однородной среде. Распространение сейсмических волн от PAVS в неоднородной

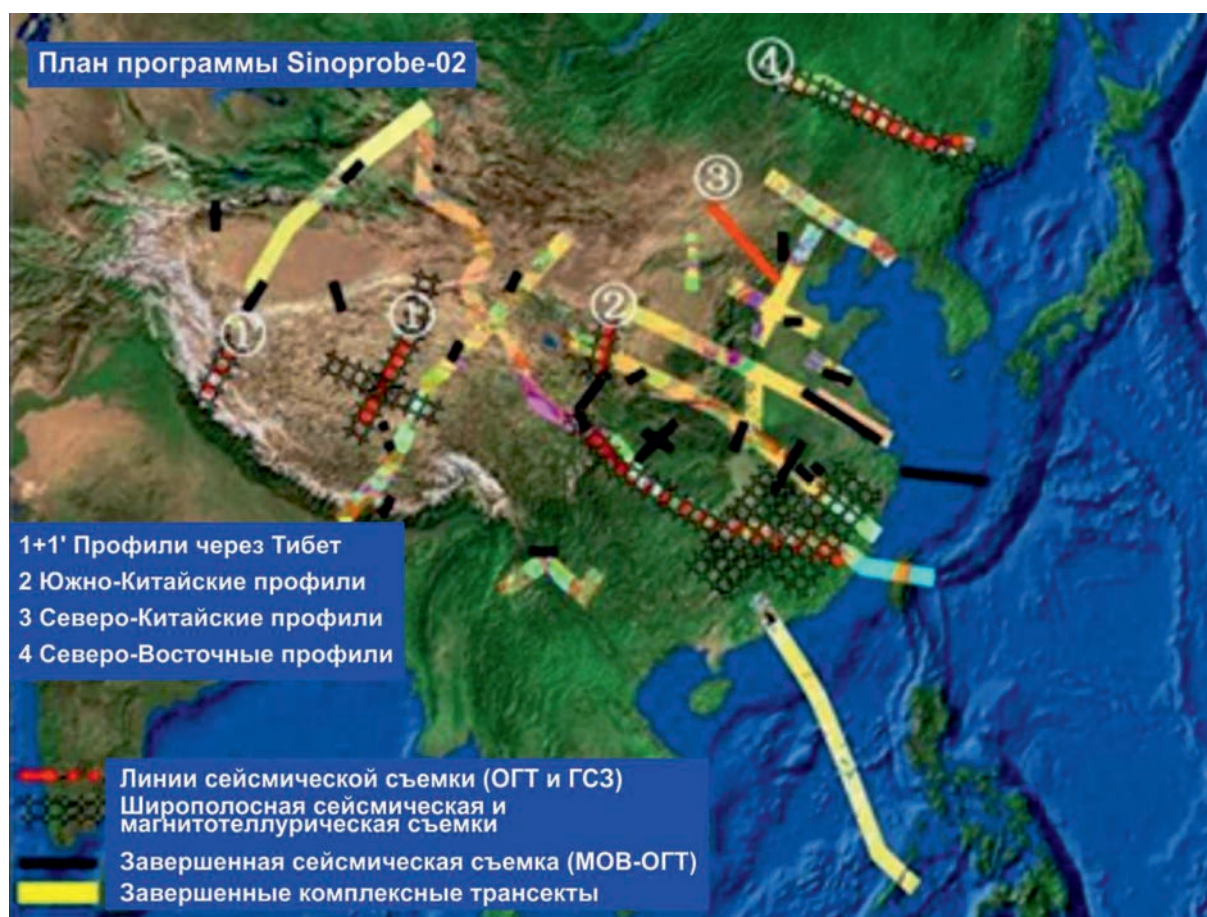


Рис. 29. Проектное положение глубинных сейсмических профилей в Китае

(гетерогенной) среде не ясно до сих пор. Было сделано цифровое моделирование распространения волн и рассчитан отклик детектора в различных 2D моделях среды на основе метода конечных разностей. Результаты показывают, что сейсмические волны от PAVS сохраняют направленность в данной модели и будут отклоняться (преломляться) при движении в различных средах. В модели наклонной рудной залежи направление сейсмических волн составляет $75,5^\circ$ в первом слое, $67,9^\circ$ в окружающих породах и $56,6^\circ$ в рудном теле. При использовании PAVS отношение сигнал/шум увеличилось до 36,7 и 5,2 дБ по сравнению с одиночным вибратором и группой вибраторов. PAVS может генерировать направленные сейсмические волны в гетерогенных средах, и это полезно для геологоразведки.

ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПО ПРОГНОЗУ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

О современных методах и технологиях геолого-геофизических работ по прогнозу землетрясений и результатах их применения за рубежом можно судить по более чем 40 докладом, представленным на 34-й сессии МГК. Основные направления исследований:

- моделирование глубинного строения районов землетрясений;
- составление карт землетрясений регионального и глобального масштабов;
- создание международных проектов по изучению предвестников и механизмов землетрясений;
- изучение связи землетрясений с разломами разных рангов.

В докладе F. Riguzzi, S. Varba, E. Carminati и др. (Италия) рассматривается модель хрупковязкого перехода, который отделяет нижнюю кору, где деформация происходит в стационарном режиме, от верхней коры и доминирует скачкообразный режим. Этот переход (в упрощенной модели хрупковязкий переход) является значимым параметром в прогнозировании землетрясений. В экстенсиональных и сжатых землетрясениях он действует по-разному, создает расширенную зону на интерсейсмическом этапе. В условиях сжатия пережатая группа развивается в течение интерсейсмического этапа, который значительно шире косейсмического этапа. Разломы активизируются в районах с градиентами высокой скорости деформации вдоль сегментов с более низкими скоростями деформаций, которые указывают, что хрупковязкий переход — это место, где упругая энергия накапливается больше, чем в других сегментах. Анализ величины фона напряжения в Италии и сравнение с сейсмичностью показывают, что большие землетрясения происходят с большей вероятностью в области низкой скорости деформации. Доказательством служит то, что упругая энергия накапливается в областях, где недостатки будут заблокированы, и ниже. Таким образом, в тектонически активных областях низкие скорости деформации более склонны к выпуску большего количества энергии в отношении соседних зон, характеризующихся более высокой скоростью деформации. Флюидные разгрузочные изменения часты на косейсмическом этапе и являются функцией противоположного поведения пород, своего рода губками, реагирующими по-разному в зависимости от тектонических условий. Это один из возможных механизмов для контроля сейсмического цикла, дающий информацию для параметров, подлежащих мониторингу в прогнозировании землетрясений.

Доклад D.-H. Sheen, J. Pak, K. Min (Корея) посвящен изучению зависимости масштаба магнитуд с Р-волнами для раннего предупреждения о землетрясении в Южной Корее. Надежный краткосрочный прогноз землетрясений пока не представляется возможным, поэтому важно определять наступление потенциально катастрофических землетрясений и делать раннее предупреждение. Сейсмичность в Южной Корее низкая и величины недавних землетрясений в основном менее 4,0 магнитуды. Однако исторические записи показывают, что на Корейском полуострове произошло много разрушительных землетрясений. Чтобы успеть предупредить о землетрясении, очень важно развивать стабильные магнитудные масштабные отношения. Пик амплитуды и максимально преобладающий период первой волны Р используется для нахождения магнитудного отношения. Два эмпирических магнитудных отношения установили из анализа 70 событий в диапазоне магнитуд от 3,0 до 5,2, которые произошли в Южной Корее в 2001 г. Установлено, что разница в среднем в пределах 0,3 единицы местного магнитудного масштаба.

S. Tung, L.S. Chan, T. Masterlark (Китай, США) смоделировали постсейсмические вязкоупругие отклики земной коры, связанные с землетрясением М 8,0 в Вэньчуани в 2008 г. Геологами было предложено несколько гипотез, в том числе с наличием хрупкой коры и пластичных восходящих потоков нижней коры. Временные изменения в гравитации определены из измерения силы тяжести в 2006, 2008 и 2010 гг., осуществляющегося по профилю, который охватывает эпицентр землетрясения в провинции Сычуань в 2008 г. Дальнеполевые постсейсмические гравитационные вариации в среднем 2,6 мгал были связаны с вязкоупругим откликом земной коры на тибетской стороне. 2D конечноэлементная модель была построена для объяснения наблюдаемых постсейсмических изменений силы тяжести и проверки гипотезы потока земной коры. Геометрические и материальные константы модели были ограничены опубликованными сейсмическими данными. Ориентация и характер смещения разломов основывались на опубликованных моделях. Изменение значения модулей вязкости и упругости использованы в качестве входных параметров в модели: 10-километровый слой низкой вязкости был помещен в нижнюю кору, чтобы имитировать присутствие в середине потока земной коры. Модель, которая хорошо вписывается в наблюдаемые гравитационные данные, предполагает вязкоупругое ослабление в Восточном Тибете, проявляющееся в вертикальном смещении на несколько десятков сантиметров, которое охватывает площадь более 80 км и сохраняется несколько лет. Результаты моделирования показывают общее погружение тибетского блока в связи

с вязкоупругой реакцией коры, способствующей интерпретации наблюдений как пост-сейсмических гравитационных вариаций.

Доклад А.С. Сальникова, О.М. Сагайдачной, К.А. Дунаева и др. (Россия) содержит исследования трещиноватой зоны чуйского землетрясения. Сейсмическая активность эпицентральной области чуйского землетрясения 2003 г. изучалась с малой апертурой расстановок в сейсмическом диапазоне, представлена как афтершоками, так и слабыми событиями. Особенностью этих событий является то, что координаты их эпицентров сосредоточены непосредственно на площади развития визуально наблюдаемых разрушений, а глубина гипоцентров в пределах залегания самого низкоскоростного слоя в геологическом разрезе, являющегося источником низкоскоростных сейсмических волн, несущих доминантные частоты сейсмической эмиссии трещиноватой среды. В основных характеристиках сейсмических волн, записанных в трещиноватой среде, различают частотный интервал активности сейсмических шумов 10–80 Гц и доминирующие частоты в спектре сейсмического сигнала в зоне трещиноватости ниже в 1,7 раз. Пределы частоты падения сигнала сейсмического спектра на 80 м больше, чем в зоне трещиноватости, которая на порядок больше упругой продольной длины преломления. Это показывает, что шумы сейсмической активности в зоне трещиноватости – один из актуальных критериев поиска трещиноватых объектов Сибирской платформы.

В докладе А. Omang, P. Cummins, N. Horspool, S. Hidayati (Австралия, Индонезия) приводятся результаты исследований оценки чувствительности вероятностного анализа сейсмической опасности (PSHA) и величины скольжения разломов. Данные величины скольжения являются одним из самых важных вкладов в определение сейсмической опасности, поскольку они используются для оценки промежутков времени повторяемости землетрясений, которые сильно влияют на степень опасности в зоне. Неопределенность величины скольжения редко рассматривается в любом вероятностном анализе сейсмической опасности (PSHA), хотя оценка величины скольжения может значительно отличаться в различных источниках данных (например, геологических и геодезических). Метод PSHA использован для оценки чувствительности сейсмической опасности величины скольжения по Великому разлому Суматры в Индонезии. Авторы считают эпистемологическую неопределенность величины скольжения разломов при использовании древовидной логической схемы, чтобы включить альтернативные модели. Эта схема определяется функцией плотностной вероятности оценки величины скольжения. PSHA рассматривается как результаты, которые считаются для величины скольжения неопределенными, отличаются от результатов PSHA, изучающих опасные значения в зависимости от периода возврата и расстояния от разлома, считающихся только для одиночной величины скольжения. Неопределенность в разломной величине скольжения разломов является важным фактором в установлении серьезности опасности и области воздействия землетрясений, и эта величина должна быть включена в обычное PSHA исследование.

В докладе S. Sulaeman, A.C. Syghm (Индонезия) рассматривается процесс создания карты опасности землетрясений Северного Малуку. По базе каталога землетрясений с 1858 по 2008 г. этот район 16 раз был опустошен разрушительными землетрясениями интенсивностью VI–VIII MMI. В качестве шага по снижению последствий была создана карта опасности землетрясений Северного Малуку. Вероятностный метод и EQRM программа использовались для создания уровней опасности землетрясений. Этот метод требует ввода очага землетрясения, класса и периода повторяемости. Источники землетрясений в Северном Малуку: филиппинская зона субдукции, разлом Sorong, морские разломы Западного и Восточного Малуку и некоторые разломы на Morotai, Halmahera, Obi на о. Sanana. Карта опасности землетрясений сделана на базе MMI уровней интенсивности, полученных из значений изменений грунта за 500-летний период. Карта опасности землетрясений Северного Малуку состоит из трех сейсмоопасных районов: малоблагоприятных ($V > MMI > VII$), умеренноблагоприятных ($VII > MMI > VIII$) и высокоблагоприятных ($MMI > VIII$).

В докладе D. H. Natawidjaja (Индонезия) содержатся данные о землетрясениях и их причинах в Западной Суматре и прогнозировании источников будущих землетрясений.

В последние десятилетия преддуговой прогиб Суматры дает сильные землетрясения с различным режимом сбросообразования. 700-летний опыт кораллового палеогеодатирования показывает, что субдукция Суматры способна производить землетрясения каждые 200 лет. GPS сети позволяют утверждать, что большая часть субдукционной границы закрывается, эффективно накапливая большое напряжение. Оно было впоследствии разряжено в серии субдукционных землетрясений, в том числе М 9,2 Ачех-Андаманское, М 8,7 Ниасское, в 2007 г. Бенгкулу землетрясения (М 8,4; М 7,9; М 7,0) и последнее землетрясение с цунами, которое разрушило верхнюю часть границы плиты к западу от о. Pagai в октябре 2010 г. (М 7,8). Кроме субдукции, также в районе преддугового прогиба Суматры как разрядка напряжения произошло землетрясение с различным режимом сбросообразования. В 2005 и 2009 гг. землетрясения, включая пару ~ М 7 землетрясений, исходили из конвергентной границы Mentawai, а не границы плиты. В 2009 г. сильное землетрясение в Паданге (М 7,7) также порождено не субдукционной границей, а глубинным внутриплитным разломом под погружающейся плитой. В конце концов значительная часть субдукционной секции, которая не была разрушена, является сегментом Mentawai. Таким образом, зона сочленения способна генерировать М 8,8 землетрясения, высвободив свой потенциал в ближайшем будущем, так как соседние зоны сочленения, окружающие ее, были разорваны.

Доклад P. Cummins, S. Hidayati, I. Gunawan, Suhardjono, W. Sengara (Австралия, Индонезия) представляет Австрало-Индонезийский проект достоверной оценки опасности землетрясений в Индонезии и отражает актуальные вопросы в оценке сейсмической опасности. Индонезия пережила резкое увеличение сейсмической опасности в связи с быстрым ростом населения в XX в., по большей части происходившим в районах на границе континентальных пластин в зоне субдукции, которые предрасположены к землетрясениям. Последние оценки сейсмической опасности привели к улучшению строительных норм и правил, которые могут уменьшить жертвы землетрясений, многие из фундаментальных параметров, определяющих возникновение землетрясений и сотрясений грунта. Изучены, например, величина скольжения разломов, соотношение масштабов землетрясений, уравнения предсказаний движения Земли. Признавая необходимость повышения уровня информации, на которой основана сейсмическая оценка опасности, фонды Австралии и Индонезии по уменьшению опасности бедствий, AusAID и Национальное агентство Индонезии по ликвидации последствий стихийных бедствий (BNPB) приступили к освоению четырехлетнего проекта, направленного на достоверную оценку опасности землетрясений. Проект является результатом сотрудничества австралийских учебных заведений, в том числе Геонауки Австралии и Австралийского национального университета, с индонезийскими правительственными учреждениями и университетами, включая Агентство по метеорологии, климатологии и геофизике геологического агентства Индонезийского института наук и Технологического института Бандунга.

В докладе N. Balfour, P. Cummins, A. Rudyanto, Suhardjono (Австралия, Индонезия) приведены исходные параметры землетрясений, влияющие на оценку сейсмической опасности в Индонезии. Точные параметры очага землетрясения имеют решающее значение для разработки надежной оценки сейсмической опасности. Они не только основа для описания повторяемости землетрясений в конкретном регионе, но имеют и важное значение в разработке уравнения прогнозирования движения грунта, которое определяет степень опасности для данного уровня сейсмической активности. В прошлом надежные параметры очага землетрясения в Индонезии были невозможны из-за малого количества местных наблюдений. Значительное улучшение сети покрытия после землетрясения 2004 г. на Суматре должно привести к улучшению точности параметров очага землетрясения. Представлена база данных, в которой объединены все имеющиеся данные за 2007–2010 гг. для мониторинга землетрясений в Индонезии. Она включает типы волн и связанные с ними метаданные из широкополосных и акселерометрических инструментов, гипоцентр, магнитуда и источники механизмов из разных агентств. Например, землетрясение магнитудой 6,5 на разломе Суматры в октябре 2009 г. имеет по оценкам глубину 10–30 км. Конечная цель исследования — увеличение исходных параметров для оценки сейсмической опасности в Индонезии.

В докладе R. Robiana, I. Maemunah (Индонезия) приводятся данные анализа сейсмической опасности для региона Pasaman, одного из областей Индонезии, подверженного землетрясениям. По историческим документам, Pasaman был разрушен землетрясением 8 марта 1977 г. с максимальной интенсивностью VIII MMI шкалы. Для определения опасности землетрясения вероятностные методы используются с учетом всех возможных землетрясений, которые могут здесь возникнуть. В этом методе используется ввод данных об исторических землетрясениях, очагах землетрясений, степени ослабления грунта и изменений местности. Вероятностный анализ опасностей осуществляется с учетом пяти моделей сейсмических источников, параметров источника, которые были опубликованы при пересмотре опасности землетрясений. Для получения местного усиления используются два способа: микроразностное измерение и подсчет геоморфологии, которые связаны с типом пород и мощностью слоя почвы. Карты опасности представлены с 10%-ной вероятностью землетрясений на 500, 1000 и 2500 лет.

В докладе N. Horspool, I. Itikarai (Австралия) подтверждаются связи вулканической активности на Rabaul Caldera с субдукционными землетрясениями в Новой Англии, Папуа – Новая Гвинея. Существуют многочисленные свидетельства того, что извержения вулканов могут быть вызваны тектоническими землетрясениями на расстоянии 100 км от нескольких часов до месяца, по данным статического или динамического стрессового перемещения. Пространственно-временные отношения между субдукционными землетрясениями и вулканической активностью исследованы на Rabaul Caldera на о. Новая Британия. Большие субдукционные землетрясения как пусковой механизм для последнего периода вулканической активности Rabaul (1971 г. в настоящее время) обсуждаются. 26 июля 1971 г. произошло крупнейшее субдукционное землетрясение в историческом времени ($M 7,9$) у побережья Rabaul Caldera в Ново-Английском разломе. Оно положило начало периоду волнения в пределах кальдеры и продолжалось в течение 12 лет. В мае 1983 г. $M 6,6$ субдукционное землетрясение совпало с началом Рабаульского сейсмического кризиса 1983–1985 гг. Пятикратное увеличение внутри кальдеры сейсмичности создало поразительное N-S сейсмическое колечко вокруг кальдеры. Модели статических стрессовых перемещений используют, чтобы показать, что стрессовые изменения при двух субдукционных землетрясениях вызвали разжим на N-S радиальных жил в пределах кальдеры. Высвобожденный магматический материал поднялся вдоль кальдеры по радиальным жилам и вызвал в 1994 г. двойное извержение Tavuvuvu и Vulcan. Это подчеркивает растущую важность изучения связи землетрясений и вулканов при рассмотрении вулканических систем раннего предупреждения и оценке рисков.

D. Torme, F. Bonali, A. Tibaldi, L. Lara, C. Corazzato (США, Италия, Чили) приводят сведения об изменении статического напряжения при землетрясении в Чили и его связи с вулканической активностью южноандской вулканической зоной. После $M_w 8,8$ землетрясения в Чили 27 февраля 2010 г. произошли три извержения пяти южноандских вулканов. Изменения статического напряжения были рассчитаны для активных вулканов южноандской вулканической зоны, в том числе субвулканических магматических систем. Расчетные изменения статического напряжения способны вызвать вулканическую активность на расстояния до 210 км, а изменение динамического напряжения обусловлено избыточным давлением на больших расстояниях. Хотя изменения статического напряжения, вызванные землетрясением, имеют эффект масштабной дуги, сейсмический импульс зависит от магматических характеристик каждого вулкана. Глубина магмы – это константа первого порядка для сейсмического импульса, но не стоит забывать о сложности магматических систем с обратными связями между составом магмы, реологией, глубиной накопления, состоянием насыщенности летучими и извилистости магматических путей, а также сериями вулканических событий, индуцированных крупными землетрясениями. Задержка между землетрясениями и вулканическими событиями могут длиться дни, месяцы или годы. Методы, описанные в данном исследовании, могут быть легко применены к другим вулканическим зонам после больших землетрясений. Сочетания, характеризующие каждую вулканическую и субвулканическую систему через полевые, петрологические и геохимические исследования, взятые вместе с численным описанием изменений

статического напряжения, вызванного землетрясением, являются новым мощным инструментом для количественного предсказания извержения вулканов, индуцированных очень крупными землетрясениями.

В докладе I. Gunawan, P. Cummins, H. Ghasemi и Suhardjono (Австралия, Индонезия) содержится результат анализа данных по двум индонезийским землетрясениям с целью проведения надежной оценки сейсмичности. Индонезия склонна к стихийным бедствиям, особенно землетрясениям, так как расположена в тектонически активной области. Ежегодно здесь происходят тысячи землетрясений. В 2009 г. 2 сентября произошло Tasikmalaya-землетрясение, которое является intraslab землетрясением (источник – нисходящая океаническая кора). Аналогичное intraslab-землетрясение произошло 30 сентября 2009 г. около г. Паданг на Суматре, город был серьезно разрушен, погибли более тысячи человек. С другой стороны, 2 октября 2009 г. произошло коровое Kerinci-землетрясение. Оба intraslab и коровое землетрясения – серьезный источник опасности для Индонезии. Анализ спектров реакции для intraslab и корового землетрясений необходим для получения более подробной информации об их свойствах. Записанные с помощью сейсмографа или акселерографа, они состоят из трех основных компонентов – источника, пути и фактора местности. Эффект источника раскрывает информацию о параметрах землетрясения (сейсмический момент, угловая частота и напряжение падения). Эффект пути дает информацию о факторе качества и других сейсмических моментах затухания. Наконец, особенности местности играют важную роль в усилении колебаний Земли.

R. Pinho (Италия) представил глобальную модель землетрясений (GEM). В качестве международной платформы GEM создает возможности для обмена знаниями, для передачи технологий, для дискуссий и сотрудничества в целях совместного продвижения оценки рисков и расширения использования специалистами и организациями технологий и ресурсов для самостоятельных исследований и оценки риска, поддерживающих осведомленность и действия, которые уменьшают риск. Сотни экспертов, занятых в глобальных проектах, рабочие группы и региональные программы работают над созданием первой в мире динамической модели сейсмического риска, которая использует современные методы расчета вероятного землетрясения и его последствий по всему миру. Стандартизированные глобальные базы данных, модели и инструменты, связанные с сейсмической опасностью, риском потенциальных убытков, физической и социальной уязвимостью, станут доступны через интегрированную платформу. Платформа позволит проводить оценку на местном, национальном и международном уровнях и удовлетворять потребности различных групп заинтересованных сторон. Экспертные знания помогут моделировать или рассчитывать опасность или риск. Те, кто принимает решения, могут получить передовую информацию, все пользователи могут исследовать динамический риск с помощью карт, таблиц и показателей. Первая версия платформы станет доступна в середине 2014 г., но программное обеспечение, которое является ее двигателем, уже может быть использовано для расчета сейсмической опасности и риска в любом масштабе. Открытый источник методологии, развитые передовые ИТ-технологии, техника и наука интегрированы в программные компоненты платформы.

D. Choi и F. Tsunoda (Австралия, Япония) привели информацию о предвестниках землетрясений. Учитывая невообразимые разрушения при катастрофических землетрясениях, их научное прогнозирование является актуальной задачей для всех геофизиков. Волна катастрофических землетрясений, извержений вулканов и экстремальные погодные явления за последние годы произошли во время быстрого снижения периода больших солнечных 361- и 206-летних циклов, которые связаны с минимумами Маундера и Далтона. Несмотря на согласованные утверждения ведущих сейсмологов, что землетрясение невозможно предсказать, есть много больших землетрясений, которые были успешно предсказаны. Все катастрофические землетрясения сопровождаются некоторыми видами ранних сигналов: глубокие сильные землетрясения, паровые облака, электромагнитные явления (ионосферные возмущения и т. д.), гравитационные/магнитные аномалии, аномалии приземной температуры, наземные движения и поведение животных. Кроме того, уточнена связь между сейсмической и геологической структурой процессов землетрясений в свете новой глобаль-

ной геодинамической модели и взаимодействие Солнце—Земля—Луна модулирует запуск процесса. Объединив все доступные ранние сигналы, поддерживая правильное понимание геологических, геофизических и планетарных процессов, которые порождают и вызывают землетрясения, особенно сильные землетрясения с магнитудой 7,0 и выше, теперь методы прогнозирования позволяют обнаруживать катастрофические землетрясения заблаговременно, за недели, месяцы и годы.

В. Leybourne (США) рассматривает методы моделирования для прогнозирования землетрясений и экстремальных погодных условий, связанных с изменением солнечного магнетизма. Телединамические взаимосвязи между изменением барометрического давления и силы тяжести $-0,30 \text{ ugal/mbar}$ в сочетании с пониманием параметров перемагничивания солнечной связи с земными токами, тонкие изменения в тепло/давление связи океана/атмосферы могут быть смоделированы. Корреляция связей молний и землетрясений для атмосферных моделей колебаний способствовала численному моделированию на основе гравитации, электромагнитных и телединамических функций, которые модулируют потенциальный вихрь циркуляции атмосферы. Географическое переключение основано на модели эндогенной энергии Земли, где тенденция распада солнечного магнетизма обеспечивает коммутацию компонентов, связанных с силой и импульсом ядерно-мантийных событий, которые коррелируются с изменениями в океанской/атмосферной температуры и циркуляции. Результаты могут быть вычислены вводом обычных атмосферных циркуляционных моделей. На основе наблюдений, возможно, спусковой механизм для таких событий связан с орбитальной физикой и изменениями в электромагнитной/гравитационной связи между Землей, Солнцем, Луной и межпланетной системой. Внутренние электрические разряды Земли моделируются изменением ядерного распада, осаждением изменений в солнечных магнитных полях, увеличением прочности сейсмичности как предшественники сдвигов в глобальных атмосферных колебаниях.

В докладе V. Walia, T.F. Yang, C.-C. Fu и др. (Тайвань) приведены результаты исследований на основе долгосрочного мониторинга радона, осуществляемого установленными станциями по различным долгоживущим разломным системам на Тайване. Для проведения предшествующих исследований временные вариации почва — газ радон измеряли на станциях непрерывного мониторинга землетрясений, созданных вдоль различных разломов в северо-западной и юго-западной частях Тайваня. Наблюдения радона на разных станциях мониторинга показывают, что его концентрации находятся под большим влиянием от разломов и сейсмотектонической деятельности по всему Тайваню. Наблюдения радона и их корреляция с сейсмотектонической деятельностью от сети станций мониторинга показывают, что различные зоны разломов нарушены различными тектоническими условиями. Весь остров разделен на две разные тектонические зоны. На основании аномальных черт от отдельных станций мониторинга можно определить области предстоящих землетрясений магнитудой > 5 , которые могут произойти в стране в течение нескольких лет. Предложенную тектоническую модель, основанную на прогнозировании землетрясений на Тайване, протестировали на нескольких крупных землетрясениях, происшедших в недавнем прошлом. Большинство землетрясений магнитудой > 5 с местной интенсивностью > 2 на станциях мониторинга, с глубиной очага $< 40 \text{ км}$ и в теоретическом радиусе деформации предстоящего землетрясения (Добровольский, 1979) показали сигналы предвестника и очень хорошо подходят к предлагаемой модели для региона. Новая модель прогнозирования является базовой, с которой будущие усовершенствованные и другие предлагаемые статистические модели могут быть проверены.

Доклад F. Xie, Sh. Zhang, Y. Zhang, J. Ren, X. Zhang (Китай) содержит информацию о периодических землетрясениях активных разломов в материковом Китае. Повторение интервалов для больших землетрясений является ключевым для оценки опасности высокомагнитудного потенциала. Предыдущие поколения сейсмического районирования Китая использовали G-R модель для оценки сильных потенциальных землетрясений, такой подход может снизить риск сильных землетрясений и добавить опасность малых и умеренных. Количественные геологические параметры, вероятно, подходят для оценки сильных землетрясений. Были классифицированы активные разломы в материковом

Китае в трех областях: Северном Китае, Тибетском плато и Синьцзяне по структурным характеристикам. Были оценены большие повторные интервалы землетрясений активных разломов с использованием количественных данных геологии и применения характеристической модели, оценено более 243 сегментов разломов. Количественные данные активных разломов в Китае также всесторонне проанализированы, определено значение доверия в соответствии с качеством данных. Для ограничения характеристики магнитуды использовались исторические и инструментальные записи или эмпирические функции, а также взвешенные результаты исторических или записей палеоземлетрясений методами быстроты скольжения и момента высвобождения скорости для оценки средних и больших интервалов повторяемости землетрясений на разломах. Повторяющиеся интервалы сильных землетрясений от сотен до одной-двух тысяч лет на Тибетском плато и от двух до пяти тысяч лет в Северном Китае и области Синьцзян были включены в пятое поколение сейсмического районирования Китая.

В докладе R. Nino (Япония) описан сейсмический/геодезический мониторинг морского дна в гипоцентральной области Великого землетрясения Тохоку в 2011 г. и приведены результаты этого мониторинга. Мощное землетрясение $M 9,0$ произошло вдоль зоны субдукции Японского желоба и вызвало разрушения Тихоокеанского побережья северо-востока Японии. Источник землетрясения находился в центральной части зоны субдукции, где межплитные землетрясения $M \sim 7,5$ происходили на погружающейся границе плиты неоднократно в течение 40 лет, т. н. Мияги-оки землетрясения. В 2002 г. развернулись сейсмическая и геодезическая сеть наблюдений в области источника землетрясений с неоднократным извлечением автономных инструментов записи. Успешно наблюдались последовательные форшоки, главные сейсмические удары и афтершоки землетрясения Тохоку. Главному сейсмическому удару предшествовало сейсмостойкое скольжение вблизи эпицентра, которое распространялось в направлении эпицентра главного сейсмического удара $M 7,3$ форшока после скольжения. Геодезические данные морского дна показали, что сейсмические скольжения $M 9$ главного сейсмического удара были крупнейшими на краю впадины и составили > 50 м. Зона с огромным сейсмическим скольжением оказалась почти без предварительной фоновой сейсмичности, в то время как Miyagi-Oki регион – с частыми $M \sim 7,5$ землетрясениями с проседанием < 15 м. Этот контраст предполагает, что в 2011 г. землетрясения Тохоку полностью освободились от накопленного дефицита скольжения, и повторные землетрясения слабее не стали. Вдоль границы плита просела > 10 м, межплитная сейсмичность почти исчезла, после того как главный сейсмический удар и скорость после скольжения удивительно уменьшились по сравнению с окружающей территорией.

В докладе D.F. Sumy, E.S. Cochran, R.M. Harrington (США, Германия) изложены материалы исследований пространственного и временного распределения тремора и местных землетрясений по всему Parkfield-Cholame сегменту разлома Сан-Андреас. Предыдущие исследования показали, что активность тремора возросла по этому сегменту разлома Сан-Андреас до и после землетрясения 2004 г. в Parkfield, которое предполагает, что стресс взаимодействия существует между землетрясениями в мелководной сейсмогенной зоне и переходной зоне ниже. Широкополосный массив тринадцатой станции был установлен с мая 2010 по июль 2011 г. около Cholame, штат Калифорния, для улучшения покрытия сейсмической сети юга сейсмической сетью высокого разрешения (HRSN) в Parkfield. Массив расположен вдоль части разлома Сан-Андреас. Определена низкая частота землетрясений (LFE) из каталога автоматического обнаружения тремор-эпизодов с помощью нейронных сетей. Также обнаружены LFE и рассмотрены события, которые имели эпицентр в 20 км от массива. Авторы сравнили пространственное и временное распределение LFE и местные землетрясения, сообщили в каталог Северо-Калифорнийской сейсмической сети (NCSN) и определили данные временного массива. Если статистически значимая корреляция между темпами землетрясения и тремором будет найдена, возможно определение амплитуды статического напряжения, передающейся от землетрясений в места колебаний земной поверхности, или наоборот. Понимание диапазона поведения скольжения по разломам, включая то, как тремор и землетрясения взаимодействуют, даст важную информацию для оценки сейсмической опасности.

В докладе Н. Glanville, Е. Mathews и D. Jaksa (Австралия) приводятся сведения о мониторинге землетрясений и цунами Австралии. Объединенный Австралийский центр предупреждений о цунами (JATWC) обеспечивает мониторинг опасностей землетрясений и цунами, угрожающих Австралии и Индийскому океану. JATWC включает в себя Геонауки Австралии, которые проводят мониторинг землетрясений в Канберре и Бюро метеорологии в Мельбурне, который информирует о цунами и следит за уровнем моря. Землетрясения контролируются Геонауками Австралии в режиме реального времени через общую сеть из более 260 сейсмических станций Австралийской национальной сейсмической сети (ANSN) и глобальных станций, сотрудничающих с другими группами и организациями мониторинга землетрясений на местном и международном уровне. Это дает возможность быстрого обнаружения и реагирования на местные, региональные и глобальные землетрясения и оценки его потенциала для создания цунами. Если землетрясение считается создающим цунами, информация о землетрясении используется для предупреждения центром JATWC о цунами на основе величины, глубины и расположения землетрясения в сочетании с цунами-моделью. Эти предупреждения дополнены информацией об уровне моря для проверки предупреждения о цунами. Геонауки Австралии также предоставляют информацию о землетрясениях и уведомление австралийскому правительству и широкой общественности об австралийских землетрясениях и крупных международных землетрясениях. Это ценно для создания безопасности в мире, где последствия стихийных бедствий могут быть катастрофическими.

Е. Garaebiti, S. Todman, P. Lebellegard (Вануату, Новая Каледония) сообщают о сотрудничестве стран в деле национального сейсмического мониторинга региональных землетрясений и центра предупреждения о цунами. В районе юго-западной части Тихого океана происходит 30% мировых землетрясений, однако среднее время обнаружения для местных и региональных сейсмических событий является одним из самых низких на местном уровне. Землетрясениями порожден 81% тихоокеанских цунами. Повышение сейсмической реакции обнаружения поможет укрепить системы предупреждения о цунами. Одним из возможных решений для повышения оперативности и потенциала Национального центра предупреждения является развитие регионального сотрудничества между странами. Пример сейсмических сетей Новой Каледонии – Вануату, разработанных в рамках государственного проекта этих стран с января 2011 г., показывают, как две страны, сотрудничая, могут собрать ресурсы, оборудование и процедуры для повышения их потенциала в области мониторинга землетрясений, а затем помочь в оповещении о цунами. Общее программное обеспечение помогает обоим институтам в обмене знаниями и инструментами для мониторинга землетрясений и автоматического обнаружения. Первыми результатами этой региональной сети является уменьшение времени обнаружения землетрясения и быстрое распространение оповещения о цунами. Положительные результаты такого сотрудничества и проблемы, с которыми островные Тихоокеанские страны сталкиваются (угрозы землетрясения и цунами), заставляют рассмотреть возможность распространения большой сети между несколькими странами среди областей юго-западной части Тихого океана.

В докладе К. Gledhill (Новая Зеландия) изложены сведения о системе мониторинга геологических опасностей GeoNet. Землетрясение MW 7,1 в Дарфилде 4 сентября 2010 г. (NZST) было первым геологическим событием с момента создания GeoNet (www.geonet.org.nz) – системы мониторинга геологических опасностей в 2001 г. Через несколько минут после его появления GeoNet сайт отобразил колебание уровня до ММ 8 в регионе Кентерберри и автоматически проинформировал Министерство по делам гражданской обороны и чрезвычайным ситуациям, что большое разрушительное землетрясение произошло возле Кристчерч, второго по величине города Новой Зеландии. Землетрясение Дарфилд было началом длинной последовательности землетрясений, в том числе самого разрушительного землетрясения MW 6,2 в Кристчерч 22 февраля 2011 г. (NZST). GeoNet данные используются в исследованиях природы текущей деятельности. Концепции GeoNet всеобъемлющи и пригодны для геологического мониторинга рисков. Это пример научного содействия в эффективном реагировании сообщества, подчеркивающий важность тесных связей между учеными и работниками по чрезвычайным ситуациям. Вся GeoNet выполняется, как

планируется, в сенсорных сетях, через систему передачи данных, распространения данных, анализа и обработки информации.

Y. Finzi, S. Langer, H. Muhlhaus (Австралия) исследуют явление удаленно вызванной сейсмичности, которая способствует концентрации напряжений вдоль разломов и их активизации. Удаленно вызванные землетрясения представляют серьезную угрозу вдоль зоны субдукции и усложняют оценку сейсмического риска. Все большее число наблюдений показывает, что значительные землетрясения могут быть вызваны средними или большими землетрясениями, происходящими на расстоянии до 1000 км. Это также показывает, что нам не хватает знаний, чтобы предсказать место и величину события. Авторы представляют численное моделирование, показывающее, что повреждения замыкающихся разломов способствуют зарождению разрывов, вызывая динамические и статические концентрации напряжений. В частности, чтобы перепрыгнуть через большие неоднородности разрывов в динамическом моделировании, включающие реологию повреждений, межсейсмическое ослабление напряжения и энергетическое разложение, рассматриваются возможности разрывов. Результаты моделирования показывают, что разломы с зонами большого ущерба искажаются во время тектонической загрузки. На косейсмическом этапе такие структуры взаимодействуют с сейсмическими волнами для повышения стресс-концентрации и дестабилизации разломов, что может повлечь за собой землетрясение. Описываются свойства материалов, которые делают разломы более восприимчивыми к удаленной активизации и предоставляет информацию для оценки внутренней стабильности разломных структур и систем. Полученные результаты имеют значение для сейсмического анализа риска, где разломы взаимодействуют, и землетрясения могут обрушиваться каскадом в больших мультисегментных событиях.

В докладе S. Goswami, S. Baruah (Индия) изложена интерпретация активной деформации путем определения ориентации сейсмотектонического стресса и наклона в зоне субдукции Индо-Мьянманского (Mw 7,2) в 1988 г. и после Андаман-Суматринского (Mw 9,1) в 2004 г. и землетрясений. Индо-Мьянманская и Андаман-Суматринская зоны субдукции Юго-Восточной Азии являются регионами интенсивной сейсмотектонической деятельности. Интерпретация активной деформации Северо-Восточной Индии – систематическое определение ориентации сейсмотектонического стресса (до и после землетрясений 2004 и 1988 гг.) и изменение угла наклона с глубиной в зоне субдукции. Для этого используется полная база данных СМТ 1977–2004 и 2004–2011 гг., а база данных землетрясений 1964–1988 и 1988–2010 гг. для Индо-Мьянманской области. Инверсия напряжения вдоль девяти подсекторов (I–IX) областей разрывов Адаман-Суматринского землетрясения показывает относительно сложную систему удара. Глубина против углового отношения падения указывает на последовательное увеличение глубины сгибания пододвигающейся плиты вдоль этих девяти подсекторов (I–IX) в Адаман-Суматринском регионе. Средняя ориентация напряжения остается несравнимой до и после землетрясения. Результат предполагает, что стрессы вращались из-за косейсмической активности и постсейсмической деформации. Наблюдается также существенное изменение в ориентации напряжения из-за землетрясения 1988 г. в Индо-Мьянманской области.

T. Ishiyama, H. Sato, S. Abe, T. Kasaya и Sh. Kodaira (Япония) привели результаты переработки сейсмических данных, полученных сквозь Японский желоб для континентального склона над разрывной областью во время гигантского M 9.0 Тохоку-оки землетрясения. Данные включают в себя плотно расположенные скоростные анализы, CRS (общая поверхность отражения) для усиления глубинных событий и SRME (поверхностно-связанное многократное устранение), чтобы подавить несколько всплесков. Сейсмические разрезы обычно содержат богатый набор данных о деталях характера субдукционных связанных структур. Пересмотрены также данные по акватории вблизи эпицентра M 7,0 внутриплитного приразломного землетрясения, происшедшего на глубине 5 км 11 апреля под прибрежной зоной вблизи Иваки, Фукусима.

МОНИТОРИНГ И ОХРАНА ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ

Один из наиболее востребованных симпозиумов, целиком посвященных мониторингу состояния и охраны геологической среды, проводился в рамках секции 30 – Геологические опасности (Geohazards). В данном случае под геологическими опасностями понимались события геологического происхождения, возникающие в земной коре под действием различных факторов или их сочетаний, оказывающих или могущих оказать поражающие воздействия на людей или приносящих материальные потери за счет разрушения объектов экономики. Направленность данного симпозиума во многом определялась местом проведения конгресса – юго-западной окраиной Тихого океана. Именно здесь происходит до 30% мировых землетрясений, зафиксированы наиболее разрушительные цунами, 81% которых генерируется землетрясениями. Отчасти следствием тектонической активности являются и многочисленные гравитационные перемещения каменного материала в виде оползней, в том числе гигантских, как на суше, так и в прибрежно-шельфовых зонах. Эти оползни также могут быть причиной возникновения цунами.

Во многих странах с начала 2000-х годов создаются и активно развиваются сети сейсмостанций, фиксирующих сейсмические события и работающих в режиме мониторинга. Например, Новозеландская система мониторинга геологических опасностей (GeoNet) (доклад К. Гледхила, Институт геологических и ядерных наук – GNS Science, Новая Зеландия) функционирует с 2001 г. Эта система показала свою высокую эффективность во время самого разрушительного землетрясения 4 сентября 2010 г. и последующих сейсмических событий. Уже через считанные минуты информация о мощных толчках (эпицентр, магнитуда и т. д.) появлялась на сайте GeoNet, в автоматическом режиме происходило оповещение Министерства гражданской обороны и управления чрезвычайными ситуациями (Ministry of Civil Defence and Emergency Management) страны. Система GeoNet позволила в значительной мере снизить материальные потери и уменьшить число человеческих жертв. На основе сети сейсмических датчиков производится оперативное отслеживание в режиме online с моментальным информированием официальных органов, ответственных за управление в случае возникновения природных, в первую очередь геологически опасных событий. Доступ к данным открыт любому пользователю интернета для получения оперативной информации.

На сайте системы GeoNet помещены данные о наблюдениях за вулканами в режиме мониторинга:

- визуальное наблюдение с вэб-камер, изображение с которых поступает постоянно в базы данных со свободным доступом к ним в интернете;

- измерение деформации земной поверхности как традиционными геодезическими методами, так и датчиками GPS (глобальной системы позиционирования), позволяющими постоянно измерять координаты от 1 до 30 с с точностью до 1 мм, которые также доступны в интернете;

- гидрохимический мониторинг, включающий в себя периодичное измерение в выходах вод и вулканических озерах температуры, pH, электропроводности и концентрации растворенных газов;

- газовый мониторинг, включающий в себя аэрометоды и наземный мониторинг. Для аэромониторинга используются корреляционные спектрометры COSPEC и FLYSPEC для измерения поглощения SO₂ ультрафиолетового спектра. Измерение на различных высотах концентрации CO₂, SO₂ и H₂S с использованием оборудования LICOR и Interscan, установленного внутри самолета. Наземные измерения содержания CO₂ и H₂S в почвах производят специальным переносным газометром. Кроме того, для измерения в атмосферном воздухе концентраций SO₂ используется миниатюрный дифференциальный оптический абсорбционный спектрометр MiniDOAS, который устанавливается на постоянной основе.

После землетрясения Христчерч 22 февраля 2011 г. Институт геологических и ядерных наук установил на некоторых оползневых структурах мониторинговое оборудование для GPS позиционирования, а также аппаратуру для измерения уровня грунтовых вод и вели-

чины атмосферных осадков. Цель мониторинга – получить данные о развитии оползневых процессов после землетрясения. Оборудование не предназначено для автоматического оповещения об опасности, но данные мониторинга доступны любому пользователю интернета. Аппаратура предназначена для длительного отслеживания движений земной поверхности в режиме мониторинга. Энергоснабжение аппаратуры обеспечивается солнечными батареями. Каждые 30 с определяются координаты по широте, долготе и высоте. Каждые 24 ч производится осреднение данных. Эти суточные осредненные данные проходят фильтрацию на других станциях GPS, расположенных в стабильных условиях. Цель этой фильтрации данных – исключить региональную составляющую, обусловленную нормальными вариациями, связанными с тектоническим движением плит. Данные об изменении позиции GPS станций автоматически пересылаются через сеть мобильной телефонии в центр данных и доступны в интернете.

Уровень грунтовых вод измеряется в режиме мониторинга четырьмя пьезометрами, помещенными в скважины. Запись производится каждые пять минут.

Кроме того, установлена также автоматическая метеорологическая станция, оборудованная сенсорами для измерения уровня атмосферных осадков, давления, температуры воздуха и скорости ветра. Энергопитание станции осуществляется солнечными батареями. Необходимость установки метеорологической станции обусловлена прямой связью между объемами выпадения атмосферных осадков и возможными подвижками оползней.

Важным элементом всей системы наблюдения за геологическими опасностями, используемой в Новой Зеландии, является полная доступность информации для любых возможных пользователей интернета.

Кроме того, следует отметить, что на сайте Министерства гражданской обороны и управления чрезвычайными ситуациями Новой Зеландии приводятся подробные инструкции, что делать людям, когда угроза, связанная с развитием опасных геологических процессов (землетрясение, извержение вулкана, образование оползней и т. д.), предполагается, когда событие происходит и когда действие процессов прекращается. Аналогичные алгоритмы действий подробно и доступным языком расписаны не только для землетрясений, но и для таких природных явлений и процессов, как цунами, наводнение и т. п. Специальные программы разработаны для обучения детей. В частности, в Индонезии совместно с японскими специалистами (Шибаяма и др.) запущена специальная программа, знакомящая детей с проявлениями цунами. Выпущено 200 000 буклетов.

Сходные системы функционируют даже в небольших странах типа островов Вануату (доклад Е. Гарабити и др., Департамент метеорологии и геологических опасностей Вануату). В состав систем входят широкополосные и долговременные сейсмостанции, датчики GPS, веб-камеры, космосъемка и т. д. Чтобы уменьшить время получения оперативной информации о землетрясениях и значительно ускорить процесс автоматического оповещения о возможности возникновения цунами, локальные сети объединяются в региональные для унификации и гармонизации методов определения сейсмических событий, программного обеспечения и оповещения. На островах Самоа сейсмическая сеть состоит из семи сейсмических станций и Национального центра данных (Л. Талиа, Самоа).

В США работает многоуровневая сеть сейсмостанций. Она охватывает всю территорию страны (Advanced National Seismic System), состоит из 15 региональных сейсмических сетей, что позволяет получать информацию о сейсмических событиях практически в режиме реального времени с оповещением в считанные минуты тех структур, которые принимают решения в случае чрезвычайных ситуаций. Сеть постоянно совершенствуется и развивается с целью охвата всех урбанизированных территорий, особенно в зонах повышенного сейсмического риска. Несколько необычно развитие новых типов цифровых сейсмографов, которые устанавливаются в добровольном порядке в частных домах, общественных учреждениях, бизнес-центрах и школах. Информация с этих сейсмографов также передается в единый центр ГС США через интернет посредством широкополосного Wi-Fi. Достаточно эффективная сеть сейсмического и геодезического мониторинга

функционирует и в Японии (Р. Хино), что позволяет оперативно отслеживать не только сотрясения, собственно землетрясения и повторные сейсмические удары, но и фиксировать их предварительные фазы (foreshocks), а также смещения горных пород.

По мнению многочисленных исследователей, в частности М. Верма, Б. Бансал (Министерство наук о Земле, Индия), пока не существует методов, позволяющих с высокой степенью точности предсказать время, место и силу землетрясений. Поэтому крайне важны превентивные меры для минимизации возможных ущербов от землетрясений, сейсмическое микрорайонирование как один из элементов для снижения потерь от будущих землетрясений. Ф. Кси и др. (Китай) использовали статистический расчет (по историческим и инструментальным данным) периодичности проявления мощных землетрясений в Китае за 5 тыс. лет.

Согласно исследованиям Валиа и др. (Тайвань), эффективным методом, с помощью которого можно осуществлять краткосрочный прогноз землетрясений, является мониторинг эманаций радона.

Геологически опасное следствие землетрясений – проявление и активизация возникновения оползней, часто приводящих к значительным человеческим жертвам и разрушению объектов инфраструктуры. В частности, Х. Ху и др. (Китай) рассмотрели механизмы образования оползней как следствие сейсмических событий на примере Венчуанского землетрясения. В сообщении Б. Юу и др. (Китай) описаны механизмы проявления «деструкционной цепи» от оползней, спровоцированных Венчуанским землетрясением, до новых оползней, активизировавшихся уже под воздействием аномальных дождей. А. Регми и К. Йошидо (Япония) рассматривали «деструкционную цепь» образования оползней в Непале, которые первоначально были спровоцированы муссонными дождями, а затем стали развиваться за счет изменения геотехнических свойств отложений при выветривании пород. В докладе (Япония) рассмотрены процессы активизации оползней по плоскостям слоев карбонатизированных сланцев как следствие поднятия уровня грунтовых вод при повышении уровня водохранилища Три Горы. При расчетах использовалось 3D моделирование с помощью программного обеспечения Geostudio.

География охвата проблем, связанных с геологическими опасностями из-за возникновения оползней, довольно широка. Ж. Локат и др. (Канада) проанализировали разнообразные условия возможного формирования плоскостей отрыва или скольжения пород. Установлено, что такие плоскости даже без воздействия внешних факторов, как землетрясения, инфильтрация подземных вод и т. п., которые провоцируют возникновение оползней, могут формироваться в субаквальных условиях при небольших углах наклона почти горизонтальных пластов при однородном разрезе. Обращает на себя внимание то, что многие исследования, рассматривающие проблемы возникновения оползней, указывают на механизмы их образования в морских условиях. В докладе Дж. Ламарше (Новая Зеландия) описываются процессы перемещения гигантских осадочных масс объемом более 100 км³ почти исключительно в субаквальных условиях. Подобное установлено не только на флангах вулканов или в тектонически активных зонах, но и в пределах пассивных континентальных окраин. Возраст этих образований, по данным бурения, от 1,4 млн лет до менее чем 50 тыс. лет. В результате изучения подводных оползней юго-восточной австралийской пассивной континентальной окраины (С. Кларк и др., Австралия, США) установлено, что площадь отличается дефицитом осадочного материала и должна характеризоваться как устойчивая. Но исследования с использованием многолучевого эхолота показали, что образование оползней здесь развито повсеместно. Разработаны концептуальные модели оползнеобразования, но механизмы, приводящие к перемещению масс обломочного материала, не вполне ясны. В докладе приводятся новые данные многолучевого эхолотирования, сейсмоакустические данные, грунтовые трубки, которые позволили понять историю развития подводных склонов континентальной окраины Новой Англии и изучить процессы подводного оползневого перемещения осадочного материала как потенциальной причины возникновения цунами. Й. Ито и др. (Япония) проведен анализ гигантских оползней на берегах морей и озер, способных производить цунами с поражением близлежащих территорий.

Для оценки факторов, способствующих образованию оползней, и для их прогноза широко используются ГИС-технологии. В докладе Ш. Баи и Б. Тибес (Китай) представлены карты, базирующиеся на различных факторах, как геологических, так и не геологических данных, к примеру, об атмосферных осадках. По сумме данных о пространственном распределении этих факторов строятся и карты прогноза возможных оползневых проявлений.

Были проведены инвентаризация оползней в Непале и моделирование возможного перемещения потока наносов на основе средних углов склона и характеристиках потоков. Кроме того, осуществлены обратное моделирование по историческим событиям и расчет будущих возможных событий.

Многочисленны примеры составления карт геологических опасностей, связанных с оползнями. В частности, в докладе А. Даага и др. (Филиппинский институт вулканологии и сейсмологии) приводится процедура составления и детализации карт опасностей, связанных с оползнями, индуцированными землетрясениями. В состав работ входят картирование (инвентаризация) активных разрывных нарушений и исторических землетрясений значительных магнитуд с моделированием максимального ускорения колебаний грунта в пункте наблюдения с использованием уравнения Фукусимы и Танака, вычисление фактора безопасности с использованием инженерных факторов и полевых измерений различных репрезентативных склонов и экстраполяции данных на сходные по структуре склоны, вычисление критичного ускорения склонов с использованием уравнения Ньюмарка, составление карты критичных склонов и в конечном итоге карты геологических опасностей. В Австралии (Ф. Флентье и др.) разрабатывается проект инвентаризации оползней с моделированием и подготовкой карт геологических опасностей масштабов от 1 : 2 500 000 до 1 : 25 000. Во Вьетнаме (Н. Лонг и др.) разрабатывается карта зональности опасности оползнеобразования северо-восточных провинций (масштаба 1 : 200 000) на основе анализа карт по семи факторам, среди которых карта углов склонов, карта выветривания, карта растительности, плотности сети тектонических разрывных нарушений, карты речной сети, карты удаленности от дорог. Похожие карты составляются для Гонконга (Х. Яо и др.). В Иране (Ш. Назири и др.) проведена переоценка угроз, связанных с оползнями при прокладке автомобильных трасс в горных районах, на основе полевых наблюдений и обработки и интерпретации аэрофотосъемки масштаба 1 : 20 000 и космоснимков GeoEye-1 с созданием карт зональности опасности оползнеобразования.

В Федеральном институте геонаук и природных ресурсов (Е. Торизин, Германия) разработано специальное программное приложение к ArcGIS 10 для статистических расчетов оценки возможности образования оползней. Приложение успешно испытано на некоторых территориях Пакистана и Индонезии. В Канаде (П. Бобровски и др.) разрабатывают техническое руководство, включающее терминологию, классификацию оползней (природных и техногенно спровоцированных), описание последствий, в том числе социально-экономических, методики оценки рисков, идентификации и картирования, изучения и мониторинга.

Для мониторинга процессов оползнеобразования в последние годы наиболее активно применяются методы лазерного сканирования с использованием наземной аппаратуры и воздушных судов. Так, в докладе С. Морелли (Италия) описывается, в сочетании с традиционными методами, подобная лазерная дистанционная съемка для создания детальных цифровых поверхностей рельефа земной поверхности и оценки объемов и формы наименее стабильных блоков горных пород, определения зон наибольшего риска и создания 2D и 3D моделей оценки геологических рисков.

Реальная геологическая опасность исходит и от извержений вулканов. По мнению Р. Райта (США), наиболее эффективный метод мониторинга за деятельностью вулканов — это наблюдения с использованием дистанционных методов и измерений на различных длинах волн: ультрафиолетовом диапазоне, видимом, инфракрасном и микроволновом. Преимущество дистанционных методов перед наземными — возможность охвата всего масштаба происходящих событий, а также предупреждение об опасностях, связанных с извержениями.

МОРСКАЯ ГЕОЛОГИЯ

Количество симпозиумов на конгрессе, специализирующихся исключительно на проблемах морской геологии, относительно небольшое.

Значительная их часть в рамках секции 13 – Осадконакопление и седиментационные процессы. В частности, процессам морского осадконакопления в позднем плейстоцене – голоцене был посвящен симпозиум 13.2 – Отложения прибрежных и мелководных морских систем. Приведем краткое описание ряда докладов, наиболее полно отражающих современную направленность морских геологических исследований.

Процессы образования систем переуглубленных палеодолин вдоль южного побережья Австралии рассматривались в докладе К. Слосса и др. (Австралия). Приведены результаты изучения заполняющих их осадков. Установлены значительные колебания уровня моря в постледниковое время, когда сформировались трансгрессивно-регрессивные фации осадков. Прослежены закономерности формирования рельефа береговой зоны, разработана прогнозная составляющая ее развития.

Презентация В. Паскуччи и др. (Италия) была посвящена изучению формирования береговых отложений Северо-Западной Сардинии в условиях изменяющегося климата позднего плейстоцена–голоцена. Для определения возраста осадков использовался метод OSL-датирования, т. е. метод оптически вызванной люминесценции. В качестве локальных факторов, контролировавших осадконакопление, рассматривались такие климатические факторы, как температурный режим, влажность, частота штормов, в качестве глобальных – изменение уровня моря в постледниковый период.

В докладе К. Олариу и др. (США) рассмотрены процессы, формирующие современные речные дельты. Понимание современных морфо- и литодинамических процессов позволяет отчасти детализировать палеогеографические и стратиграфические исследования отложений древних дельт. Детальное картирование дельты р. Митчел (Т. Лане и др., Австралия) позволило установить три стадии размыва берегов в голоцене, связанные с изменением уровня моря, климатическими флуктуациями и дрейфом рукавов дельты. Гонтц и др. (США) изучали эволюцию берегов в Плимутском заливе в позднем голоцене. При береговых работах использовался георадар, а также старинные карты, материалы аэросъемок, детальные стратиграфические исследования. Изучались и остатки затопленного леса. Построены детальные кривые изменения уровня моря и установлены закономерности развития берегов.

Т. Ханебут и др. (Германия) изучен шельф Мавритании с использованием профилографа высокого разрешения и вибробурения, установлены литофациальные обстановки осадконакопления в плейстоцене – голоцене и трансгрессивно-регрессивные фазы развития шельфа, определена существенная чувствительность обстановок осадконакопления на шельфе аридной зоны к изменениям климата.

Х. Гранья и др. (Португалия) изучали отложения береговой зоны Португалии. В связи с интенсификацией отступления берегов и разрушением клифов в береговой зоне обнажаются отложения верхнего голоцена, в том числе сцементированные пляжевые пески. Сопоставление литологического состава этих древних песков с современными пляжевыми отложениями позволяет с учетом анализа современной гидродинамической обстановки реконструировать положение палеуровня моря и оценить штормовую активность в прошлом. Р. Сертан и др. (Франция) с помощью сейсмоакустического профилирования сверхвысокого разрешения проследил историю осадконакопления в заливе Аргуин (Мавритания) в постледниковое время с учетом морфологии рельефа морского дна, климатических изменений и колебаний уровня моря.

Ш. Даштгард и др. (Канада) на основании данных седиментологии и ихнологии разработали критерии определения условий формирования прибрежных осадков под воздействием различных гидродинамических факторов: приливо-отливных течений, волнений, штормов и т. д. Количественному моделированию трансформации береговой линии и прибрежной седиментации посвящена презентация М. Кинсела (Австралия).

К. Шварзер и др. (Германия) исследовали своеобразные песчаные поля с характерными знаками ряби и песчаными волнами на поверхности дна в Северном море. В комплекс методов входили включающий гидролокатор бокового обзора, многолучевой эхолот, профилограф, подводные видеонаблюдения, донный пробоотбор и вибробурение. Изучаемые поля, резко отличающиеся от окружающих донных осадков, на глубинах моря более 15–20 м распределяются весьма консервативно. Генезис таких полей до сих пор не определен.

В докладе Л. Фонтес и др. (Бразилия) приведены результаты изучения системы гигантских подводных каньонов на северо-восточном шельфе Бразилии, связанных с речной сетью Япаратуба. Возраст поверхностных осадков (1,2–2,2 тыс. лет ВР), определенный с использованием радиоуглеродного метода, показал, что сейчас система не активна. Сейсмоакустическое профилирование позволило установить, что осадки, связанные с речными потоками, залегают на глубинах 50 м относительно современной поверхности.

Практически во всех исследованиях предпринимаются попытки реконструкции изменения береговых линий в послеледниковое время с выделением трансгрессивно-регрессивных фаз развития морских бассейнов, обусловленных как глобальными климатическими процессами, так и региональными причинами. Комплекс используемых для исследования методов, включающий гидролокатор бокового обзора, многолучевой эхолот, профилограф, подводные видеонаблюдения, донный пробоотбор и вибробурение, можно считать традиционным для подобного рода работ.

В рамках симпозиума 13.2 (секция 4) – Карбонатные прибрежные и мелководноморские системы – представлены результаты изучения карбонатных пород и осадков, картируемых на шельфе. Доклад В. Пиллер и др. (Австрия, Италия) – результаты исследований олигоцен-миоценовых известняков, накапливавшихся в мелководных условиях на изолированной карбонатной платформе. Прослеживается связь между изменениями уровня моря и направленностью осадконакопления. Использовался комплексный фациальный анализ на основании изучения магнитной восприимчивости, гамма-активности, содержания CaCO_3 и органического вещества, стабильных изотопов кислорода для проведения корреляции локальных и региональных седиментационных процессов, но не на глобальном уровне. Благодаря новым биостратиграфическим данным впервые проведена корреляция изменения стабильных изотопов углерода и глобальной олигоцен-миоценовой кривой изотопа углерода.

Детальное изучение карбонатных эоловых отложений позднего плейстоцена – голоцена на шельфе Западной Австралии (Д. Йоргенсен и др.) привело к созданию модели осадконакопления, которое контролируется геоморфологическими особенностями области седиментации, изменениями климата и флуктуациями уровня моря.

На симпозиуме 13.9 – Осадки, образующиеся за счет речного выноса на шельфе азиатских морей – можно отметить широкую международную кооперацию при проведении исследований. В состав консорциумов, проводивших работы в основном на шельфе морей, примыкающих к КНР, входят в первую очередь научные организации Евросоюза (Германия, Польша, Великобритания), а также США.

Т. Ханебут (Германия) охарактеризовал дельтовые образования, формирующие значительные по мощности и протяженности депоцентры на шельфе Юго-Западной Азии. Существенное влияние на формирование этих динамичных осадочных систем в зоне перехода между сушей и океаном оказали колебания уровня моря за последние 25 тыс. лет. В разрезах дельтовых отложений фиксируются также и краткосрочные климатические изменения, контролируемые, в частности, объемы речного стока. Сходные проблемы затронуты в докладе Ч. Нитроера (США).

Доклад М. Томжак и др. (Польша) по результатам польско-китайского проекта посвящен изучению изменчивости условий осадконакопления во время последнего гляциального цикла на шельфе северной части Южно-Китайского моря. В основу полученной модели колебаний уровня моря положены данные диатомового анализа в совокупности с геохимическими и литологическими характеристиками отложений и интерпретацией сейсмоакустических профилей. По-видимому, в рамках того же проекта выполнялись ра-

боты по сейсмостратиграфии отложений северной части Южно-Китайского моря (доклад Я. Куи и др., КНР). Выделено восемь сейсмогоризонтов, которые были соотнесены с шестью циклами изменения уровня моря, связанными как с глобальными процессами, так и с региональными событиями. Для выделенных поверхностей несогласия были построены 3D модели. Интерпретация геофизических данных базировалась на результатах изучения керна четвертичных отложений длиной 88,3 м. Определение возраста основывалось на методах датировки AMS14C и OSL. Корреляция с другими грунтовыми колонками проводилась по анализам стабильного изотопа кислорода и CaCO₃. В презентации Я. Харфа и др. (Германия, Польша, КНР) приведены результаты изучения грунтовых колонок с применением гранулометрического анализа, определения химических элементов и радиоуглеродных датировок по раковинам фораминифер.

Совместный доклад специалистов из США, Великобритании, Тайваня и Германии (П. Клифт и др.) посвящен изучению наносов р. Перл, впадающей в Южно-Китайское море. Исследование степени переработки осадочного материала за счет процессов выветривания привело авторов к выводам о колебаниях уровня моря и увлажненности климата, а также о влиянии сельского хозяйства на эрозию почв в бассейне р. Перл в последние 2000 лет. В докладе Л. Шао и др. (КНР) даны результаты изучения тяжелых минералов в осадках выносов реки с попыткой определения провинций сноса обломочного материала.

Процессы илистого осадконакопления в дельтах рек, впадающих в Желтое и Восточно-Китайское моря, описаны в презентации С. Гао (КНР). Изучено влияние короткопериодных климатических изменений на формирование клиноформных дельт, которое, вероятно, более существенно, чем глобальное изменение уровня моря.

Учитывая региональные особенности морей, примыкающих к месту проведения конгресса, довольно много докладов, в частности в рамках симпозиума 24.1 – Рифы и карбонаты, вековые изменения, включая климатические, было посвящено изучению рифовых карбонатных построек, древних и современных. В презентации С. Гонга и др. (Тайвань) приведены результаты изучения голоценового рифа Параоир. Датировки основаны на определении ²³⁰Th в древних кораллах. Выявлены стадии развития рифа и влияние воздействия мощных тайфунов (по геологическим и историческим данным) на его разрушение и образование биокластитов. Процессы формирования и гибели голоценовых рифов в заливе Моретон рассмотрены в докладе Л. Носдарфта и др. (Австралия). Для датировок кораллов использовались ²³⁰Th/U (TIMS U-серии и MC-ICP-MS) и ¹⁴C (AMS). Ж. Камон и др. (Франция) по материалам глубоководного бурения (экспедиция IODP 310) рассмотрены зависимости роста рифов от катастрофических изменений уровня моря при глобальных изменениях климата, а также влияния глобальных пульсов талых вод (melt water pulses), предположительно происшедших 14,08–13,61 и 11,4–11,1 тыс. лет назад. По данным изучения тихоокеанских микроатоллов (К. Удрофе и др., Австралия), сделана попытка определения эвстатических колебаний уровня моря за последние 6 тыс. лет.

Анализ результатов исследований, представленных выше, позволяет заключить, что относительно новым является активное развитие и широкое использование для определения возраста морских отложений разнообразных методов датировок, основанных на различных изотопах. Особенность большинства методик – зачастую использующиеся микронавески осадочного вещества, что довольно важно при проведении морских геологических работ, так как отбор кернов донных отложений довольно трудоемкий, а объемы опробованного материала обычно ограничены. Относительно новым можно признать и метод OSL-датирования (метод оптически вызванной люминесценции).

Доклады симпозиума 13.3 – Глубоководная седиментация – в основном посвящены отнюдь не глубоководным осадкам, а отложениям шельфов, в лучшем случае континентального склона. Рассматривались процессы, связанные с активной литодинамикой. Коллектив авторов (Дж. Хернандес-Молина и др., Испания, Германия, Уругвай и Аргентина) представил результаты изучения таких еще относительно малоизученных современных образований, как контуриты. Это серия террас и каналов, расположенных вдоль континентального склона и сформировавшихся в результате сочетания воздействия циркуляции

антарктических и североатлантических водных масс и склоновых процессов. Презентация Д. Ван-Рой и др. (Бельгия, Испания) посвящена контуристам, образованным на континентальном склоне в Кадисском и Бискайском заливах в результате влияния Средиземноморского выходного течения. Системы подводных каньонов северной части Южно-Китайского моря, по данным сейсмических работ, описаны в презентации М. Су и др. (КНР). Изучены геоморфологические особенности каньонов, система которых формировалась в неогене, исследованы накапливавшиеся в них отложения.

Доклад Б. Диксона (США) – один из немногих, затрагивающих вопросы, связанные с минеральными ресурсами океана и морей. Развитие современных методик сейсмических работ, бурение, физическое и математическое моделирование позволяют расширить области разведки на нефтеуглеводороды, смещаясь на большие глубины морей в районы активных окраин, на площади турбидитового осадконакопления и т. д. Наряду с практической составляющей работ, значительно расширяются и геологические знания. К. Левис и др. (Австралия) описывают результаты изучения изотопного состава переотложенных цирконов с U-Pb определением возраста отложений, что позволило идентифицировать потенциальные провинции сноса и транспортировки осадочного материала, формирующего толщи коллекторов углеводородов северо-западного шельфа Австралии.

Симпозиум 25.5 – Геонаука и управление ресурсами океана – в основном посвящен проблеме разграничения между странами эксклюзивных экономических зон согласно Конвенции ООН по морскому праву. К настоящему моменту в Комиссию ООН по установлению внешней границы континентального шельфа подано 59 заявок, удовлетворено 14, охватывающих 6,5 млн км² дна морских пространств. Работы по обоснованию границ континентального шельфа привели к весьма значительным достижениям в познании геологического строения и оценке ресурсного потенциала шельфа и прилегающих площадей океана. В докладе И. Джек и др. (Бразилия) рассматриваются морфологические признаки подножия континентального склона, отличающиеся от предложенных в классификации Хиизена для североатлантической окраины, где градиент склона в среднем 1:40 (1°26').

Ж.Ф. Буриле (Франция) представил сообщение по геологическому картированию морского дна. Автор считает, что настоящей революцией в геологическом картировании было появление 35 лет назад многолучевого эхолотирования. Сегодня многолучевые эхолоты третьего поколения позволяют получать базовую информацию о глубине моря, природе и морфологии рельефа. Этот вид работ в совокупности с 3D сейсмикой дает полноценную геологическую информацию, необходимую для решения научных и коммерческих задач. В перечень этих задач входит оценка геологических опасностей, изучение изменения уровня моря, картирование подводных ландшафтов и уязвимых экосистем, прокладка телекоммуникационных и силовых электрических кабелей, оценка площадей для создания ветропарков, а также районов добычи песчано-гравийных материалов. Важным направлением геологических работ является также обоснование, согласно Конвенции ООН по морскому праву, границ эксклюзивных экономических зон, которые во многом опираются на различные геологические и морфологические параметры, в частности идентификацию подошвы континентального склона. Качественное улучшение геологической информации, по мнению Ж.Ф. Буриле, возможно за счет установления связи между акустическими свойствами отложений и их инженерно-геологическими и литологическими характеристиками. Другим перспективным направлением автор считает 3D исследование водной толщи для поисков нефти и газа, а также для характеристики просачивания флюидов.

На симпозиум 25.6 – Полезные ископаемые морского дна Океании – был представлен ряд докладов, посвященных глубоководным полезным ископаемым. В презентации А. Таваки и др. (Фиджи) описан новый проект «Глубоководные полезные ископаемые» (Deep Sea Minerals (DSM)), объединяющий 15 островных государств Тихого океана. Проект финансируется Европейским союзом. Цель проекта – расширение экономической ресурсной базы тихоокеанских островных государств, развитие их морской горнодобывающей промышленности, развитие системы управления и их потенциала в управлении глубоководными полезными ископаемыми через разработку и внедрение интегрированной региональной нормативно-правовой базы, улучшение образовательного и технического

потенциала, а также создание эффективной системы мониторинга. Проект нацелен на перспективу, хотя и не вполне ясно, насколько близкую.

Доклад К. Ванга (КНР) посвящен изучению возможного влияния микроорганизмов на формирование глубоководных железомарганцевых конкреций зоны Кларион-Клиппертон.

В докладе Дж. Хейна и др. (США) описываются геохимические особенности железомарганцевых корок экваториальной части Тихого океана, которые оцениваются как источник Co, Ni, Pt, Mn, Te, Zr, W, Mo, Bi, Nb и редкоземельных элементов. Рассматриваются геологические и океанологические факторы, контролирующие мощность корок и их геохимическую специализацию. В презентации Т. Конрада и др. (США) сопоставляются геохимические особенности железомарганцевых корок континентальной окраины Калифорнии и других районов Мирового океана.

В докладе Р. Вуда и др. (Новая Зеландия) рассматриваются реальные планы добычи полезных ископаемых со дна моря. В 1970–1980 гг. на вершине возвышенности Чатхам в 240 морских миль от Южного острова Новой Зеландии разведано месторождение фосфатов, запасы которого составляют 25 млн т (65 тыс. т/км²). Глубина моря до 400 м. Фосфаты представлены конкрециями размером от 1 до 150 мм, залегающими в слое песков-алевритов мощностью до 70 см. Содержание фосфатов в среднем 22%. Использован комплекс геолого-геофизических методов, включающих многолучевое эхолотирование, высокочастотное сейсмоакустическое профилирование, гидролокацию бокового обзора, магнитометрические исследования и отбор поверхностных проб с помощью бокс-кореров. Новые данные выявили существенное воздействие айсбергов на донную поверхность и некоторые отличия от данных более ранних исследований распределения фосфатов. Рассмотрены различные варианты технологии добычи, начало которой было намечено на 2014 г. Предполагается ежегодная добыча до 1,5 млн т.

В докладе К. Чэтхем и др. (Новая Зеландия) этот же район рассматривается как возможный объект по добыче глауконита, содержание которого в осадках до 10–80%, а общие ресурсы на площади 4500 км² оцениваются в 2000 млн т.

Наиболее близок к реализации проект по разработке массивных сульфидов (Solwara 1) около Папуа – Новой Гвинеи, который осуществляется компанией Nautilus Minerals Inc (доклад Дж. Лаве и др., Австралия). Проведена детальная геологоразведка, которая включала широкий комплекс геолого-геофизических работ по оценке воздействия добычи на окружающую среду, разработано оборудование для добычи сульфидов и технология их переработки, проведены маркетинговые исследования и т. д. Возможно, это будет первый в мировой практике опыт глубоководной промышленной добычи океанических руд. Компания имеет лицензию на разработку полиметаллических конкреций зоны Кларион-Клиппертон.

Остальные доклады этого симпозиума довольно далеки от прикладных проблем. Так, в докладе Х. Берекенбоша и др. (Австралия) приведены результаты определения микроэлементов в сульфидных курильщиках подводного вулкана Бразерс. В докладе Р. Бинс (Австралия) указан минеральный состав массивных сульфидов, отобранных при бурении в восточной части моря Бисмарка вблизи островов Папуа – Новая Гвинея. Более широко проблема изучения массивных сульфидов Тихого океана освещена в презентации К. Де Ронде (Новая Зеландия). Сульфиды срединного хребта Индийского океана описаны по материалам INDEX 2011.

Научные проблемы морской геологии рассматривались в рамках еще нескольких симпозиумов. Так, на симпозиуме 32.2 – Энергия и ресурсная среда: разведка углеводородов – ряд докладов был посвящен возможности использования дистанционных методов, в частности метода радара синтезированной апертуры для идентификации зон просачивания нефтеуглеводородов в условиях моря. Доклады симпозиума 14.4 были посвящены вопросам формирования континентальных окраин, от пассивных до рифтовых гиперпротяженных, их геологическим диагностическим признакам, сопоставлены древние образования с современными аналогами. Симпозиум 25.1 – Комплексная программа океанического

бурения (Integrated Ocean Drilling Program – IODP) – результаты реализации различных проектов по глубоководному бурению.

В других докладах симпозиума 25.3 – Физические процессы береговой и шельфовой седиментации – рассмотрены вопросы изучения прибрежных и шельфовых процессов литодинамики, ответственных за распределение донных осадков. Среди них можно выделить доклад М. Коллинза (Испания), где обсуждались теоретические аспекты изучения процессов осадконакопления. Новые методы морской геологии (площадная съемка поверхности морского дна, использование многолучевого эхолота, бэк-скатера и гидролокация бокового обзора) привели к открытию неизвестных ранее природных объектов, часто не вполне понятных с точки зрения их генезиса. Теперь необходимо разработать модели гидро- и литодинамических процессов, объясняющих механизмы образования этих форм донного рельефа и осадочных тел.

Многочисленные доклады были посвящены изучению опасных геологических процессов на шельфе и в береговых зонах.

МИНЕРАГЕНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОСНОВНЫХ ВИДОВ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Выступления зарубежных специалистов на конгрессе по вопросам поиска месторождений различных полезных ископаемых отчетливо характеризуют их предпочтения. Достаточно глубоко и тщательно изучается геологическое строение исследуемого региона. Широко используются дистанционные методы исследования, применяемые в зависимости от задач, различные методы геофизических исследований, традиционной и изотопной геохимии, геохронологии. Тщательно и всесторонне изучаются петрографические, петрологические особенности геологических образований, слагающих поисковый участок, определяются тип и характер проявленности в нем гидротермально-метасоматических преобразований пород, степень их рудоносности, принадлежность процессов, продуцирующих их, к группе рудонесущих или рудоподготавливающих. Совокупный анализ результатов всех перечисленных методов позволяет локализовать поисковые площади и выявлять рудные поля и конкретные месторождения.

Основы достижений западных компаний по обнаружению месторождений рудных полезных ископаемых, в том числе месторождений-гигантов:

- глубокое, тщательное изучение геологического строения исследуемого региона, широкое использование материалов дистанционных методов исследования;
- применение, в зависимости от задач, различных методов геофизических исследований, традиционной и изотопной геохимии, геохронологии;
- тщательное и всестороннее изучение петрографических, петрологических особенностей геологических образований, слагающих поисковый участок;
- определение типов и характера проявленности гидротермально-метасоматических преобразований пород, степени их рудоносности, принадлежности процессов, продуцирующих их, к группе рудонесущих или рудоподготавливающих.

Углеводородное сырьё. На 34-м МГК участники из разных стран обсуждали различные проблемы современной нефтегазовой геологии по таким направлениям, как «Нефтяные системы и их разведка», «Нетрадиционные углеводороды, расширяя список видов топлив» и др. Основные вопросы, обсуждавшиеся в докладах и дискуссиях на секции месторождений нефти и газа:

- методы прогноза нефтегазоносности, оценки потенциальных ресурсов и классификации запасов углеводородов;
- оценка достоверности прогноза ресурсов углеводородов на основе статистической обработки зависимостей между степенью разбуренности территории, плотностью начальных потенциальных ресурсов и их общим количеством.

Наиболее актуальны на данный момент темы происхождения углеводородов и методы повышения эффективности поисково-разведочных работ. Внедряя и используя высокотехнологичные современные методы поиска нефти и газа (компьютеризация, трехмерная сейсморазведка, интеллектуальное бурение, технические методы прогнозирования нефтегазоносности недр), можно успешно проводить поиски и разведку месторождений нефти и газа. На сегодняшний день сейсморазведка – основной метод, позволяющий с высокой степенью достоверности и детальности картировать и подготавливать объекты к поисково-разведочному бурению.

На конгрессе были освещены проблемы освоения недр. Представлены результаты новых исследований по таким направлениям, как совершенствование техники и технологии освоения месторождений УВ, управление производством, экономические и социальные проблемы освоения месторождений, техника безопасности и охрана окружающей среды, разработка месторождений с низкопроницаемыми коллекторами, исследования способов воздействия на пласт и увеличения нефтеотдачи (матричная кислотная обработка, гидро-разрывы пласта с использованием высокого давления, специальных жидкостей разрыва и т. п.). Очевидна необходимость дальнейшего изучения способов повышения извлекаемости нефти на основе геологического, гидродинамического и геофизического изучения пластов. Компьютерные модели для месторождений является основой для исследований подобного типа.

Многие исследователи представляли свои идеи по решению задач, связанных с изучением фильтрационной неоднородности коллекторов, особенностей строения резервуаров и связанных с ними залежей УВ. Моделирование зон их пространственного распространения крайне важно при освоении осадочных и метаморфических толщ с преобладанием порово-трещинных типов коллекторов. Это связано с тем, что бурение во вторичных коллекторах трещинного типа сопровождается высоким риском из-за неопределенности в строении резервуара. Основой для создания фильтрационных моделей залежей УВ являются результаты изучения тектонических особенностей строения залежей посредством сопоставления этапов деформационных событий и создания тектонических реконструкций. С внедрением технологии 3D сейсморазведки появилась возможность объемного изучения строения резервуаров, нефтематеринских пород разломов, что позволяет с довольно высокой точностью локализовать нефтегазовые структуры и пути миграции УВ флюидов. Некоторые исследователи обратили внимание на изменение фракционного состава нефтей, связанное с миграцией в УВ системах. Исследования закономерностей фазовых переходов жидких и газообразных углеводородов при термобарических условиях незаменимы при разработке новых месторождений.

Геохимические исследования органического вещества остаются востребованными в современной нефтегазовой геологии, они позволяют охарактеризовать фациально-генетические условия осадконакопления и распределение органического вещества в области распространения нефтематеринских пород, оценить их генерационный потенциал, установить региональные закономерности его изменения. Геохимическое изучение органического вещества и закономерностей изменения его термической зрелости при использовании современных аналитических методов (Rock-Eval пиролиз – REP, изотопная хроматография, хроматомасс-спектрометрия) дает детальную информацию о молекулярном составе УВ, свойствах нефтематеринских пород, а следовательно, об их генерационном потенциале и закономерностях распространения углеводородных флюидов.

Большое внимание сейчас уделяется исследованию нетрадиционных источников УВ, уже давно прогнозируется исчерпание основной части ресурсов углеводородов. Для освоения и подготовки нетрадиционных ресурсов УВ требуются новые методы поиска, разведки, добычи и переработки. Отличие их от традиционных источников состоит в сложных для освоения условиях их нахождения либо в их рассеянности в непродуктивной среде. На данный момент это сильно увеличивает себестоимость ресурсов. К нетрадиционным ресурсам относят тяжелые нефти и битуминозные пески, низкопроницаемые продуктивные коллекторы, метан газугольных месторождений, водорастворенные газы, а также газовые гидраты. Геологические ресурсы этих видов сырья в мире колоссальны, некоторые

из них уже осваиваются, например, тяжелые нефти с плотностью 0,9 г/см³. Также были освещены вопросы по перспективам и проблемам добычи сланцевого газа и газа из слоев с низкой проницаемостью.

Ashish Sarkar (Индия) дал оценку углеводородного потенциала нефтяного месторождения Верхнего Ассама в Индии – одного из старейших нефтяных месторождений мира, где поиски на нефть все еще продолжаются. Rock-Eval пиролиз проводился по образцам скважин в нефтяных залежах Моран, Сароджини и Диком. Оценка включала содержание общего органического углерода (ООУ), S1 (свободных углеводородов), S2 (нефтяной потенциал), S3 (органического CO₂) и T_{max} (максимальная температура, при которой происходит углеводородное преобразование в процессе пиролиза) в материнских породах с помощью анализаторов Rock-Eval 6 и Rock-Eval 2.

Была предпринята попытка определить тип керогена и степень его зрелости в этих местах. Отобранные из скважин пробы нефтяных залежей обладают высоким содержанием ООУ (1,85, 1,5 и 2,6 мас.%). Значения HI от 50 до 150 для проб залежи Моран, от 50 до 250 для Сароджини и от 50 до 570 для Диком, что указывает на третий тип керогена для Моран и второй для керогена в пробах из скважин Сароджини и Диком. Данные T_{max} для скважин залежей Моран и Диком 427 и 426 °С, для Сароджини 431 °С. Полученные данные указывают на недостаточную зрелость органического вещества из скважин Моран и Диком и зрелость в пробах залежи Сароджини. Автор считает перспективными на наличие углеводородов площади распространения песчаников Типам и глин Гируджан в благоприятных деформационных структурах.

F. Bache, V. Stagpoole, Ch. Uruski, R. Sutherland, R. Herzer (Новая Зеландия) в докладе «Сейсмическая стратиграфия бассейна Рейнга (северо-запад Новой Зеландии)» на основе тектонических исследований и оценки углеводородного потенциала приводят выводы по эволюции развития и формирования осадочного бассейна Рейнга, являющегося северо-западным продолжением бассейна Нортленд и занимающего СЗ-ЮВ батиметрические депрессии между хребтами Западного Норфолка и Рейнга в юго-западной части Тихого океана.

Юго-западная часть Тихого океана характеризуется чередованием хребтов и осадочных бассейнов, возникших в результате крупных геологических событий, начиная с фрагментации Гондваны. Хотя топографические хребты были драгированы, бассейны между этими хребтами остаются плохо изученными из-за отсутствия прямого отбора проб. Анализ большого объема данных многоканальной 2D сейсморазведки бассейнов Нортленд и Таранаки позволил увязать сейсмические стратиграфические подразделения и несогласные напластования, образовавшиеся во время последовательных деформационных событий в регионе. Определено пять этапов в геологической эволюции бассейна Рейнга. Первый этап заключался в расширении, которое привело к созданию крупных сбросовых структур северо-западного простирания. Во время второго этапа процессы затихали, вероятно, с позднего мела до позднего эоцена. Сжатие в позднем эоцене (третий этап) привело к поднятию и эрозии хребтов Западного Норфолка и Рейнга и отложению обломочного материала в центре бассейна Рейнга. Авторы расценивают этот этап как связь с образованием зоны субдукции Тонга-Кермадек, прежде чем она мигрировала к востоку от бассейна Рейнга. С олигоцена до раннего миоцена происходило региональное погружение (четвертый этап), приведшее к затоплению структур, образовавшихся во время третьего этапа. Поднятие хребта Ванганелла в северо-западной части бассейна Рейнга произошло в конце раннего миоцена (пятый этап). Эта модель геологической эволюции обеспечивает отличную основу для дальнейшей разведки нефти в регионе.

P. Kasza, M. Czupski, G. Lesniak, P. Budak, J. Zalewska (Польша) в докладе «Тестирование петрофизических параметров пород-коллекторов – ключевой фактор для выбора эффективных технологий воздействия на продуктивный пласт – тематическое исследование» представили результаты лабораторных исследований по технологии воздействия на угленосные породы – микритовые и органогенные известняки, которые в основном состоят из кальцита, доломита, пирита и ферритовых гидроксидов. В первую очередь были проанализированы результаты матричной кислотной обработки и кислотного гидроразрыва. Из-

мерены образцы керн пород-коллекторов. Помимо оценки пористости и проницаемости, выполнены компьютерная микротомография и анализ шлифов. Затем образцы были подвергнуты различным тестам с использованием рабочих жидкостей для воздействия на продуктивный пласт. Зафиксированы гидродинамическое давление, скорость потока, объем впрыска жидкости. После завершения процесса моделирования кислотной обработки образцы керн были повторно протестированы с целью оценки их петрофизических свойств, включая пористость и проницаемость. Вновь были проведены компьютерная томография и анализ шлифов. Сравнение с результатами первых испытаний позволило оценить эффективность различных рабочих жидкостей. Удалось установить механизм воздействия при проникновении жидкости в породы-коллекторы и глубину этого проникновения. Анализ шлифов и компьютерная томография оказались эффективными инструментами для оценки технологий воздействия на продуктивные пласты и позволили выбрать лучшие технические параметры воздействия на пласт. Использованы методы анализа порового пространства, которые могут быть полезными в выборе лучшей технологии воздействия.

A. O. Ramirez, P. Blystad, E. Gillebo, I. H. Madland, K. Ofstad и G. V. Soiland (Норвегия) в докладе «Неразведанные ресурсы нефти на норвежском континентальном шельфе» (NCS) привели методологию и изменения в оценке прогнозных ресурсов в соответствии с обновленными данными на норвежском континентальном шельфе, разделенном на три региона: Северное, Норвежское и Баренцево моря.

В последние годы отмечается активность исследований на NCS, обширная сейсмическая съемка и большое количество разведочных скважин. Поддержание высокого уровня исследовательской деятельности необходимо в ближайшие годы с целью уточнения потенциала прогнозных ресурсов, новых перспективных открытий.

Одна из наиболее важных задач Норвежского нефтяного директората (NPD) – получение оценок прогнозных ресурсов на норвежском континентальном шельфе. Разумное управление нефтяными ресурсами требует знания их общего объема. Сегодня NPD имеет доступ ко всем нефтяным данным континентального шельфа и обладает лучшей основой для создания независимого и квалифицированного расчета общего ресурсного потенциала.

J. Russel-Houson, A. G. Sherman, K. Gray и P. Putnam (Канада) в докладе «Сокращение проблематичности и оптимизация развития супергигантского карстового карбонатного месторождения битума: формаций Гросмонт, Альберта, Канада» дают оценку битуминозности карстового карбонатного коллектора. Верхнедевонская формация Гросмонт в северо-центральной части штата Альберта вмещает месторождения с карстовым карбонатным типом коллектора, содержащее 406 млрд баррелей битума. Предыдущими исследованиями резервуар исторически рассматривался как гетерогенный, как плохой кандидат для применения тепловых методов извлечения. Этот взгляд основывался на более ранних исследованиях, для которых характерен невысокий выход керн, низкая технологическая оснащенность каротажных работ и большое расстояние между скважинами, плохой сейсмический контроль и ограниченный диапазон методов оценки извлекаемости и технологий теплового извлечения.

Современный поисковый набор средств включает 3D высокочувствительную сейсморазведку; каротаж; данные горизонтальных скважин; детальные исследования керн, в том числе КТ-сканирование и определение обводненности; передовые петрофизические, в том числе каротаж методом сопротивлений; ядерный магнитный резонанс и композиционное сканирование; методы интерпретации условий осадконакопления и диагенетических преобразований резервуаров; технологию парагравитационного воздействия (SAGD). Прогнозирование коллекторских свойств является основным требованием для оптимизации SAGD-добычи. Сейсмическая обработка и инверсия позволяют прогнозировать латеральные неоднородности пласта, такие как карстовые обвалы, а в сочетании с другими методами наблюдения и анализа принимать решения по пористым коллекторам сложного типа, где преобладают вертикальные разломы. Проведенные работы позволили нанести на карту латеральное распространение коллектора на площади более чем 135 км² со средними значениями пористости 21%, с нефтенасыщенностью 84% и эксплуатационной мощностью 27 м. Набор средств и рабочий процесс привели к созданию проекта разработки методом

предварительного парагравитационного воздействия с ожиданием скорого первого коммерческого освоения этого гигантского источника ресурсов.

Канадские специалисты M. Fustic, B. Bennett, T. Oldenburg, H. Huang и S. Larter в докладе «Месторождение битуминозных песков Атабаски: нефтенасыщенность резервуара, улавливание и биодеградация: новые идеи о процессах и разработках с выводами о развитии резервуара» представили результаты исследований битуминозных песков месторождения Атабаска — одного из крупнейших скоплений нефти в мире. Месторождение содержит около 1,7 трлн баррелей очень сильно биодеградированной нефти с плотностью от 6 до 10 градусов API.

После качественного и количественного анализа молекулярного состава битума (биомаркеров) в рамках подробной седиментологии резервуара и бассейна в целом получены новые сведения о нефтяной системе. Данные ясно показывают убедительные признаки межблоковых процессов накопления и улавливания нефти (заполнения и разлива), а разный состав и вязкость обусловлены разной степенью биодеградации. Кроме того, интерпретация взаимосвязи во времени и пространстве условий осадконакопления и анаэробной биодеградации предполагает, что верховодье и другие высоководонасыщенные зоны связаны с формированием и последующим истощением газовых шапок, вероятно, происходящих из-за микробиальной генерации газа, которая следовала после образования нефтяных ловушек.

Предполагается, что изучение трактовки исходных данных седиментологических и геохимических вариаций позволяет картировать и прогнозировать независимо от величины газовых шапок зон распространения верхних вод, зон высокой водонасыщенности и низкой битуминозности при удаленном контроле скважин, а также прогнозировать изменения свойств битумов по всему резервуару. Геохимические данные комплексных базовых исследований являются мощным инструментом для выявления боковых блоков и барьеров/экранов в вертикальном движении флюидов; они могут быть применены также и при оптимизации горизонтальных скважин при производстве и добыче, включая оценку роста паровой камеры при разработке битуминозных песков.

A. Li, J. Zhang и Q. Cui (Китай) исследовали роль разрывных нарушений формации Янчанг, восточной части бассейна Ордос, на формирование углеводородных залежей. Исследования ядра скважин и каротажа, а также их продуктивности и гидродинамических свойств показали, что существует множество горизонтальных поверхностных нарушений между границами песчаников и аргиллитов в нефтяных залежах формации Янчанг на востоке бассейна Ордос. А вертикальные трещины нарушения Chang 6 распространены в основном в уплотненных песчаниках и не проникают в аргиллиты. Эти горизонтальные и вертикальные трещины состоят из комбинаций, напоминающих по форме букву Н, развернутую на 90°. Также установлено, что основное количество воды сосредоточено на границе раздела песок—глина, меньше в песчанике. Предполагается, что горизонтальные разломы имеют большее влияние на нефтегазовую миграцию в сравнении с вертикальными. Явление нефте- и газоносности на поверхностях разломов обнаружено по керну. Большое количество царапин установлено на контакте песок—глина, что указывает на то, что поверхность контакта наклонна и скользит. Высокое значение сопротивления, повышенные значения гамма- и акустического каротажа характерны для поверхностей нарушений. Более высокий дебит может быть получен вблизи них при эксплуатации скважин. Установлено, что обилие поверхностей разрывных нарушений играет важную роль в нефтегазонакоплении, миграции и освоении залежей нефти и газа в плотных песчаниках.

Геологами из США T. Menotti, S. Graham и J. M. Moldowan на основе 3D моделирования изучен бассейн Салинас (Калифорния). Это кайнозойский бассейн, содержащий нефтяные системы, со сдвиговыми нарушениями определяемыми нефтематеринскими миоценовыми породами формации Монтерей с запасами нефти 0,5 млрд баррелей. Несмотря на долгую историю добычи нефти, осложнения, связанные со сдвиговыми нарушениями нефтеносных отложений, до конца не изучены. Установлено, что, начиная с позднего миоцена, депоцентр нефтематеринских пород расчленен сдвиговыми нарушениями, связанными

с системой разломов Сан-Андреас. Поэтому западная часть депоцентра сейчас находится в 40 км к северу от его юго-восточной части. Неогеновые сдвиговые нарушения депоцентра требуют 3D моделирования, чтобы определить роль бокового смещения материнских пород в формировании современного нефтяного месторождения. Существует только одно гигантское нефтяное месторождение в бассейне в отличие от шести, где производится менее 1 тыс. баррелей нефти. Исследования поясняют бимодальное распределение размеров залежи нефти и позволяют рассмотреть роль сдвиговых нарушений в развитии нефтегазовой системы с помощью 3D моделирования бассейна.

Использованы программное обеспечение PetroMod для бассейнового моделирования и анализ биомаркеров нефти, что позволило представить новую методологию реализации сдвиговых перемещений в 3D моделях. Включение сдвиговых нарушений в 3D модели является новым методом реализации сдвиговых перемещений. Созданные 3D модели раздвигают пределы обычного рабочего процесса моделирования бассейна. Они демонстрируют историю генерации первичной и вторичной миграций нефти, что указывает на возможные условия накопления и распределения углеводородного материала. Высокая степень биодеградации нефти в резервуаре с содержанием 28, 30 бисноргопана и 25, 28, 30 трисноргопана указывает на увеличение термической зрелости нефти с юга на север.

М. Fitzell и А. Group (Австралия) в докладе «Нетрадиционные ресурсы нефти – старые бассейны, новые идеи» дали оценку возможностей промышленного извлечения и использования сланцевого газа.

Поиск извлечения нетрадиционных ресурсов нефти требует смены парадигмы оценки нефтяного потенциала осадочных бассейнов. Новейшие разработки в области технологий теперь позволяют производить добычу газа из ловушек в низкопроницаемых коллекторах. Нефтегазоматеринские породы рассматриваются как резервуары.

В Квинсленде газ угольных пластов будет основой для экспорта сжиженного природного газа, пока же разведка газа в плотных породах и сланцевого газа еще только начинается. Требуется оценка нетрадиционных ресурсов углеводородов бассейнов Квинсленда для подсчета потенциальных ресурсов штата и проведения разведки в будущем.

Квинсленд имеет ряд осадочных бассейнов, их возраст от среднего протерозоя до четвертичного периода. Индикаторы нефти и газа в сланцах, аргиллитах, песчаниках и известняках зафиксированы во многих бассейнах как перспективные на нетрадиционные углеводороды. Обзор ключевых параметров, делающих геологическую структуру привлекательной как целевой источник нетрадиционных ресурсов нефти, позволил определить потенциал резервуаров газа в плотных породах, сланцах и пластах угля в нескольких бассейнах Квинсленда, включая бассейны Купера, Мэриборо, Эроманга, Адавэйл, Джорджина и супербассейн Маунт-Айза.

Оценка потенциала этих формаций дается с целью определения потенциальных «сладких точек», на которые будет нацелена разведка. Количество и разнообразие этих целей подчеркивает высокий потенциал Квинсленда как источника нетрадиционных ресурсов нефти.

Q. Luo и C. Xiang (Китай) представили реконструкцию процессов формирования нефтяного резервуара на основе результатов сейсмической инверсии и анализа сейсмических данных.

Расширенная сейсмическая инверсия (включающая инверсию до суммирования и после суммирования) и анализ сейсмических данных позволяют получить не только точную информацию о структуре, разломах и качестве пласта, но и конкретную информацию о распространении нефтематеринских пород, свойствах флюидов (нефть, газ, вода) и их сравнительном обилии. Геологическая информация, полученная при разведке углеводородов, особенно сопровождаемая данными бурения, дополнена результатами исследований сейсмического профиля и сейсмической инверсии. Процессы миграции и накопления углеводородов могут быть реконструированы на основе парного анализа процессов захоронения и тектонической эволюции, выявленных посредством метода сглаживания сейсмической толщи. Метод применяется для разведки углеводородов в Восточно-Китайском

море. Результаты сейсмической инверсии показывают, что скорость в аргиллитах < 2800 , в то время как в песчанике > 2800 м/с. Посредством сейсмической инверсии выявлено пространственное распространение нефтематеринских пород и песчаного резервуара. Отношения между песчаным резервуаром и степенью зрелости нефтематеринских пород проанализированы, чтобы оценить, есть ли путь в системах между нефтематеринскими породами и коллектором. Наконец, вероятная история формирования резервуара, миграции углеводородов и процессов накопления использованы для оценки возможного риска бурения. Высокий дебит получен из всех спроектированных скважин. Смежное изучение геофизических и геологических данных является эффективным способом для оценки процессов миграции углеводородов и их накопления.

C. Xiang, X. Pang, H. Yang, L. Liu, J. Wang (Китай) представили исследования дифференциальной миграции и накопления углеводородов в карстовом карбонатном коллекторе восточного склона Луннанского поднятия Таримского бассейна.

Разнородное распределение углеводородов в карстовых карбонатных коллекторах (ККК) способствует лучшему пониманию процессов миграции и накопления углеводородов (МНУ). Типичный неглубокий ККК разработан в зоне восточного склона (ЗВС) Луннанского поднятия Таримского бассейна в Северо-Западном Китае. Углеводороды установлены главным образом над горизонтальной вадозной зоной (ГВЗ) погружения водонефтяного контакта (ВНК) восточного направления. Газ накапливается в восточной нижней части, в то время как нефть – в западной верхней части ЗВС. Процессы МНУ в системе поры – трещины – нарушения (СПТН) проанализированы на основе хорошо известной модели карстообразования:

- углеводороды должны сначала заполнить ближайшую ловушку, которая формируется за счет капиллярной разности давлений между вмещающими породами и СПТН, а затем мигрировать дальше для заполнения других ловушек на своем пути;

- газ обогащен вблизи зоны наполнения углеводородами, нефть и вода отогнаны;

- ВНК контролируется латерально связанными СПТН, водонасыщенностью, нарушениями пласта. Латеральная ГВЗ контролирует макроскопическое распределение пространства ВНК;

- установлено, что ВНК будет «прыгать» вверх или вниз по отношению к ГВЗ при встрече с разломом или вертикальной карстовой впадиной. Дифференциальная миграция и накопление углеводородов указывают, что структура СПТН, структура зоны наполнения и процессы миграции и накопления являются тремя важнейшими факторами, контролирующими распределение углеводородов.

Основные и наиболее важные вопросы современной нефтегазовой геологии, поставленные на МГК:

- генезис нефти газа, изучение происхождения углеводородов на основе как классических, так и альтернативных моделей;

- глобальные пространственно-стратиграфические закономерности распределения и локализации залежей УВ в земной коре с разработкой методов прогнозирования нефтегазоносности недр и количественной оценки нефтегазоносности территорий;

- нетрадиционные источники УВ сырья и поиск технологических решений.

Значительное внимание было уделено изучению коллекторов на больших глубинах и вопросам о нетрадиционных коллекторах. Анализ докладов и дискуссий по данной тематике показал, что в ближайшие годы исследования в области нефтегазоносности больших глубин будут концентрироваться вокруг следующих вопросов:

- разработка методов прогноза фазовых состояний и соотношений УВ в различных термодинамических обстановках на крупных нефтегазовых бассейнах;

- изучение закономерностей распространения и разработка методов прогноза коллекторов в этих бассейнах на больших глубинах;

- обобщение и анализ материалов по нефтегазоносности доплитных (переходных, тафрогенных и авлакогенных) комплексов;

- изучение петрографических и геодинамических факторов, способствующих формированию коллекторов в плотных, в том числе в эффузивных и интрузивных породах.

Большинство докладов сделано на высоком научном уровне, многие из них содержали конкретные предложения, направленные на обнаружение и оценку углеводородного потенциала. Наряду с традиционно активным участием делегатов из промышленно развитых стран (США, Канада, Германия, Австралия и др.), значительно вырос вклад учёных из развивающихся стран (Индия, Мексика, Нигерия и т. д.). Весьма содержательные доклады представили специалисты из Китая.

Самый острый интерес вызвал вопрос о запасах УВ на Земле. Большинство делегатов разделяет оптимизм в отношении обеспечения человечества углеводородным сырьём в будущем.

Работа секции показала, что, помимо традиционных поисков нефти и газа в крупных осадочных бассейнах суши и шельфовых морей, наметились тенденции к усилению геологоразведочных работ на нефть и газ в складчатых областях и шельфовых зонах акваторий.

Уран. Доклады по различным аспектам урановой геологии подготовлены и представлены специалистами разных стран, прежде всего Австралии, а также Китая, Индии, Южной Кореи, Канады, Шри-Ланки, России на следующих секциях: геология рудных месторождений, технология, геофизика и гидрометаллургия; проявления минерализованных систем: новые концепции и данные для разведки месторождений полезных ископаемых; учение о разведке полезных ископаемых; руды, размещающиеся в вулканитах и осадочных бассейнах (Fe, Zn-Pb, Cu, Au); железооксидные медно-золотые месторождения (IOCG), несчастливое семейство; месторождения металлических полезных ископаемых: эпизоды, скопления металлов, связь с геодинамическими процессами; региональная металлогения, генезис руд; гигантские и супергигантские рудные месторождения.

Доклады можно разделить на три группы:

- региональные, посвященные вопросам пространственно-временных закономерностей формирования уранового оруденения и ресурсного потенциала урана различных стран;
- касающиеся характеристики различных рудно-формационных типов урановых месторождений;
- раскрывающие вопросы методики изучения месторождений.

Региональные доклады. Доклад «Металлогеническое районирование на уран и ресурсный потенциал Китая» (Z. Li, исследовательский институт урановой геологии, Beijing, Китай) посвящен характеристике основных типов уранового оруденения Китая, вопросам его металлогенического районирования и ресурсного потенциала.

Основные типы уранового оруденения Китая:

- гидротермальный (жильный), объединяющий гранитный и вулканический подтипы;
- магматический, включающий пегматоидный и щелочной подтипы;
- тип континентальных фаций, подразделяющийся на песчаниковый, аргиллитовый и угольный подтипы;
- тип морских фаций, включающий черносланцевый и фосфоритовый подтипы.

Наибольший вклад в ресурсный потенциал вносят гидротермальный (жильный) и песчаниковый типы. Показана связь урановой минерализации с тектоникой и магматизмом. Стабильные и крупные древние кратоны или континентальные блоки характеризуются слабой урановой минерализацией с возрастом 1900 млн лет. Интенсивные и крупномасштабные геотектонические события, а также магматизм мезо-кайнозойского времени привели к возникновению U, W, Sn, Nb, Ta, Sb, Cu, Pb, Zn концентраций с возрастом 120–60 млн лет. Древние магматические породы могут выступать в качестве источника для других типов уранового оруденения, в частности для песчаникового типа. Урановорудные объекты локализуются в пределах тектонических поднятий или их окраинных частей и контролируются региональными разломными зонами. Проведено металлогеническое районирование территории Китая с выделением четырех крупных урановорудных провинций (рис. 30), десяти зон, 48 районов и поясов (рис. 31).

Перспективы Китая на уран связаны, по мнению автора, с хорошим ресурсным потенциалом на глубине; глубина разведочных работ в Китае меньше 500 м, в то время как в других странах (Россия, Южная Африка, Канада и Германия) она достигает 2000 м

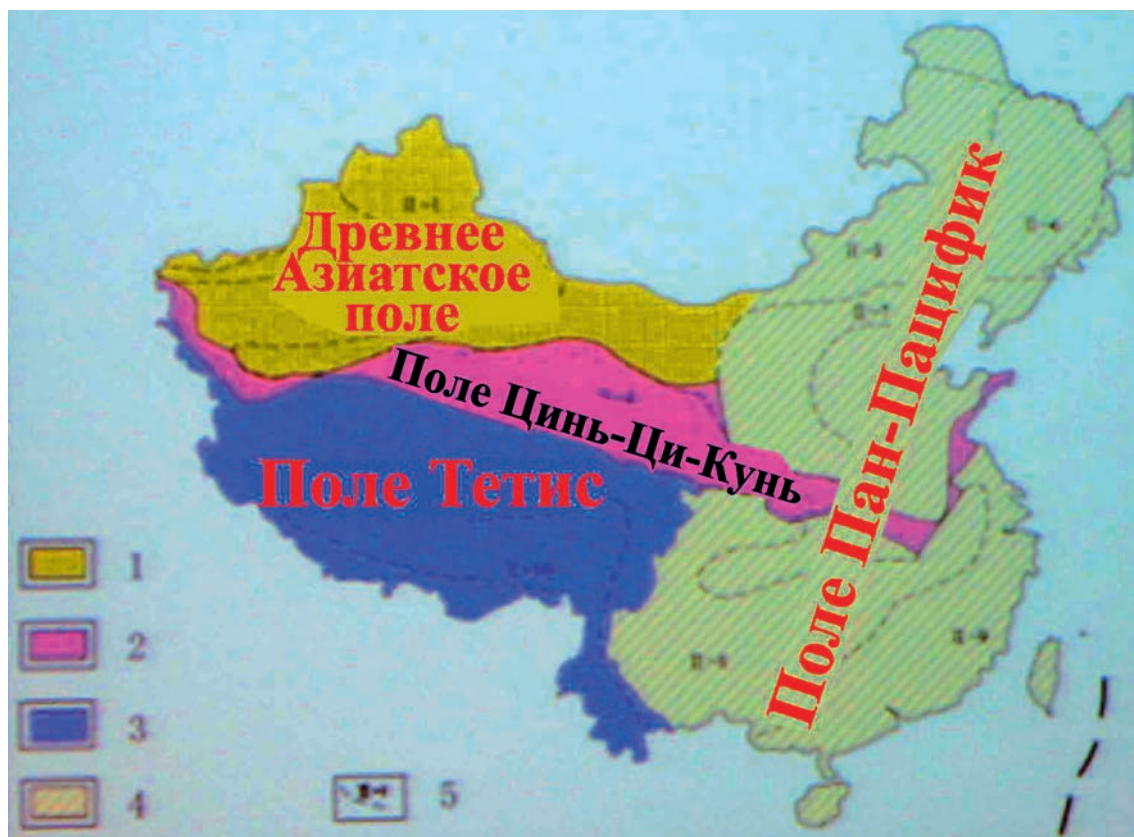


Рис. 30. Металлогеническое районирование территории Китая

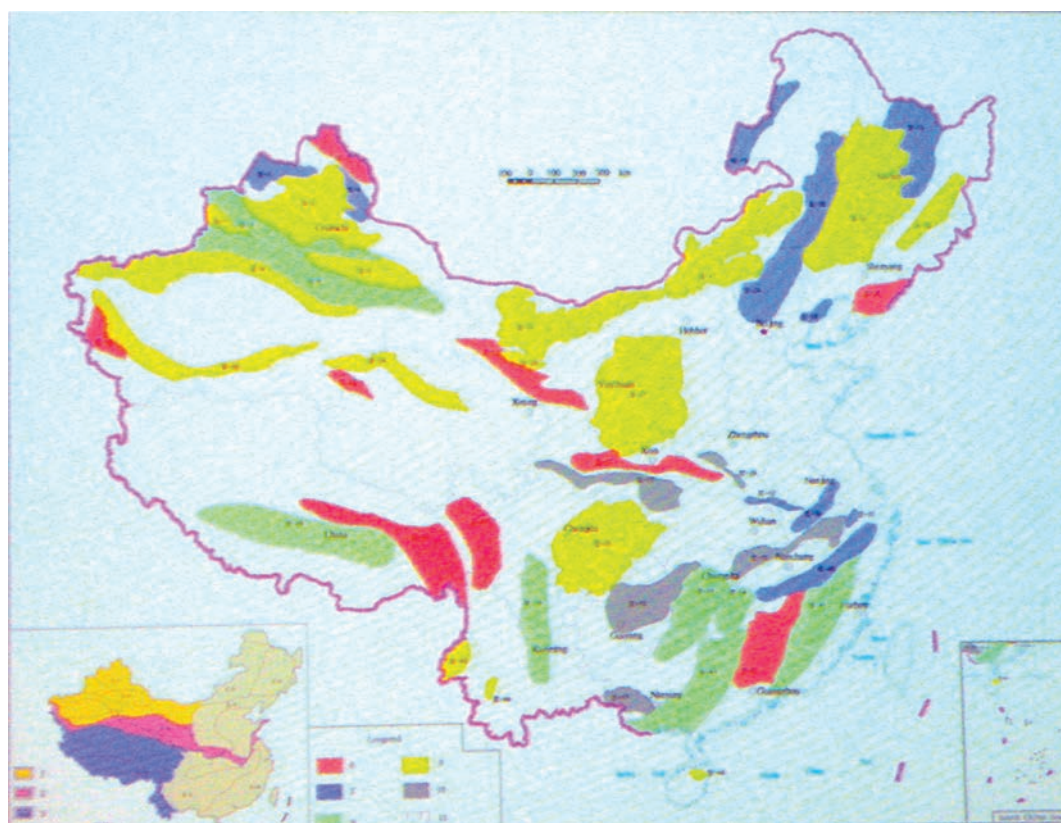


Рис. 31. Урановорудные провинции, районы и пояса Китая

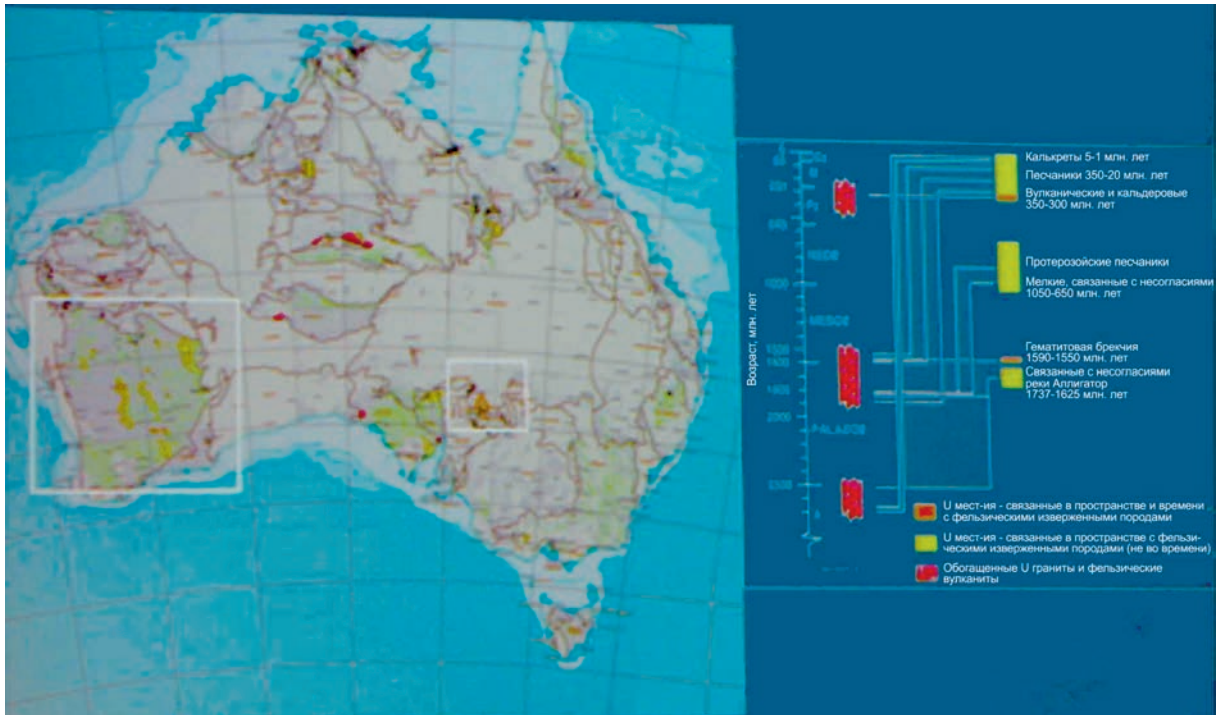


Рис. 32. Площади распространения кислых вулканических пород, Австралия



Рис. 33. Обогащенные ураном кислые породы регионов Северный и Южный (Lake Frome region), Австралия

с потенциалом вблизи уже известных урановых месторождений, с обширными территориями (примерно 6,2 км²), с низкой степенью проведенных разведочных работ или вообще не охваченных прогнозными на уран исследованиями, с урановым ресурсом, определяемым рудными объектами таких рудно-формационных типов, где уран не выступает в качестве ведущего компонента (фосфорный, черносланцевый, алевролитовый и др.), с технологическим прогрессом, который позволяет «неэкономическим ресурсам» становиться экономическими, а также высокой ценой на уран. С 2001 г. все большее количество инвестиций вкладывается в разведку урана в Китае, Монголии, других странах, что может привести к открытию новых месторождений.

Большая часть докладов посвящена вопросам металлогении, уранового потенциала Австралии. И это не случайно. Как было показано в докладе «Почему Австралия имеет так много урана: металлогения, поиски и минеральный потенциал урановых минеральных систем» (S. Jareth, A. Schofield, I. Lambert; Геонаука Австралии), Австралия содержит 35% мирового ресурса урана и вносит весомый вклад в мировой урановый потенциал.

Помимо таких благоприятных для формирования урановых месторождений геологических условий, как наличие интракратонных осадочных бассейнов, Австралия обладает обогащенными ураном кислыми магматическими, вулканогенными горными породами, охватывающими обширный возрастной диапазон и широко распространенными в пределах страны (рис. 32). Большинство известных урановых месторождений ассоциировано именно с такими породами (рис. 33).

Во время формирования минеральных систем, тесно связанных с обогащенными ураном кислыми магмами (например, месторождение Олимпик-Дам), большинство других систем – результат проявления наложенных низкотемпературных процессов, происходящих в непосредственной близости к областям развития этих пород.

Примерно 90% месторождений урана Австралии относится к двум основным типам: комплексные железистоокисные месторождения с ураном (75%) и месторождения типа несогласия (16%); значительные ресурсы урана связаны с месторождениями песчаникового (5%) и конгломератового типов (рис. 34). Урановые месторождения, ассоциированные с ортомагматическими и гидротермально-магматическими урановыми системами, не характерны для Австралии.



Рис. 34. Ресурсный потенциал урановых месторождений разных типов в Австралии



Рис. 35. Олимпик-Дам – пример железо-золото-медных с ураном месторождений

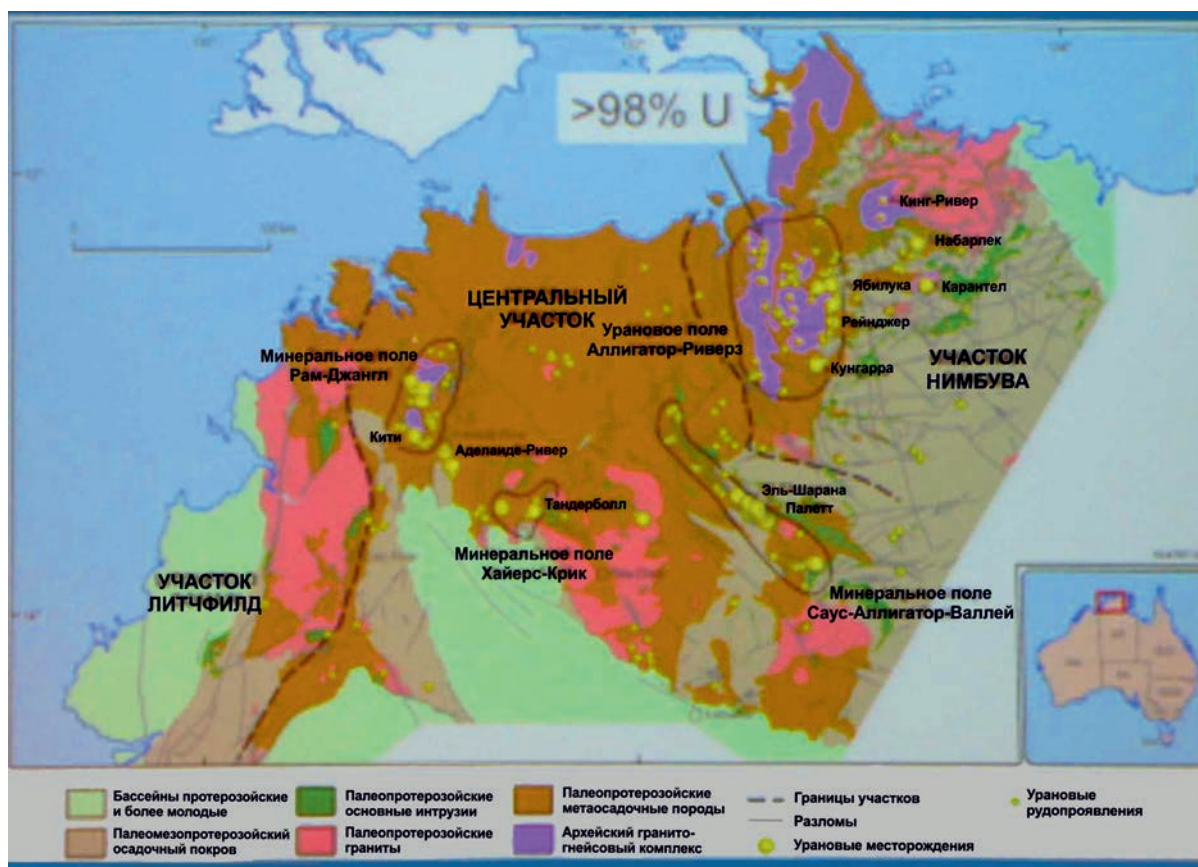


Рис. 36. Площади развития месторождений типа несогласия: ороген Пайн-Крик

В докладе S. Jareth и др. охарактеризованы некоторые типы урановых месторождений. На вопрос, является ли Олимпик-Дам урановым месторождением, автор отвечает и «да», и «нет». Месторождение содержит 9,3 млн т руды, U_3O_8 230 ppm (2,4 млн т) (Россинг в Намибии более 340 ppm U_3O_8). Содержание золота 0,32 г/т (ресурс 3000 т Au); меди 0,88% (ресурс 2,4 млн т Cu) (рис. 35).

Вторыми по значимости являются месторождения типа несогласия, рассмотренные на примере месторождений группы ороген Пайн-Крик (рис. 36), локализованных в палеопротерозойских осадочных бассейнах вблизи пород комплекса древнего фундамента.

Перспективы наращивания ресурсного потенциала урана связаны также с палеорусловым типом уранового оруденения; известен целый ряд урановых объектов, относимых к этому типу (Lake Frome region, Lake McKay, York Peninsula, Ngalia Basin и др.). Кроме того, ведется активная разработка калькретового типа уранового оруденения.

Учитывая наличие комплекса поисковых критериев и признаков обнаружения уранового оруденения разных типов в пределах различных регионов Австралии, остается значительный потенциал открытия новых месторождений, хотя объем современных разведочных на уран работ явно недостаточен.

Рудно-формационные типы уранового оруденения. Помимо докладов, касающихся вопросов региональной металлогении урана разных регионов, на конгрессе были представлены доклады, посвященные характеристике урановых и комплексных с ураном месторождений различных рудно-формационных типов.

Альбититовый тип. Доклад «Открытие скрытого уранового месторождения Один альбитового типа» (J. Jory, Mount Isa, Квинсленд, Австралия) включал характеристику геологической позиции, тектонических, гидротермально-метасоматических особенностей месторождений альбититового типа (на примере месторождений Валгалла и Один). Месторождения Валгалла и Один представляют собой единую трехкилометровую минерализованную систему, контролируемую зонами глубинных разломов (рис. 37), содержащую 93,6 млн фунтов U_3O_8 со средним содержанием U_3O_8 0,075%, что позволяет включить его в пятерку крупнейших урановых месторождений Австралии (рис. 38).

Существенно, что изучение этого месторождения позволяет выработать новые концепции разведки урановых объектов, скрытых под осадочным чехлом в регионе Ice North. Месторождения Валгалла и Один, относящиеся к альбититовому типу, находятся в урановом районе Ice North и размещаются среди крутопадающих метабазальтов и металевролитов протерозойских вулканических пород восточного Creek. Регион Ice North содержит более 100 урановорудных объектов, изучающихся с 1954 г.

Месторождения характеризуются сильными хрупкопластичными деформациями, выражающимися в рассланцевании и брекчировании, альбит-кальцит-доломит-гематит-магнетит-хлорит-рибекитовыми изменениями, обогащением U, V, Na, Ca, Sr, Zr, Cr и P, выносом K, Rb и Cs. Месторождение Один, открытое в 2010 г., – первое «слепое» урановое месторождение в регионе. Оно перекрыто покровом коллювиальных и сапролитовых отложений мощностью от 3 до 8 м, не охарактеризованных радиометрически. Геохимические исследования, проведенные после буровых работ на месторождении Один, включающие отбор проб почв из мелких 40-сантиметровых скважин, и анализ методами ICP-MS MMI привели к выявлению верхних частей месторождения. Геофизические исследования и исследования радона были безуспешны. Моделирование магнитной инверсии обеспечило хорошие признаки геометрии и глубины месторождения (рис. 39).

Вулканогенный тип. Характеристика урановых месторождений вулканогенного типа приведена в докладе «Урановая минерализация, связанная с мезозойским вулканизмом в Восточном Китае» (X. Liu, Лаборатория ядерных ресурсов и охраны окружающей среды, Министерство образования; J. Wu, J. Pan, M. Zhu, R. Wu (Пекинский технологический институт, Фучжоу, Цзянси, Китай).

В Восточном Китае имеется семь мезозойских вулканических поясов, вытянутых в субширотном направлении и характеризующихся различным геологическим строением. В направлении с севера на юг размещаются вулканические пояса Erguna, Daxinganling,

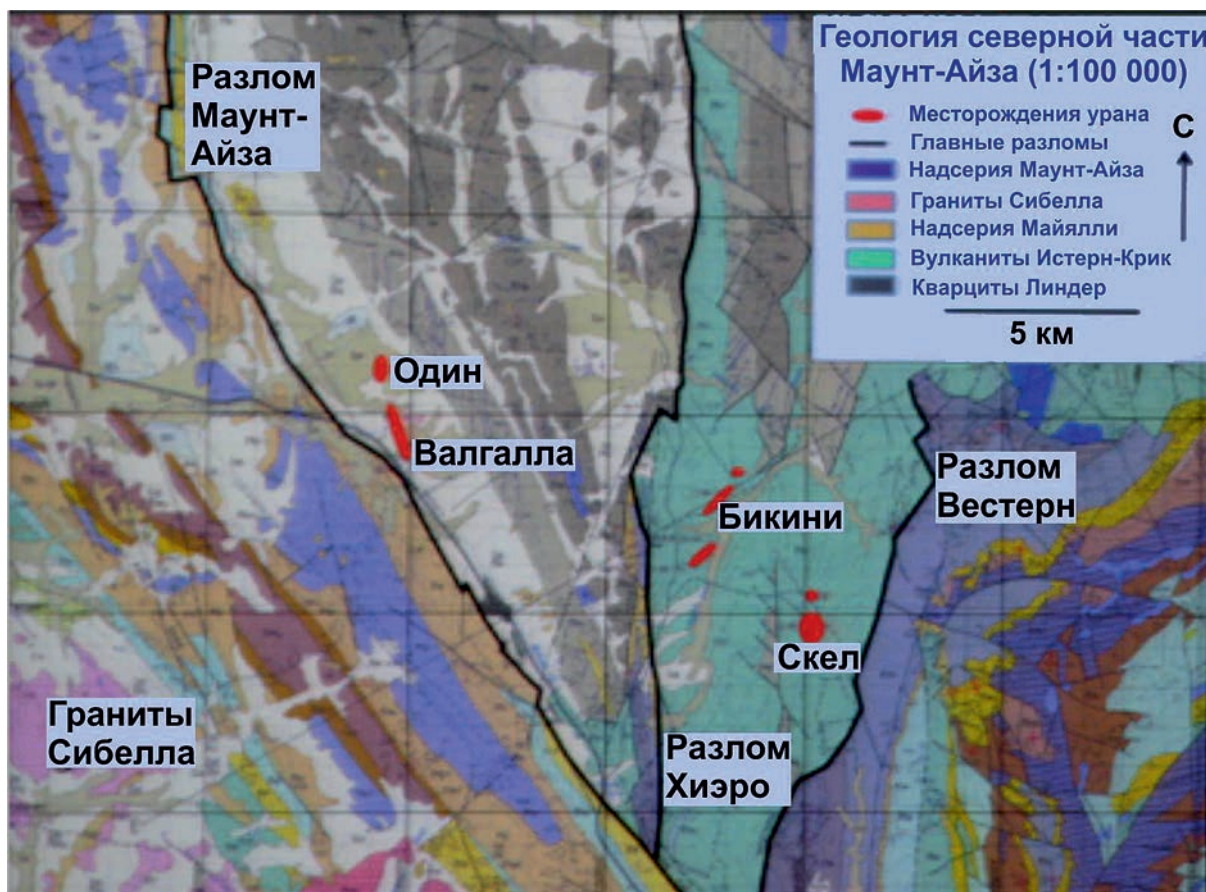


Рис. 37. Схема геологического строения района месторождений Валгалла и Один

Ранг	Шахта или месторождение	Общие ресурсы U_3O_8		Содержание U_3O_8 %
		т	млн фунтов	
1	Олимпик-Дам	2 792 100	6 142,6	0,027
2	Ябилука	141 640	311,6	0,49
3	Рейнджер	132 000	290,4	0,08
4	Йелирри	52 500	115,5	0,52
5	Валгалла и Один	42 566	93,6	0,075
6	Беверли	32 000	70,4	0,33
7	Фор-Майлз	31 700	69,7	0,33
8	Кинтир	28 000	61,6	0,49
9	Мулга-Рок	27 100	59,6	0,06
10	Моунт-Джи	26 900	59,2	0,063
11	Вестморленд	23 590	51,9	0,085

Рис. 38. Ресурсный потенциал урановых месторождений Австралии

Yanliao, средняя и нижняя реки Yangtze, Ganhang, Nanling и юго-восточный береговой вулканический пояс.

Урановые месторождения, связанные с вулканическими поясами и кальдерами, остаются наиболее важными в регионе. Это урановое рудное поле Xiangshan и др., выявленные в вулканических поясах Ganhang и Nanling, где урановая минерализация тесно связана с трахитовыми и шошонитовыми породными ассоциациями с возрастом 100–142 млн лет.

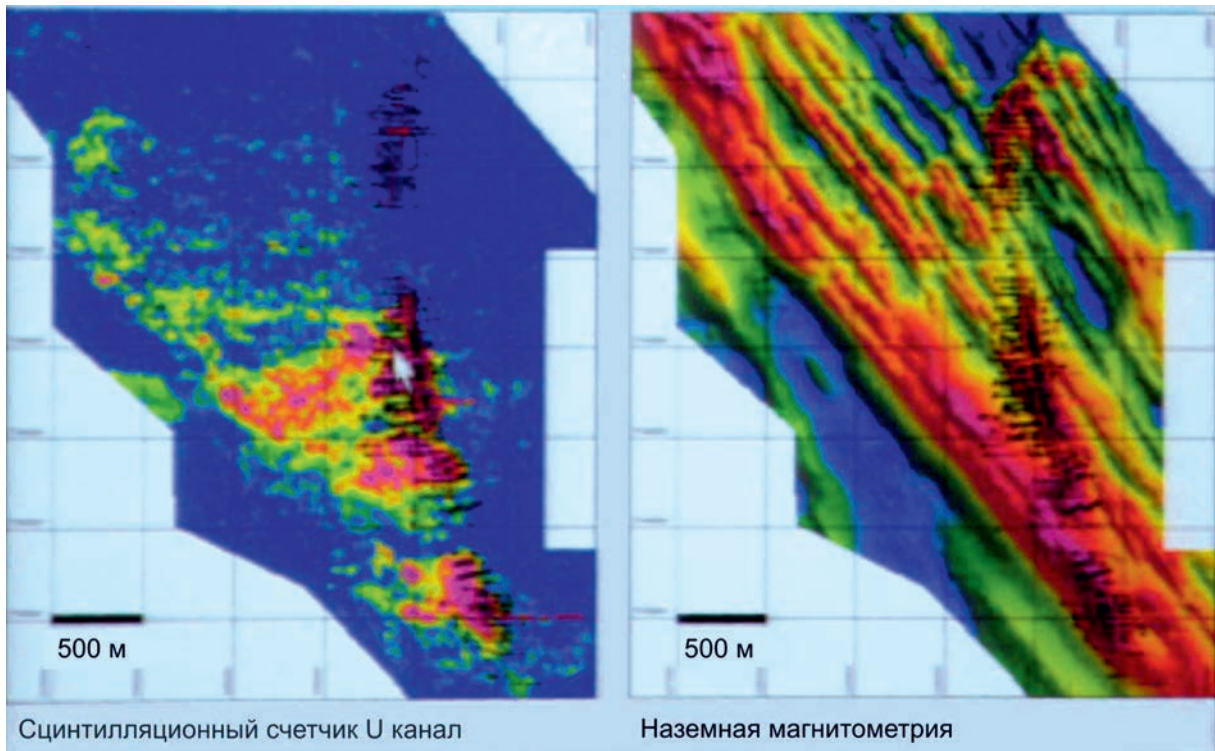


Рис. 39. Месторождения Валгалла и Один в геофизических полях

Урановая минерализация, ассоциированная с вулканизмом в Восточном Китае, вероятно при расширении литосферы и утолщении земной коры. В Ganhang и Nanling вулканических поясах выявлены два типа урановой минерализации: эпитермальный и гидротермальный. Отличная от типично жильного эпитермального типа урановой минерализации с возрастом менее 100 млн лет гидротермальная минерализация, обычно с возрастом больше 100 млн лет, представлена вкрапленными/штокверковыми рудами с относительно низкотемпературными изменениями и минеральными ассоциациями, например глинистые изменения. Детальные исследования на Sr-Nd-Pb изотопы из базальтов указали на EM II тип литосферной мантии в мезозойскую эпоху в Nanling и Ganhang вулканогенных поясах и EM I тип в поясе средней и нижней реки Yangtze. EM II тип литосферной мантии рассматривается как один из важных предварительных условий для регионального обогащения урана в Восточном Китае.

Палеодолинный тип уранового оруденения рассмотрен в докладе «Палеодолинный тип урановых месторождений: критерии поиска и тематические исследования, проведенные в Австралии и Китае» (В. Hou, ГС Южной Австралии, Коллегия наук о Земле, Китай), В. Michaelsen, A.J. Fabris, J. Keeling (ГС Южной Австралии, Коллегия наук о Земле, Китай) и Z. Li (Научно-исследовательский институт урана, Китай).

В Австралии и Китае разведка и добыча урана составляют значительную часть работ и все более важный сектор добывающих отраслей промышленности. В докладе показаны черты сходства геологических условий урановых минеральных систем палеодолинного типа в различных районах Китая и Австралии, которые могут быть использованы для совершенствования общего подхода к изучению урановых объектов этого рудно-формационного типа. Ресурсы уранового оруденения палеодолинного типа связаны либо с песчаниковыми и приповерхностными месторождениями в пределах палеодолинных отложений, либо с объектами, размещающимися во врезанных в кристаллические породы или в осадочный покров долинами. Урановое оруденение размещается вокруг окраин мезозойских и кайнозойских бассейнов и часто располагается в песках, залегающих вблизи докембрийских пород кристаллического фундамента.

Радиогенные породы (например горячие граниты), окружающие или подстилающие палеодолины, обычно выступают в качестве предполагаемого источника урана. Кроме того, выветрелые породы фундамента в этих регионах изрезаны интенсивной речной деятельностью в мезозое и кайнозое, которая способствовала мобилизации урана в породы чехла. Урановые месторождения палеодолинного типа, как правило, располагаются среди нелигитированных песков или калькретов в грунтах, образовавшихся в континентальных условиях или в условиях прибрежной морской среды. Точные геометрические определения окраины бассейна и архитектуры палеодолин важны для решения разведочных задач и улучшения эффективности бурения. Все это требует интеграции различных научных данных. Для снижения риска стратегия геологоразведочных работ должна сочетать в себе дистанционное зондирование и геофизические технологии с детальным пониманием модели отложения и физико-химических параметров нахождения, мобилизации и отложения урана.

Тип несогласия. По-прежнему живой интерес вызывают доклады, посвященные месторождениям типа несогласия. Доклад «Гидротермальная деятельность в гранитах фундамента, связанная с месторождениями типа несогласия в бассейне Cuddarah, Индия» (J. Thomas, M.C. Pandian, P.K. Thomas, T. Thomas, отдел наук о Земле Пондичерского университета, Индия) и S.J. Chavan (Атомное управление по разведке и исследованиям, Индия), посвящен характеристике структурно-вещественных условий возникновения месторождений этого рудно-формационного типа.

Урановая минерализация размещается в зоне контакта палеопротерозойских гранитов и мезо-неопротерозойского осадочного чехла района Chptrial бассейна Cuddarah. Существует достаточно много доказательств гидротермальной активизации в гранитах, проявляющейся в развитии гидротермальных жил и связанных с ними изменений вмещающих пород в зоне несогласия (от 0 до 5 м ниже поверхности несогласия), поверхностной (от 5 до 100 м) и глубокой зоне (от 100 до 120 м). В гранитах известны четыре типа гидротермальных жил. Хлоритовые жилы распространены во всех трех глубинных зонах; они, как правило, самые древние из всех жил и характеризуются увеличением частоты встречаемости по направлению к поверхности несогласия. Эпидотовые жилы несколько моложе, чем хлоритовые, и часто встречаются в глубокой зоне. Кварцевые жилы отмечаются как в зонах несогласия, так и в близповерхностных зонах. Микронного размера жилы кварц ± мусковит ± иллит ± пиритового состава самые молодые и располагаются в зоне несогласия, которая иногда содержит смолковый настуран ± коффинит ± углеродистый материал. Гидротермальные изменения гранитов обусловили наличие хлорита во всех глубинных зонах, эпидота в глубокой зоне, мусковита обычно в близповерхностных зонах и иллита в зоне несогласия. Кварц из различных по глубине зон содержит два вида водных включений от низкой до умеренной солености (от 3 до 23 мас.% NaCl eq.) и высокой солености (37 до 42 мас.% NaCl eq.) с систематическими изменениями их химического состава, от обогащения Ca-Mg, Mg до Na-K и Th-max в диапазоне от 275 до 1800 °C от глубокой зоны до зоны несогласия. Имеющиеся данные свидетельствуют о том, что гидротермальные растворы переносили U из гранитов комплекса основания флюидными потоками по направлению к поверхности несогласия.

Брекчиевый тип. Интерес вызвал доклад «Брекчирование в минерализованных системах» (A. Ord, B. Hobbs, Центр разведки Земли и окружающей среды, Университет Западной Австралии и D. Lester, CSIRO, Австралия), посвященный термохимическим особенностям месторождений брекчиевого типа на примере изучения минерализованных систем месторождений Олимпик-Дам и Yilgarn. В докладе подчеркнута фундаментальная термодинамическая роль, которую играет брекчирование в процессе развития минерализованных систем. Авторы считают гидротермальные минерализованные системы открытыми для потоков от зарождения до исчезновения. Такие системы поддерживаются в равновесии до тех пор, пока исходное тепло и масса сохраняются. Они проходят несколько стадий в своем развитии. При переходе от одной стадии к другой система в конечном счете переходит в новое устойчивое состояние. Принципы, лежащие в основе этих стационарных состояний системы, описаны и зависят в первую очередь от того, являются ли процессы

экзотермическими или эндотермическими; они также существенно зависят от проницаемости структуры. Такие изменения, как развитие водной фазы, карбонатов, оксидов железа, являются экзотермическими процессами, осаждение сульфидов и силикатов – обычно эндотермический процесс. Брекчирование относится к сильно экзотермическим процессам. Экзотермические процессы (такие как изменения) являются важными, поскольку в них принимают участие термически активированные составляющие. Эндотермические процессы (такие как минерализация), как правило, имеют отношение к закаливанию (охлаждению) системы. Процесс брекчирования является реакцией на энергетические потоки, связанные с этими процессами, и рассматривается как неотъемлемая часть сохранения введенных параметров потока.

Черносланцевый тип. Особенности локализации комплексного уран-ванадий-молибденового оруденения в ордовикских черных сланцах Южной Кореи рассмотрены в докладе «Урановая минерализация Ogchon пояса, Южная Корея» (С. Sennitt (ГС Брисбена, Австралия) и W.J. Kim (геолог-консультант, Республика Корея).

Ресурсный потенциал урана Южной Кореи составляет 134 726 572 т при среднем содержании U_3O_8 0,0314% (рис. 40). Производит 45% электрической энергии на АЭС, планирует довести долю ядерной энергетики до 60% к 2035 г.

При исследованиях 1975–1985 гг. обнаружены многочисленные низкосортные уран-ванадий-молибденовые месторождения в пределах складчато-надвигового пояса Ogchon Южной Кореи. Он вытянут в северо-восточном направлении на 150 км и окружен массивом Kyonggi на северо-западе и массивом Yongnam на юго-востоке (рис. 41). Пояс Ogchon был неглубоким морским геосинклинальным бассейном, который развивался в рифтогенном режиме.

Уран-ванадий-молибденовая минерализация размещается среди графитовых, углеродистых черных сланцев ордовикского возраста. Сланцы характеризуются очень медленной скоростью осаждения в относительно неглубоком эпиконтинентальном море. Такие осадочные признаки, как косяя слоистость, градуированная слоистость, наличие интраформационных

Месторождение	Тонны	Содержание U_3O_8 (%)	Кол-во скважин	Пробурено метров	Содержит U_3O_8 (фунтов)
Чубу (измеренные)	3 271 607	0,0310	198	23 089	2 231 236
Чубу (вероятные)	2 557 060	0,0310			1 743 915
Чубу (возможные)	34 135 000	0,0320			24 031 040
Кымсан	26 202 700	0,0390	38	7 304	22 481 917
Йокванг	27 745 000	0,0270	17	4 135	16 480 530
Сёнгданг	6 320 000	0,0240			3 336 960
Колнами	9 381 577	0,0249	18	4 583	5 139 228
Сорыйонг	7 800 628	0,0190	23	3 918	3 260 663
Самгое	2 175 000	0,0290	22	3 625	1 387 650
Бёун	470 000	0,0310	17	2 369	320 540
Дукпыйонг (пл. А)	8 298 000	0,0410	60	9 613	7 484 796
Хангсунгханг	1 056 000	0,0410	20	2 655	952 512
Йундэйун (пл. В)	1 000 000	0,0410	8	1 045	902 000
Йопыйунг (пл. С)	1 300 000	0,0410	7	1 100	1 001 000
Готтбонг (пл. С)	1 344 000	0,0410	12	1 595	1 212 288
Мивон-Исикри-Юкеурми	1 670 000	0,0340	12	1 791	1 249 160
ВСЕГО	134 726 572	0,0314	452	66 822	93 215 435

Рис. 40. Ресурсный потенциал урана Республики Корея

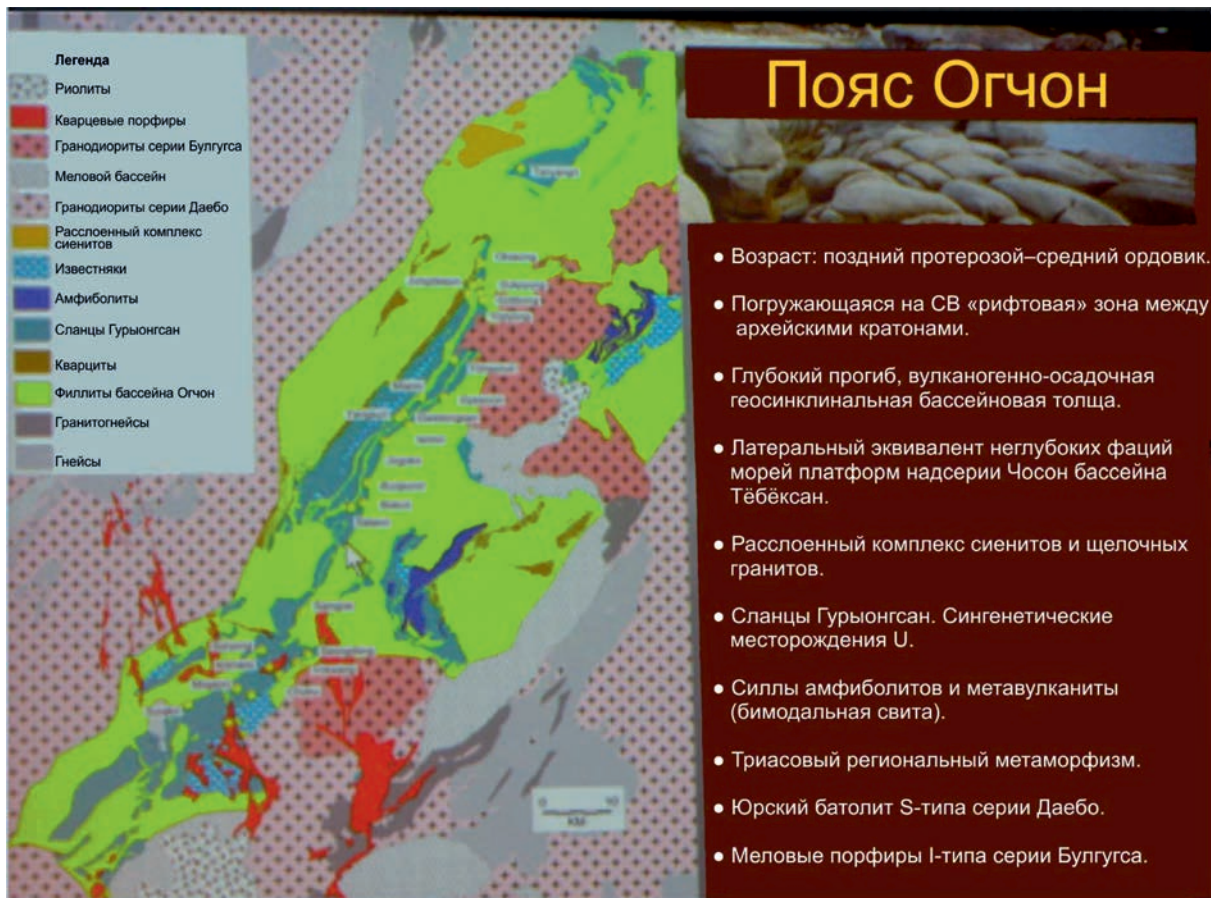


Рис. 41. Схема геологического строения пояса Ogchon (Южная Корея)

конгломератов, соответствуют условиям мелкой морской осадочной среды. Изменения пород выражены силикатизацией, графитизацией, сульфидизацией. Отмечаются жилы кварца, кальцита, хлорита, пирротина и апатита, образующие ореол вокруг очагов минерализации. Основные жильные минералы – графит, кварц, Ва-содержащий полевошпат, серицит, мусковит.

Минералогические и радиометрические исследования показывают, что уран в черных сланцах сформирован синхронно с осадконакоплением. Он характеризуется приуроченностью к обогащенным ураном черным сланцам, чередующимся с прослоями, бедными ураном, и наличием концентрической зональности. Мелкая морская среда была обогащена органическим веществом и ионами сульфидов; и те и другие служили восстановителями для преобразования растворимого уранового комплекса в нерастворимый диоксида урана. Стабильные изотопные исследования указывают, что сера имеет метеорный источник, и графит был получен из органического материала.

Урановая минерализация представлена рассеянным уранинитом, размещенным в матрице, оолитах и на плоскостях трещиноватости. Степень U-V-Mo минерализации коррелируется с содержанием графита и сульфидов (рис. 42). Содержания U коррелируются с S, Mo, Ni, P, Cd, Cu, Zn, Ag и V. Акцессорная минерализация представлена фторапатитом, баритом, диопсидом, голдманитом, монацитом, сфеном, рутилом, биотитом, лимонитом, сульфидная – пирротином с пиритом, сфалеритом, галенитом, халькопиритом. В качестве источника рудного вещества авторами рассматриваются карбонатиты и сиенито-щелочно-гранитные комплексы.

Углеродистый тип. Доклад «Новый генетический тип Re-Mo-U месторождений: геология, геохимия, минералогия, SHRIMP-U-Pb датирование» (А.А. Кременецкий, ИМГРЭ, Москва, Россия) содержит новые сведения о высоких содержаниях рения (до 2–10 г/т) в терригенных породах карбонового возраста в составе крупного урансодержащего уголь-

Средний геохимический анализ 369 «рудных» проб из 13 урановых месторождений (по Kim, 1989)

Элемент	г/т	Элемент	г/т	Элемент	г/т
U	245	C	196 400	SiO ₂	400 000
V	3 200	S	23 200	Al ₂ O ₃	115 400
Mo	360	Zn	1 700	Fe ₂ O ₃	77 400
Ba	13 000	Ni	620	MgO	17 900
P	2 700	Cr	200	CaO	24 400
Sr	270	Cu	280	Na ₂ O	2 200
Cd	270	Pb	110	K ₂ O	21 200
As	30	Ag	3	TiO ₂	2 500
Co	20	B	33	MnO	1 200

Геохимия сланцев Гурыонган

- Средние концентрации As, Ba, Cu, Zn, U и V значительно выше, чем у типичных черных сланцев.
- V, U, Mo, Ba, Ni и Zn очень аномальны.
- U коррелирует с C, Mo, Ni, P, Cd, Cu, Zn, Ag и V. Предполагается органическая ассоциация.
- Ba, P, Ca, Sr и Mg коррелируются. Предполагается биогенно-химическое осаждение.

Генезис

Источники УРАНА:

- Мантийные расслоенные карбонатитовые и сиенит-щелочногранитные комплексы

МЕХАНИЗМ ОТЛОЖЕНИЯ УРАНА:

- Ограниченные бассейны, «рифтовые» условия, низкая скорость осадконакопления
- Богатые органикой и ионами серы илы с pH=7–8
- Выветривание и выщелачивание окружающих террейнов обогатили грунтовые воды, стекающие в бассейн, металлами
- Колломорфный уран сингенетично отлагается в черных илах
- U осаждается при снижении H₂S
- Уплотнение и диагенезис внедрило уран в кварцевые жилы и трещины

Рис. 42. Геохимическая характеристика комплексных руд

ного бассейна в подмосковном районе России. Все Re-Mo-U месторождения локализованы в осадочном чехле на склоне выступов докембрийского фундамента и контролируются субширотными глубинными разломами. С помощью электронного микрозондирования установлено, что рений находится в трех формах: окисной, сульфидной и свободной. Изотопно-геохимические исследования детритовых цирконов, вмещающих Re-Mo-U минерализацию, показали, что ядра цирконов дают U-Pb возраст 1500–1400 млн лет (возраст пород фундамента). Поздняя рекристаллизация цирконов показывает три возраста: 250–370 – этап осаждения, 120–100, 90–60 млн лет – первый и второй этапы постосадочной активизации. Циркон, связанный с этапом осадконакопления, характеризуется минимальными содержаниями урана 611 и тория 37 ppm, в то время как постосадочный циркон – максимальными содержаниями урана 3394 и тория 56 ppm, что дает основание предполагать их формирование в среде, обогащенной радиоактивными элементами. Можно заключить, что Re-Mo-U месторождения представляют собой гидротермальные образования постседиментационного происхождения и связаны с зонами альпийской активизации палеобассейна.

Метасоматический тип. Обширную группу урановорудных объектов составляют месторождения, относящиеся к метасоматическому типу, широко распространенные в различных докембрийских щитах мира. Доклад «Эльконский рудный район в Южной Якутии (Россия): геология, геохимия, изменения Au-U минерализации» (А.В. Молчанов, В.В. Шатов, А.В. Терехов, В.Н. Белова, А.В. Радьков, Н.В. Шатова, ВСЕГЕИ, Россия) содержит сведения об одном из крупнейших Au-U рудных районов России, находящемся на северном фланге Алданского щита (Сибирский кратон). Ресурсы урана составляют 344 тыс. т с содержанием 0,147% U. Ресурсы золота по оценкам только южной зоны варьируют от 130 до 180 т с содержанием Au 1,5–2,5 г/т. Большинство известных Au-U месторождений огра-

ничено сдвиговыми зонами. Комбинированное минералого-геохимическое картирование гидротермально измененных пород проводили в поле в процессе поисковых работ в 2008–2010 гг. на площади 400 км². Собрано 2250 образцов для геохимических, минералогических и петрографических исследований. Были установлены две гидротермально измененные системы: зоны изменений, связанные с положением сиенитовых штоков алданской свиты (143,3–125,0 млн лет), и сдвиговые зоны, развитые, вероятно, в средне-позднеюрское время вдоль вышеупомянутых рудоносных зон. Пространственное распределение этих измененных систем контролируется, во-первых, морфологией сиенит-порфировых штоков, обнажающихся в северо-западной части исследуемой территории, и, во-вторых, долгоживущими сдвиговыми зонами. Экономические Au-U месторождения типа линейных штоков связаны с калийными (кварц-карбонатно-адуляр) изменениями пород в сочетании с позитивными геохимическими ореолами Au + Ag + As + Sb + Hg + U.

Серия докладов геологов-уранщиков посвящена сравнительной характеристике метасоматических урановорудных объектов различных регионов мира. Так, в докладе «Сравнительный анализ гигантской урановой провинции во внутренних варисцидах (Саксония, Тюрингия) и Стрельцевской кальдеры (Сибирь) – показатель уранового оруденения, образовавшегося из мантии» (Т. Seifert, Отдел экономической геологии и петрологии, Фрайбург, Германия; А.П. Алешин, В.И. Величкин, ИГЕМ, Россия) дан сравнительный анализ урановых месторождений отдельных регионов России с другими урановорудными провинциями мира. В докладе говорится о том, что 230,0 тыс. т урана добыто из месторождений массива Bohemian (Восточная Германия). Основной ресурс урана связан с гидротермальными жилами (в районе Erzgebirge) и гидротермальным штокверком (в районе Ronneburg). Пространственная связь между жилами, содержащими урановое оруденение, и лампрофирами описана для большинства урановорудных полей, где наблюдается высокая плотность лампрофировых даек. Лампрофиры контролируются пересечениями глубоководных разломных зон/линеаментов, схожих с точки зрения урановой минерализации. Начальное гидротермальное событие с отложением урана соответствует настуран-кварц-кальцитовой стадии с возрастом 300–250 млн лет, которое перекрыто лампрофиром с возрастом 310–290 млн лет.

В пределах Стрельцовского рудного поля 19 Mo-U месторождений с общим ресурсом 250 тыс. т урана локализовано среди базальтов, дацитов и риолитов Стрельцовской кальдеры, а также в ее фундаменте. Настуран и браннерит сформированы при падении температуры флюида от 500 до 300 °С в парагенезисе с флюоритом. U⁴⁺-F-комплексы, вероятно, являются главными формами транспортировки урана в постмагматических высокотемпературных флюидах. Обогащенные CO₂ лампрофиры могли играть важную роль в формировании урановых жил в районе Erzgebirge и в других районах Варисского орогена (Pribram). Авторы утверждают, что обогащенные ураном флюиды настуран-кварц-кальцитовой стадии связаны непосредственно с постколлизийными лампрофировыми/риолитовыми интрузиями и ассоциированы с образованными из мантии обогащенными ураном флюидами в Сахо-Тюрингской урановой провинции, как и в Стрельцовской урановой провинции в Забайкальско-Южнокутской урановой суперпровинции, где крупные месторождения урана связаны с базальтовыми и фельзическими (бимодальными) субвулканическими интрузиями.

Железооксидный медно-золотой с ураном (IOCG) тип. Серия докладов (преимущественно австралийских ученых) посвящена критериям и перспективам развития комплексных с ураном IOCG месторождений.

Доклад «U-редкометалльные месторождения Маунт-Айза: окислительно-восстановительные условия для железо-медно-золотых+уран месторождений (М. McGloin, А. Tomkins, Школа наук о Земле, Австралия), посвященный месторождению Олимпик-Дам, представляющему собой «гигантскую U-REE аномалию» (рис. 43).

В других IOCG системах обогащение ураном происходит, но процессы, ответственные за это, мало изучены, в отличие от месторождений, относящихся к минерализованной системе Олимпик-Дам. U-REE руды месторождения Валгалла в районе Маунт-Айза обогащены магнетитом, как и в большинстве IOCG систем, пространственно связанных

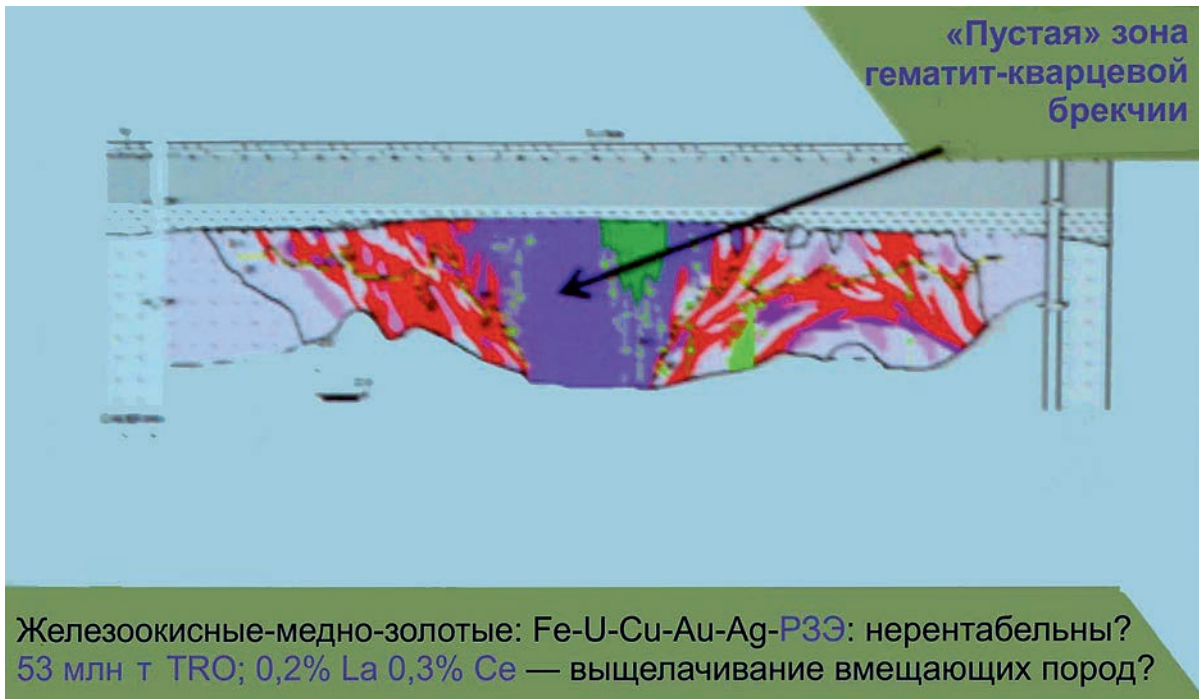


Рис. 43. Разрез месторождения Олимпик-Дам

с анорогенными гранитами. Fe-минерализация локализована в гематите и магнетите. Уран содержится главным образом в браннерите и гидротермальных U-Zr минералах; на более поздних стадиях уранинит ассоциирует с гематитом. Подобно другим месторождениям ЮСГ Валгалла обогащено флюоритом, ассоциированным с ранними Na-Ca изменениями, которые сменяются K-изменениями, но в отличие от ЮСГ систем оно не обогащено Cu и Au. Авторы предполагают минерализацию, производную гранитов и пространственно связанную с батолитом Sybella. Olympic Dam содержит обилие F, гидротермального циркона в гематитовых брекчиях и U-REE, ассоциированных с зонами, обогащенными Cu и Au. Авторы предполагают, что большую роль в процессе рудообразования играют граниты, обогащенные U-REE. Отсутствие Cu, Au в Валгалла может быть объяснено перемещением этих металлов в окислительных условиях.

Доклад «Уран в железо-медно-золотых и связанных с ними системах – парагенетические исследования месторождения Северная Звезда» (H. Johns, G. Davidson, S. Meffre, G. Osborne, ARC Центр передового опыта в изучении рудных месторождений, Университет Тасмании, Австралия) посвящен характеристике комплексных с ураном месторождений провинции Теннант-Крик. Большинство железо-медно-золотых месторождений характеризуется слабыми аномальными содержаниями U до 100 ppm. На месторождении Северная Звезда аномальные содержания урана наблюдаются в линейной зоне, секущей железосодержащую зону Cu-Au минерализации. Эта урановая зона характеризуется преобладанием гематита и обнаруживает тесную парагенетическую связь между уранинитом и фторапатитом, монацитом и ксенотимом, которые ранее не были описаны для этого региона. Уран отображает также прочные связи с Bi в форме кавазулита (Bi_2Te_2Se), который обеднен S по сравнению с типичной Bi-фазой Теннант-Крик. Текстуры урансодержащих ксенотима и монацита доказывают проявление нескольких событий, связанных с формированием U. LA-ICPMS U-Pb анализ уранинита показывает минимальный возраст урановой минерализации 1746 ± 150 млн лет. Генетическая модель, предложенная авторами, предполагает наличие двух стадий процесса обогащения. Первые признаки U были, вероятно, заложены в рамках Au-Cu-Bi минерализации с возрастом 1820 млн лет; однако основное обогащение произошло позже, когда флюиды, обогащенные F и P, были перемещены вдоль хрупко-пластических разломных зон. Флюиды выборочно ремобилизовали ранние компоненты

и отложили их в хрупкие разломы. В качестве вероятного источника гидротермальных растворов были гранитные интрузии (Devil) с возрастом 1714 ± 3 млн лет. Это доказывает, что IOCG системы сами по себе могут служить источником для U во время проявления более поздних гидротермальных событий.

В докладе «IOCG месторождения в Австралии: основные критерии и перспективность картирование» (R. Skirrow, A. Schofield, D. Huston, D. Connolly, Геонаука Австралии) обращается внимание на то, что для формирования месторождений оксидов железа, меди, золота (IOCG) требуется одновременное сочетание во времени и пространстве четырех основных компонентов рудообразующих минеральных систем: источник энергии, необходимый для перемещения потока гидротермальных флюидов; источник рудных компонентов (металлы, сера) и флюидов; благоприятное строение проницаемых путей для флюидов; физико-химические градиенты для отложения рудных компонентов. Все эти составляющие определены для IOCG систем в Северном Квинсленде и Южной Австралии. В ходе многосторонних исследований, нацеленных на определение энергетического потенциала этих регионов, акцент делался на урансодержащие IOCG месторождения. Каждый из четырех компонентов системы сопоставлен с использованием существующих и вновь приобретенных геологических, геофизических и геохимических данных. Для обоих регионов были созданы карты уранового потенциала для IOCG месторождений (и для других урановых систем). Провинция Mt Isa в Северном Квинсленде определена как высокоперспективная для обнаружения IOCG месторождений. Потенциал для палеозойских IOCG систем также был определен как высокий в провинции Etheridge. Приводятся данные, позволяющие нарастить ресурсный потенциал известного крупного месторождения Олимпик-Дам в Южной Австралии. Ключевым результатом исследований является идентификация рудного потенциала IOCG месторождений Curnamona провинции кратона Gawler.

В докладе «Стратиграфическая последовательность, происхождение и перспективы ураноносности северного бассейна Canning» (M. Thomass, N. Cook, A. Collins, Центр тектонических ресурсов и разведки – TRaX, Школа Земли и окружающей среды, Австралия, F. Bierlein и D. Freeman – Отдел разведки и добычи) представлены результаты изучения вопросов стратиграфии и происхождения мезозойских образований бассейна North-Canning Западной Австралии, расположенного к югу от докембрийского блока Кимберли и к северу от блоков Пилбара и Масгрейв. Он представляет собой площадь более 595 000 км² с мощностью ордовика и четвертичных отложений, в соответствии с сейсмическими данными, до 18 км в глубочайшем депоцентре. Примерно две трети бассейна размещается на суше, а оставшаяся треть в открытом море на глубинах до 1000 м.

Проводимые исследования были нацелены на изучение последовательности осадочных пород, вмещающих урановую минерализацию в регионе с целью выявления источника и возможных путей миграции урана.

Методика изучения урановых месторождений. Доклад «Использование минеральных систем при оценке потенциала для уранового оруденения в зеленокаменных поясах» (A. Schofield, D. Huston, T. Mernach, T. Mernagn, R. Skirrow, D. Connolly, Геонауки Австралии и S. Van der Wielen, Отдел производства, инноваций, ресурсов и энергетики, Австралия) посвящен вопросам применения системного подхода в изучении урановых месторождений. Отмечается, что месторождения полезных ископаемых – результат благоприятных геологических обстановок, проявившихся в определенных пространственных и временных условиях. В совокупности эти элементы могут рассматриваться как различные аспекты минеральных систем. Благоприятные для урана минеральные системы изучены в их развитии для Северного Квинсленда, Восточно-Центральной и Южной Австралии. Каждая минеральная система включает источники металлов и флюидов, пути миграции, механизмы осаждения. Такой методический подход необходимо применять при поисках месторождений урана.

В докладе «Выявление глубинных структур в Стрельцовском рудном поле (Восточное Забайкалье, Россия) методами микросейсмического зондирования с целью разработки генетических моделей гигантских Mo-U месторождений» (А.П. Алешин, В.И. Величкин, ИГЕМ РАН, Россия; А. Горбатилов, М. Степанова, Институт физи-

ки Земли, Россия) на примере уникальных Мо-U месторождений (240 000 т урана) Стрельцовской кальдеры приводится характеристика нового метода микросейсмического зондирования. Суть метода заключается в том, что на основе амплитудно-частотных волн Рэлея выявлены две колонны магма-флюидов, проникающих на глубину 50 км и глубже. Проекция колонны на поверхность позволила выявить новый центр кислого вулканизма. Камера кислой магмы находится на глубине 7–15 км. Большинство месторождений (2/3 общего ресурса урановых месторождений) локализуется вокруг этих центров, остальные вокруг небольших вулканических центров, расположенных выше мелких колонн. Строгий контроль месторождений центрами риолитового вулканизма доказывает магматогенно-гидротермальную модель месторождений.

Модель базируется на следующих фактах: постоянное увеличение содержания U и F в ряду базальт-дацит-риолит; парагенезис настурана и браннерита с флюоритом в руде; высокая температура флюидов (510–2800), отсутствие HCO_3 и признаки кипящих флюидов на рудной стадии, отсутствие доказательств уменьшения $\text{U}^{6+} - \text{U}^{4+}$ в руде и др. Все эти факты противоречат закисно-карбонатной модели рудообразования. U^{4+} -F-комплексы предполагают в качестве наиболее вероятной формы транспортировки урана с постмагматическими флюидами, которые откладывают урановую минерализацию на температурных барьерах. Колонны, представляющие собой мантийные дериваты, инициируют тепломассообмен, что приводит к контрастному магматизму и может объяснить резервы Мо-U месторождений.

Доклад «Аэроэлектромагнитные изучения и разведка месторождений урана, золота и основных металлов» (I.C. Roach, Подразделение минералов и природной опасности, Австралия) посвящен описанию трех региональных аэроэлектромагнитных (АЭМ) исследований в регионах Paterson, Pine Creek и Frome в 2007–2008, 2008–2009 и 2010 гг. как части программы правительства Австралии, направленной на изучение энергетической безопасности. Полученные данные проанализированы и обработаны с использованием инновационных технологий. Результаты исследований подтверждают эффективность применения региональных АЭМ для интерпретации как крупномасштабных геологических явлений, так и детальных в пределах конкретных областей исследований. Результаты показали, что АЭМ можно применять для решения следующих конкретных задач: выявления несогласий, контролирующих локализацию месторождений типа несогласия в регионах Paterson (месторождение Kintyre) и Pine Creek (месторождения Jabiluka и Ranger), структурного контроля флюидных потоков и возможного осаждения металла вокруг известных рудных месторождений, изучения внутреннего строения бассейнов, размещения и морфологии палеорусел, латеральной изменчивости конкретных осадочных подразделений, электропроводящих химически реактивных пород, которые могут осаждать металл.

Доклад «Использование соотношения элементов Пирса к вектору по отношению к породам фундамента, вмещающим урановую минерализацию: методология, ловушки и примеры для бассейна Атабаска, Канада» (I.R. Annesley, Геологический отдел, Университет в Саскачеване, Канада) посвящен возможностям использования обозначенного в названии метода на примере месторождений бассейна Атабаска.

Самыми крупными урановыми месторождениями мира являются месторождения типа несогласия протерозойского бассейна Атабаска в Канаде. Большинство их локализовано в зоне или близ зоны несогласия между осадочным чехлом и архейским/протерозойским фундаментом. Месторождения содержат крупные ореолы изменения в пределах песчаного покрова и пород комплекса основания. Самый высокий и богатый тоннаж месторождений типа несогласия связан с породами фундамента, характеризующегося мелкими ореолами, размещающимися на значительной глубине, что затрудняет их открытие, несмотря на новые и улучшенные технологии и аналитические возможности.

Литогеохимические векторы по отношению к породам фундамента, вмещающим месторождения типа несогласия, скрыты большими вариациями архей/протерозойских литологических подразделений и множеством процессов изменений (региональный метаморфизм, метасоматоз, ретроградный метаморфизм, палеовыветривание и гидротермальные

изменения), которые оказывают большое влияние на породы. После тщательной оценки геохимических данных в сочетании с данными петрографии некоторые элементы и их соотношения определялись с целью последующего использования для дифференциации различных архей-протерозойских подразделений. Кроме того, природа и степень мобильности системы оксид/элемент могут быть оценены полуколичественно с использованием соотношений элементов Пирса (PER). PER-диаграммы строятся таким образом, чтобы смоделировать основу для определения различий между неизменными, измененными и минерализованными породами фундамента. PER-диаграммы для векторизации, направленной на обнаружение минерализации, выбраны для урановых месторождений Key Lake, McArthur River, Rabbit Lake и Eagle Point. Использование PER-диаграмм является мощным, экономически эффективным литологическим инструментом для расшифровки минерализации в пределах пород фундамента, от первичного распределения до наложенных процессов изменений.

Доклад «Геометаллургия урановых месторождений Австралии» (С. Johnson, M. Pownceby, V. Grafe, С. MacRae, А. Torpy – CSIRO научный процесс и инжиниринг, минералы под флагом национальных исследований, Австралия, и R. Torpero – Брукхейвенская национальная лаборатория, США) вскрывает проблемы, стоящие перед урановой промышленностью, и пути их решения. Ключевыми вопросами австралийской урановой горно-рудной промышленности являются распространенность урановых руд низкого качества, отсутствие детальной химической и минералогической информации для различных типов руд, присутствие тугоплавких урансодержащих минералов, высокая кислотность жильных минералов.

CSIRO стремился решить проблему недостатка информации, сосредоточив внимание на детальных химических и минералогических данных из различных урановых месторождений Австралии (например, IOCGU, поверхностных, метасоматических, типа несогласия, песчаникового типа). Для представленных из каждого типа месторождений образцов определены распространенность и тип урановых минералов и жильного материала с использованием комбинации технологий, включая высокоразрешающий электронно-зондовый микроанализ (ЭЗМА), сэмскан и синхронный микроскоп. Результаты исследований показали наличие трех фаз урана: одна, наиболее обильная, карнотитовая фаза ($K_2[UO_2]_2[VO_2]_2 \cdot 3H_2O$) и две мелкие фазы, уранинитовая (UO_2) и ураноторитовая ($[U,Th]SiO_4$). Карнотит представлен микровключениями в силикатной и известковой жильной породе. В редких случаях он также формирует цемент в жильных выделениях. Уранинит и ураноторит ассоциированы с карнотитовым цементом. Изучение фаз урана представляется важным при характеристике руд и определении минералогических факторов при добыче урана.

Анализ материалов конгресса и публикаций последних лет показал, что наибольшая эффективность поисков урановых месторождений в пределах щитов и окраинных частей щитов возможна при применении комплексного подхода с использованием современных методов и разработок: структурно-вещественный подход к тектоническому районированию и созданию на этой основе прогнозно-минерагенических карт; использование современных геодинамических обстановок для типизации условий становления металлогенических таксонов разных рангов, элементов террейнового анализа, плюм-тектоники и т. д. при проведении регионального металлогенического анализа; интерпретация аэрокосмических изображений с целью повышения достоверности картирования структурно-вещественных комплексов, перспективных на выявление урановых месторождений.

Наземные и низковысотные комплексные геофизические исследования (магнито-разведка, электроразведка), нацеленные на решение структурно-картировочных задач (картирование контактов горных пород, выявление и прослеживание зон тектонических нарушений, оконтуривание зон проводимости и сульфидизации, уточнение границ перспективных площадей), многоканальная аэрогеофизическая аппаратура последнего поколения позволяют увеличить глубину исследований до 500–600 м и использовать ее при изучении распределения вертикальных и горизонтальных неоднородностей земной коры и установлении природы глубинных геофизических границ и слоев.

Комплексные геохимические исследования с использованием современных методов анализа, компьютерной обработки полученных данных специализированными программными средствами позволят уточнить положение выделенных перспективных зон, выявить новые, в том числе слабоконтрастные аномалии на закрытых и полузакрытых территориях, а также использовать их при решении проблемы поисков руд низкого качества.

Изотопное и геохронологическое изучение пород применяется для решения вопросов стадийности рудогенеза, определения источников рудного вещества и создания прогнозно-металлогенических критериев поиска, основанных на данных изотопии, создания моделей рудоформирующих систем. Горные и буровые работы применяются на различных стадиях поисковых работ для заверки структурных построений, геофизических и геохимических аномалий на полную мощность рудоперспективных зон, определения пространственных параметров оруденения с оконтуриванием и прослеживанием рудных тел по простиранию и т. д.

Характеристика методов, используемых при изучении урановых месторождений в разных частях мира и нашедших отражение в тезисах и презентациях на 34-й сессии МГК с выделением перспективных разработок и достижений.

Системный подход при оценке потенциала зеленокаменных поясов (A. Schofield, D. Huston, T. Mernach, Австралия), основанный на изучении пространственно-временных закономерностей развития минеральных систем Северного Квинсленда, Восточной, Центральной и Южной Австралии и др., включающих источники металлов и флюидов, пути миграции растворов, механизм осаждения.

Магниторазведка (магнитотеллурическое зондирование) дала позитивные результаты при поисках и открытии «слепых» урановых месторождений альбититового типа Валгалла и Один, представляющих собой одну из крупнейших минерализованных систем Австралии (J. Jogy). Моделирование магнитной составляющей привело к определению геометрии и глубины залегания рудных тел.

Аэроэлектромагнитные методы (АЭМ) изучения и разведки месторождений урана с успехом применялись в регионах Paterson, Pine Creek b Frome (I.C. Roach). Результаты исследований подтверждают эффективность применения АЭМ для интерпретации региональных геологических явлений: поверхности несогласий, контролирующих размещение оруденения; направления перемещения флюидных потоков, мест разгрузки и возможного осаждения металла; внутреннего строения бассейнов; выявления электропроводящих химически реактивных пород, которые могут осаждать металл.

К разряду безусловно перспективных разработок относится геохимический метод, основанный на использовании соотношения элементов Пирса к вектору (PER-диаграммы), который, в частности был применен при поисках структурных ловушек уранового оруденения типа несогласия в пределах бассейна Атабаска, Канада (I.R. Annesley, Канада). PER-диаграммы строятся таким образом, чтобы смоделировать основу для определения различий между неизменными, измененными и минерализованными породами фундамента. PER-диаграммы для векторизации, направленной на обнаружение минерализации, выбраны для урановых месторождений Key Lake, McArthur River, Rabbit Lake и Eagle Point. Использование PER-диаграмм является мощным, экономически эффективным литолого-геохимическим инструментом для расшифровки минерализации в породах фундамента, от первичного распределения до наложенных процессов изменений.

Комплексные минералого-геохимические исследования включают прогрессивные попытки австралийских и американских ученых (C. Johnson, M. Pownceby, V. Grafe, C. MacRae, A. Torry) применять элементы геометаллургии для решения проблемы поисков руд, в том числе руд низкого качества. Внимание специалистов было сосредоточено на детальном химическом и минералогическом анализе данных из различных урановых месторождений Австралии (например ЮСГУ, поверхностных, метасоматических, типа несогласия, песчаникового типа). В представленных из каждого типа месторождений образцах были определены распространенность и тип урановых минералов и жильного материала с использованием комбинации различных технологий, включая высокоразрешающий электроннозондовый микроанализ (ЭЗМА), оескан и синхронный микроскоп. Показано наличие трех фаз

урана: одна, наиболее обильная, карнотитовая фаза ($K_2[UO_2]_2[VO_2]_2 \cdot 3H_2O$) и две мелкие фазы – уранинитовая (UO_2) и ураноторитовая ($[U, Th]SiO_4$). Карнотит представлен микровключениями в силикатной и известковой жильной породе. В редких случаях он также формирует цемент жильных выделений. Уранинит и ураноторит ассоциированы с карнотитовым цементом. Изучение фаз урана представляется важным при характеристике руд и определении минералогических факторов при добыче урана.

При изучении кислых вулканитов Piskahegan и Harvey Southern New Brunswic в Канаде применялись плазменный масс-спектрометр (LA-ICP-MS) и электронный микроскоп с целью показать обогащение ураном микроэлементов (J. Hanley, T. Dostal, Канада). Работы были направлены на более глубокое понимание генетической истории урановой минерализации, связанной с вулканитами и кальдерами, и имели своей задачей показать их обогащение микроэлементами и заметное истощение Ba, Sr, Eu по сравнению с вмещающими породами. Наблюдаемое фракционирование расплава было связано с кристаллизацией полевого шпата, что нашло отражение в прогрессивном обогащении раствора U, Th, V, LILE, LREE и другими элементами, а также увеличении U/Th отношения. Более высокая степень фракционирования расплава в сочетании с постмагматическим выщелачиванием может служить предпосылкой для возникновения урановой минерализации. Так как кислые вулканиты очень чувствительны к изменениям, анализ, связанный с плавлением, может быть самым эффективным, а иногда и единственным методом изучения вулканогенных пород.

Методы электронного микрозондирования применены при геохимических исследованиях в Австралии; они являются частью национальной энергетической программы (P. De Caritat, M. Cooper, E. Bastrkov, S. Jaireth, J. Wilford, Австралия). Составлен первый национальный атлас, являющийся базой геохимических данных. Собраны пробы в 1186 водозаборах, покрывающих 80% территории страны (одна проба на 5 500 км²). Пробы анализировались с помощью XRF ICP-MS методов. Результаты исследований показывают пространственное совмещение концентрации элементов и расположение их вблизи известных точек минерализации урана, золота, редких металлов. Отмечены рудные концентрации элементов вдали от известных месторождений и проявлений.

Сравнение полученных результатов с известными аэрорадиометрическими данными показывает хорошую корреляцию между концентрациями K, U и Th в воздухе и грунте.

Метод электронного микрозондирования при изучении Re-Mo-U месторождений Подмосковского угольного бассейна (А.А. Кременецкий, Россия), показал три формы нахождения рения: окисную, сульфидную и свободную.

Спектральный CL и x-ray анализы использованы при изучении уранового оруденения, локализованного в терригенных (песчаниковых) отложениях (C. MacRae, M. Pownceby, N. Wilson). Комплексное применение высокоразрешающего катодолюминесцентного CL и x-ray анализов дало успешную расшифровку сложного генезиса уранового оруденения песчаникового типа.

Изотопно-геохимические исследования проведены в вулканических поясах Восточного Китая (X. Liu, J. Wu, J. Pan, M. Zhu, R. Wu). Детальные исследования изотопов Sr-Nd-Pb из базальтов указали на EM II тип литосферной плиты в Nanling и Ganhang мезозойских вулканогенных поясах, что рассматривается как важное условие для регионального обогащения урана.

Изотопные исследования серы и углерода из ордовикских черных сланцев пояса Ogchon Южной Кореи (C. Sennitt, W.J. Kim) показали, что сера имеет метеорный источник, а углерод получен из органического материала.

Рудогенетические перспективные направления и передовые научно-технические разработки в области воспроизводства минерально-сырьевой базы основных видов твёрдых полезных ископаемых определены на основе анализа и систематизации материалов МГК-34 (нумерация симпозиумов соответствует нумерации программы конгресса):

7. Минерально-сырьевые ресурсы и добыча;
8. Геологоразведочные работы в науках о Земле;
9. Минеральные месторождения и рудообразующие процессы;

17. Ранняя Земля: доархейское и архейское развитие пригодной для жизни планеты;
18. Протерозойская Земля;
19. Геохронология и изотопная геология;
21. Магматизм: составы и процессы;
36. Региональные тематические и специализированные симпозиумы.

Минерально-сырьевые ресурсы и добыча (симпозиум 7). Обеспечение минеральным сырьем в глобальном и континентальном масштабе.

Проблемы гармонизации международных и национальных классификаций и стандартов отчетности по запасам и минеральным ресурсам. В развитых и некоторых развивающихся странах, как правило, функционируют две системы классификации (запасов и прогнозных ресурсов) и учета минеральных ресурсов. Первая как система учета богатства недр служит информационным полем для решения национальных и глобальных стратегических задач. По назначению ее условно можно сопоставить с Российским государственным балансом запасов и оценками прогнозных ресурсов полезных ископаемых. Другая система, получившая название «кодексы», служит документом отчетности по раскрытию информации об активах горных компаний в банковско-биржевой сфере минерально-сырьевого бизнеса.

Концептуальной структурой для гармонизации различных классификаций по раскрытию информации о запасах и ресурсах принята «Рамочная классификация ООН для энергетических и минеральных ресурсов» (United Nations Framework Classification for Fossil Energy and Mineral Resources – UNFC).

В области горного бизнеса и стандартизации публичной отчетности наиболее известен Объединенный комитет по международным стандартам отчетности о запасах твердых полезных ископаемых (Combined Reserves International Reporting Standards Committee – CRIRSCO), а также Объединенный австрало-азиатский комитет по запасам (Australian Code for Reporting of Mineral Resources and Ore Reserves – Jork code). В серии докладов, представленных на 34-й сессии МГК, освещаются пути смягчения проблемы гармонизации национальных стандартов в наступившем веке глобализации минерально-сырьевых ресурсов.

J. Ross, P. Blystad (Норвегия) остановились на проблеме гармонизации Рамочной классификации ООН (UNFC) с другими международными классификациями и стандартами. Наиболее важными были вклады CRIRSCO и Общества инженеров-нефтяников (SPE), что обеспечило адаптацию UNFC к схемам CRIRSCO и SPE, наиболее широко используемым для твердых полезных ископаемых и нефти. UNFC не заменяет или доводит до совершенства специфические промышленные системы, она ведет работу параллельно, чтобы полученные и объявленные ресурсные оценки могли быть сообщены и по кодификации UNFC для возможности сопоставления и объединения оценок на основе этих двух (и других) систем. Главной целью UNFC является создание глобального коммуникационного инструмента, годного для использования во всех видах минерально-сырьевой активности для всех твердых полезных ископаемых.

Y. Miezitis (Австралия) и соавторы остановились на сравнительном рассмотрении Австралийской национальной системы товарных запасов минеральных ресурсов с системами других стран на основе UNFC и пришли к выводу, что национальная система может быть использована как в прямом виде, так и вместе с другими широко применяемыми классификационными схемами. Так, Агентство Geoscience Australia управляет товарными запасами ресурсов по Кодексу JORC австралийской версии CRIRSCO. Информационная база наполняется по данным компаний, включенных в листинг (список) Австралийской фондовой биржи, необходимый для публичного объявления о запасах и минеральных ресурсах. К верхней категории национальной системы относят потенциальные промышленные ресурсы (Economic Demonstrated Resources – EDR), обеспечивающие приемлемую экономическую оценку доступных для добычи ресурсов в долгосрочной перспективе. EDR главным образом включает запасы и ресурсы, соответствующие кодексу отчетности JORC, где запасы коррелируются с классом коммерческих проектов по UNFC, а ресурсы с классом потенциально коммерческих проектов. Весьма интересно, что к классу непромышленных ресурсов относятся исторические данные из докладов компаний, включающие подчинен-

ную долю ресурсов из самых последних докладов. Они коррелируются с подклассом непромышленных проектов по UNFC. Пробная классификация может быть рекомендована для дальнейшей гармонизации российских схем.

I. Goddard (Австралия) охарактеризовал роль CRIRSCO как международную трибуну для национальных информационных организаций (NRO) в обсуждении публичных объявлений о результатах ГРП, ресурсах и запасах, согласования стандартов сообщений с международным реестром для улучшения практики информационных отчетов. Членами CRIRSCO являются NRO, ответственные за кодексы сообщений о минеральных ресурсах, стандартах и рекомендациях: Австралия (JORC), Чили (Natural Committee), Канада (CIM), Европа (PERC), Россия (NAEN), ЮАР (SAMREC), США (SME). CRIRSCO сотрудничают с Международным советом по горному делу и металлам (International Council on Mining and Metals). Мировая тенденция последних лет к более жесткому корпоративному управлению и регулированию требует применения эффективной практики по управлению запасами сырья и высоких стандартов публичных объявлений со стороны ответственных опытных персон. На основе кодексов объявлений перечисленных выше стран CRIRSCO разработал международный формат сообщений. Он относится к сообщениям о промышленной и потенциально промышленной минерализации, определенным по стандартам отчетности, и не затрагивает прямо сообщения о субпромышленной либо еще не выявленной минерализации. CRIRSCO поддерживает также связь с правительствами и Экономической комиссией ООН для Европы (UNECE), которые требуют в сообщениях для стратегических целей информации по минерализации товарного ресурса, гарантирующего согласованность данных по всем категориям ресурсов и запасов.

E. Sides (Великобритания) представил обзор эволюции терминологии, связанной с сообщениями о минеральных ресурсах и запасах руд за последние 110 лет. Утверждается, что хотя запросы конечных пользователей всегда учитывались, дефиниции разных категорий ресурсов, использованные текущим семейством кодексов CRIRSCO, в большей степени уделяют внимание доступным данным и информации, чем запросам конечных пользователей (недропользователей в России). Несмотря на инструктивные материалы, которые выпущены JORC и другими кодексами, дефиниции минеральных ресурсов интерпретируют разные практикующие субъекты несколькими разными способами. Такая вариативность разрушает ценность стандартов в глазах регулирующих органов и инвесторов. В докладе защищается подход к определениям категорий минеральных ресурсов, основанный на запросах конечных пользователей. Предлагается для достижения конкретных целей по разным категориям опираться на практический опыт эволюции знаний о минеральных ресурсах и методы их оценки за время жизни горнорудного проекта. В дальнейшем должна быть разработана сводка данных (информации) и методов оценки минеральных ресурсов.

G. Fahey, P. Stoker (Австралия) осветили недавнее обновление Австрало-Азиатского кодекса JORC версии 2012 г. для объявления о результатах ГРП, минеральных ресурсах и рудных запасах, обеспечивающих прочную основу для помощи компаниям. JORC и фактически все другие кодексы западного мира изменяются с момента опубликования в 1989 г. начальной версии. В качестве составной части недавнего обновления JORC и Австралийская фондовая биржа в конце 2011 г. издали выпуски и консультативные статьи, направленные на общественное обсуждение. Хотя кодекс JORC используется для объявлений компаниями в Австралии и Новой Зеландии, он также составляет часть общемирового способа представления результатов и использован также в качестве основы для разработки семейства кодексов CRIRSCO. Специалисты по наукам о Земле знают, что Земля — динамическая планета в состоянии непрерывной эволюции, поэтому когда появляется необходимость в изменении содержания публичных объявлений, кодексы адекватно требуют обновления. Недавний пересмотр кодексов, как и прежде, полагается на принципы прозрачности и компетентности, являющиеся краеугольными камнями эффективности публичных объявлений. В этом квалификация и опыт компетентных персон играют ключевую роль, предоставляя общественности возможность доверять сообщениям компаний о минеральном сырье.

P. Stoker (Австралия) сообщил, что в конце 2011 г. Австралийская фондовая биржа (ASX) и JORC опубликовали важные запросы для публичного комментария по объявлениям о результатах ГРП, минеральных ресурсах и рудных запасах. В обоих документах уделено особое внимание поискам мнений по шести главным вопросам: 1) результаты ГРП – раскрытие дополнительной информации; 2) ключевые допущения при сообщении данных о минеральных ресурсах и запасах руд; 3) объекты ГРП – большая ясность инструкций по раскрытию информации; 4) минимально необходимый уровень изученности для начального заключения о запасах руд; 5) сообщение о целях производства; 6) годовые доклады о минеральных ресурсах и запасах руд. JORC и ASX получили и проанализировали более 200 письменных откликов. Результаты обеспечат дальнейшее совершенствование инструкций и требований к сообщениям важной информации для инвесторов с помощью перечня правил листинга ASX и актуализации кодекса JORC.

K. Smith (Австралия) остановился на проблеме согласования изменений в отчетности о рудных запасах текущего года в сравнении с предшествующим, что, по его мнению, является положительной практикой. Однако слишком часто такое согласование вводит в заблуждение или создает ложное впечатление. Хорошую согласованность показывают текущие изменения (движения запасов) по категориям с данными по категориям и запасам за прошлый год, которые составляют новые запасы. Фактическое рудничное производство, за исключением изменения в складированном материале, никогда не должно быть частью согласуемых запасов. Рассматриваются три возможных варианта отчетности: повторение объявленного предыдущего отчета; повторение предыдущего отчета с единственным различием по топографической привязке; при изменении ресурсной модели запасов требуется повторение второго варианта учета, но уже по новой модели. Дальнейшие шаги объявления зависят от изменений, которые наибольшим образом влияют на результаты в связи с принятым решением.

A. McKay (Австралия) с коллегами отметили, что ресурсные оценки месторождений минерального сырья, сообщаемые компаниями с использованием кодекса JORC, сводятся в национальную базу данных агентства Geoscience Australia для оценки их национальных товарных запасов, которые представляются в категориях национальной системы классификации минеральных ресурсов. Эта национальная информационная система призвана обеспечивать долговременную перспективу страны по потенциально извлекаемым ресурсам. Результаты публикуются в электронном издании Australia's Identified Mineral Resources. Исследование австралийских ресурсных трендов показали зависимость их роста от воздействия следующих факторов: возросшего объема ГРП с открытием новых месторождений и наращиванием ресурсов на известных месторождениях; инноваций в металлургических технологиях и методах добычи, что важно при подготовке к эксплуатации месторождений новых типов и низкокачественного сырья, ранее считавшихся непромышленными; доступности более дешевой энергии; роста цен на товарную минерально-сырьевую продукцию, в значительной степени зависящего от роста спроса со стороны Китая в последнее десятилетие.

J. Terry, M. Esson (Австралия) привлекли внимание к отлаженной и структурированной системе оповещения об объектах ГРП, минеральных ресурсах и рудных запасах компании ВНР Billiton для фондовых бирж, на которых зарегистрированы ценные бумаги компании, соответствующие инструкциям кодекса JORC. Требования публичного раскрытия данных по кодексам JORC и US-SEC (Комиссия по ценным бумагам), промышленной инструкции Нью-Йоркской фондовой биржи (NYSE) определены ключевым документом ВНР, описывающим обязательные минимальные исполнительные требования и подотчетность, в том числе требования внутреннего и внешнего аудита для части деловых обязательств, процессов, функций и действий компании. Авторами подчеркнуто, что компетентные персоны несут полную ответственность за публичные объявления об объектах ГРП, минеральных ресурсах и рудных запасах согласно принципам материальной ответственности, прозрачности и компетентности. Компания обеспечивает структурированное обучение и поддержку всем уполномоченным физическим лицам, включая формальную процедуру регистрации и обязательную обучающую программу с целью гарантировать понимание

процедур раскрытия информации, структуры одобрений и ответственности. Поддержка и связь осуществляются через официальную руководящую группу, представленную старшим координатором по ресурсам от каждого бизнеса, имеющего прямые контакты с уполномоченными лицами администрации. Для гарантии согласованного объявления критерии классификации ресурсов в обязательном порядке тестируются и корректируются в отношении ранее предписанных и согласованных. Публичное объявление согласованных планов развития подкрепляется сообщением об объектах ГРР согласно кодексу JORC. ВНР Billiton разработала развитую мультидисциплинарную процедуру для оценки рангов объектов ГРР, основанную на данных вводимой информации, возможных геологических моделях и оценке риска. В объявлениях о производственных целях используются данные о товарных минеральных запасах, включающих рудные запасы, минеральные ресурсы и потенциальную минерализацию.

Моделирование, оценка, визуализация ресурсов по регионам и странам, проекты освоения минерально-сырьевой базы твердых полезных ископаемых. В ряде докладов представлены различные подходы по стратегическому моделированию долгосрочных перспектив в развитии минерально-сырьевых баз твердых полезных ископаемых отдельных стран и регионов, а также по созданию 3D моделей месторождений для развития проектов их освоения.

D. Denham (Австралия) обращает внимание на проблему предельного (пикового) производства многих видов полезных ископаемых. Автор полагает, что предельное производство нефти, наблюдаемое в течение многих лет в нескольких странах, прошло фазу пикового производства, а глобальная годовая добыча либо оказалась близко, либо прошла этот пик. Нефть – не единственная товарная продукция, которая дает такую картину. Золото близко к своему пику или прошло его, фосфатное сырье преодолело пик в прошлом столетии, для угля предельная добыча сохранится примерно еще 20 лет, газ вряд ли достигнет предельного уровня до середины столетия. В долговременной перспективе большинство видов товарной продукции будет демонстрировать предельное производство, что должно оказать инфляционное давление на глобальную экономику и на программы ГРР по тем видам товарной продукции, которая обеспечивает возврат инвестиций.

A. Kargach и др. (Австралия) предложили рассмотреть план разработки нового прогнозно-цифрового метода проведения ГРР и выбора перспективных (ресурсных) объектов. Поскольку разведка минеральных ресурсов и выбор объектов в течение многих десятилетий основывались на эмпирических методах, такое концептуальное понимание способствовало открытию крупных месторождений в Австралии из-за изобилия легкооткрываемых приповерхностных месторождений. В связи с ростом международного спроса на минеральное сырье приповерхностные месторождения всё более истощаются, что побудило исследователей, изучающих проблемы геологии и освоения месторождений, активно разрабатывать инновационные методы ГРР, основанные на цифровых технологиях. Авторы высказали идею, что объединенный гидротермальный поток в пористых средах в сочетании с реактивным переносом является новым способом прогнозирования процессов минерализации. С этой целью в сообщении отражен современный обзор вычислительной multi-physics, рассмотрены связи между рого-mechanics, гидротермальным потоком и реактивным переносом, сделан акцент на роли неравновесной термодинамики для минерализации в таких системах.

V. Steinbach (Германия) представил анализ потенциала первичных и вторичных высокотехнологичных металлов. В результате быстрого экономического роста на развивающихся рынках и разработки новых технологий спрос на сырьевые материалы значительно возрос. Это фактически ахиллесова пята германской промышленности, в особенности для ключевых и продвинутых технологий. Что касается новых технологий, особенно развития возобновляемых видов энергии и электромобильного сегмента, нужно ожидать растущего спроса на металлические сырьевые материалы, особенно на т. н. высокотехнологичные металлы (РЗЭ, литий, тантал, индий, германий и т. д.). В Германии начинают понимать, что спады на товарных рынках могут привести к ограничению производства и инноваций. На этом фоне федеральное правительство страны разработало в 2010 г. «Стратегию сырьевых материалов», основанную на интенсивном диалоге между промышленностью и полити-

кой. В рамках этой стратегии 4 октября 2010 г. создано Германское агентство минеральных ресурсов (DERA) в Федеральном институте по геонаукам (BGR).

G. Gaal, D. Cassard и др. сообщают, что в 2009 г. исследовательскими центрами Финляндии, Франции, Германии, Швеции представлен европейский проект «Инновационные концепции и процессы предложения стратегического минерального сырья и новых сырьевых продуктов высокой добавленной стоимости – ProMine», рассчитанный на четыре года, в котором участвуют 27 партнеров из 11 стран. Первый главный результат проекта – создание совместно подготовленной базы данных по месторождениям ProMine, включающей однородную и тщательно проверенную информацию о первичных минеральных ресурсах Европы (12979 записей по 34 странам). Эта база данных будет способствовать разработке и наполнению однородной многослойной информационной системы, которая охватывает всю территорию Европы и доступна пользователям на специальном веб-сайте (<http://ptrarc.gtk.fi/ProMine/default.aspx>).

База данных представляет собой практическое применение слоев добавленной стоимости и включает карты сырьевого потенциала ЕС и карты прогнозируемости (или благоприятности) отдельных полезных ископаемых, на которых использованы ранее определенные минеральные ассоциации (т. е. металлогенические типы). С учетом размера территории, значительного количества металлогенических типов и сложности геологической структуры такая масштабная задача раньше никогда не выполнялась. В целом это будет работа Французской геологической службы (BRGM) в соответствии с процедурой обработки данных, установленной совместно партнерами по ProMine с использованием надежных испытанных методов, основанных на профессиональных подходах. Помимо масштабного континентального подхода, создаются региональные трехмерные модели отдельных, представляющих особый интерес рудных районов с целью более детальной оценки их геометрии, динамики и сырьевого потенциала.

K. Smith (Австралия) привлек внимание к системе быстрого обновления ресурсной модели, сохраняющей время и помогающей поддерживать развитие проекта до завершения модели. Первый шаг состоит в том, чтобы создать требуемую ресурсную модель автоматически. С помощью предложенной методики можно получить хорошо разработанный план, точную документацию для повторяющегося результата, использовать метод легких регулировок, когда модель рассматривается как промежуточная, наилучшую практику попыток аудирования и значительное сокращение времени для будущих обновлений. Этот метод должен использовать псевдокод для планирования и автоматизации, реализуется путем использования batch файлов (пакетных файлов с последовательностью команд), скриптов или макросов, чтобы решать все задачи, какое бы программное обеспечение не было использовано для этого метода. Некоторые задачи выполняются полностью вручную: геологическая документация, оцифровка интерпретации, фрейминг интерпретации вместе с визуальной и численной проверкой блоковой модели и комплексным кодированием. Эти ручные процедуры должны быть выполнены при каждом обновлении ресурсной модели. По завершении система готова к использованию, что и обеспечит снижение затрат времени.

M. Nimmo и др. (Австралия) посвятили доклад переходу на трехмерную геологическую интерпретацию как основу достоверной оценки минеральных ресурсов и основу массивов данных по объемам и пространственной ориентированности.

Исторически геологическая интерпретация выполнялась на бумажных разрезах и планах, но сегодня для этого есть компьютерные программы. Постепенно в программы включаются функции создания трехмерных интерпретаций, но пока еще эти возможности используются не полностью.

Двухмерная модель предполагает независимую интерпретацию каждого двухмерного разреза и последующее встраивание в трехмерные модели. При таком подходе может произойти смещение разрезов, например, эффект доски для резки, когда хребты и долины вводятся искусственно, либо эффект саблезубого, когда экстраполяция ограничена данными по разрезу. Не исключены излишне сложная геометрия, нарушение непрерывности от разреза к разрезу и трудности в определении маломощных или падающих тел. Объ-

емное смещение возникает за счет дополнительных искусственных точек интерпретации, которые могут исказить реальные данные. Для устранения смещения разрезов должна выполняться трехмерная модель. Существующие программы позволяют выполнять такое моделирование вручную с использованием точечных данных вместо интерпретированных линий. Дополнительные точки могут быть вставлены в точечное множество, что поможет в процессе фрейминга (wireframing). Созданная таким образом модель использует преимущественно известные данные, тем самым минимизируя интерпретацию. Построение точечного множества и фрейминга могут быть автоматизированы, что повысит эффективность и повторяемость моделирования, поэтому во многих случаях двумерную интерпретацию разрезов следует заменять трехмерной.

П. Дончак, В. Лисицын, Т. Denaro и др. (Австралия) описали способ количественной оценки ресурсного потенциала на основе ГИС-технологий. В Северном Квинсленде имеется широкий ряд месторождений минерального сырья, включая орогенное и связанное с интрузиями Au, эпитеpmальные Au-Ag, Zn-Cu-Pb колчеданные в вулканогенных толщах, жильные, грейзеновые и скарновые Sn и W, латеритные Ni-Co-Sc и U-Mo-F в вулканогенных толщах. Регион имеет значительный потенциал крупных открытий перечисленных типов минерального сырья и запасов, ранее здесь промышленно не извлекавшихся. Последняя группа включает новые стратегические виды минерального сырья (PЗЭ, Be, Bi, Ga, Ge, Nb и Ta). Главная цель – количественная оценка ресурсного потенциала Северного Квинсленда с оконтуриванием наиболее перспективной площади на минеральное сырье, которая укрепит информационную обеспеченность правительства и добывающих компаний. Общий подход базируется на интегральном применении комплексных методов оценки минеральных ресурсов на основе ГИС, локального 3D моделирования и численного моделирования переработки сырья. В изученном регионе обработаны данные по нескольким различным магматическим и гидротермальным рудно-магматическим системам от протерозоя до перми. В пространственном плане они часто перекрывают друг друга, иногда формируя сложные полигенетические минеральные месторождения. Исследование позволило определить индивидуальные минеральные системы, а также идентифицировать ключевые компоненты и критерии пространственного распознавания при использовании для прогнозного анализа и моделирования. Части металлогенических провинций, находящихся под покровом постминерализационных образований, наиболее высокоперспективны на выявление крупных месторождений. Локальное геофизическое 3D моделирование, объединенное с анализом минеральных систем, является ключевым инструментом для оценки ресурсного потенциала перекрытых площадей и объектов ГРП масштаба рудных полей.

D. Sims и G. Phillips (Австралия) на примере медно-золотого месторождения Mount Dore с общими ресурсами 144 млн т руды, 0,6% меди и 0,1 г/т золота (штат Квинсленд) рассмотрели достоверность моделирования глубины окисления, имеющего решающее значение для ресурсной оценки многих рудных месторождений, планирования горных работ и прогноза эффективности металлургической переработки. Обычно границы окисления, например, глубины частичного и полного окисления (ВОРО и ВОСО), интерпретируются вручную с помощью произвольных индикаторов окисления и моделируются рамками каркаса (wireframes) в программах геологического моделирования. Хотя на многих месторождениях этого достаточно, в более сложных условиях выветривания и минерализации риск такого моделирования для проекта может быть значительным.

Месторождение залегает в падающих на восток протерозойских метаосадках формации Kuridala. Профиль окисления на Mount Dore сложный, на медьсодержащие окисленные минералы, залегающие до глубины более 500 м, повлияли геометрия линз и структурная сложность.

Компьютерная программа Leapfrog позволяет быстро моделировать цифровые данные по опробованию или количественному и качественному каротажу с построением трехмерных поверхностей, которые картируют границы с необходимыми приращениями. На Mount Dore виды и распространенность медного окисления отмечаются визуально. В ходе аналитических работ оцениваются общие содержания растворимой в кислоте и цианиде

меди в образцах как показатель минералогии меди. Компьютерное моделирование данных опробования в совокупности с информацией визуальных наблюдений позволило сравнить ряд потенциальных поверхностей окисления с уже имеющейся ручной интерпретацией. Моделирование дало новое понимание потенциальных разновидностей профилей окисления на этом месторождении.

S.A. Vollgger и др. (Австралия) отметили, что точное определение пространственного положения геологических структур и рудных тел в пределах месторождения является основой для ГРР, оценки ресурсов и горных работ. Оно также позволяет производить проверку различных гипотез, касающихся рудообразующих процессов и структурного контроля рудных месторождений. С помощью традиционных пакетов программ для добычной деятельности конструируются 3D модели путем связывания в ручном режиме оцифрованием также вручную 2D разрезов. В структурно сложных обстановках (складчатость, многочисленные деформации) такие модели в условиях неопределенности трудны для создания и пересмотра. Кроме того, они оторваны от структурного поля и подземных замеров, которые проводятся отдельно. Альтернатива, названная авторами моделированием в условиях неопределенности, в состоянии создавать внутренне согласующиеся 3D модели непосредственно по данным буровых пересечений, численных данных и структурных данных с использованием математических функций. Авторы применили моделирование в условиях неопределенности для данных по нескольким структурно сложным месторождениям, используя программный пакет Leapfrog. Результаты показали, что нераспознаваемый структурный контроль в ходе моделирования в условиях неопределенности становится явным. Показано также, что геометрия рудных тел, полученная с помощью моделей в условиях неопределенности, может быть точно связана с локальным и региональным распределением структур. Результаты подсказали, что моделирование в условиях неопределенности помогает опытному геологу идентифицировать и оценивать структурный контроль месторождений по их геометрии.

J.M. Hammarstron и др. (ГС США) изложили принципы моделирования обобщенной вероятностной оценки минеральных ресурсов неоткрытых месторождений меди, поташа и МПГ. Цели работы: оконтуривание допустимых площадей (участков) неоткрытых месторождений в масштабе 1 : 1 000 000; составление БД по известным месторождениям и крупным перспективным участкам; оценка числа неоткрытых месторождений в пределах допустимых площадей, где это позволяют сделать имеющиеся данные; вероятностная оценка количества полезного ископаемого, которое может содержаться в неоткрытых месторождениях. Модели месторождений представляют собой интеллектуальные построения, лежащие в основе используемой USGS методики оценки неоткрытых минеральных ресурсов. Они характеризуют геологическое положение, особенности месторождений, качество и объем руды. В данном контексте оценка базируется на уточненных моделях порфирировых и распространенных в осадочных вмещающих породах месторождений меди, стратифицированных и галокинетических поташсодержащих соляных отложений и месторождений МПГ рифового, контактового и вулканического типов. В отдельных случаях были разработаны региональные модели качество – объем руды для минимизации субъективности при оценке неоткрытых ресурсов. Было выделено около 300 участков площадью от 41 000 до > 500 000 км² во всем мире на основе геологических характеристик, описанных в моделях месторождений. Вероятностная оценка проведена для 60% участков. Результаты оценки включают, например, среднюю оценку ресурсов меди (750, 140 и 49 млн т) на неоткрытых месторождениях в Андах, Мексике и на западе Канады. Отчеты, доступные на сайте <http://minerals.usgs.gov/global>, включают обзор и краткие сведения по оцениваемому региону, GIS-участкам, месторождениям, крупным перспективным участкам и результаты оценки, а также приложения, документально подтверждающие принципы оконтуривания и оценки участков.

В.А. Килипко (Россия) показал, что научной основой моделирования геологической информации являются минерагенический анализ и зональность с выделением таксономических разноранговых единиц: мегапровинций и поясов, провинций и регионов, субпровинций и мегазон, зон и залежей, рудных районов и узлов. Оптимальным форматом для характеристики отдельных геологических и минерагенических участков являются геоин-

формационные модели, представляющие собой пространственно-информационные логические структуры с базами геологических данных и данных картирования, а также связанных с ними табличных данных. Структура модели GIS основывается на сборе, хранении и обработке многоуровневых геологических данных, которые включают интегрированную цифровую информацию о геологическом картировании минерагенических объектов во всех возможных масштабах. БД формируется как геологически ориентированный, разрабатывается и управляется с использованием объектно-ориентированного метода. Результаты исследований, проведенных на Урале (Россия), показывают высокую эффективность геоинформационных моделей при оценке вероятных ресурсов минерагенических объектов с оконтуриванием площадей для геологических съемок среднего масштаба и прогнозно-поисковых работ.

E.J. Hill, N.H.S. Oliver, J. Cleverley, M. Nugus (Австралия) предложили новый метод прогнозирования содержания золота в межскважинном пространстве. Для этой цели геологи обычно используют методы интерполяции – кригинг, функцию радиального расстояния и др. На золотом руднике Sunrise Dam в Западной Австралии золотая минерализация характеризуется большим количеством самородков. Поэтому интерполяция результатов анализов приводит к появлению прерывистых участков с высокими содержаниями, которые не увязываются между буровыми скважинами. Авторы протестировали методику применения условной вероятности для объединения нескольких наборов геологических данных, включая категоризацию по разрезам буровых скважин для прогнозирования пород, наиболее благоприятных для минерализации. Метод допускает, что, хотя золотая минерализация отличается присутствием самородков, существуют признаки, характеризующие породы с высоким содержанием золота, по которым можно определить пространственно-непрерывные домены. Если благоприятные типы пород пространственно более протяженны, чем содержания золота в блоках, тогда ожидается, что интерполяция между буровыми скважинами будет гораздо надежней. Этот метод приводит к уменьшению количества различных вариантов геологических данных для единичного численного значения – условной вероятности. Геолог может интерпретировать это значение через пространственный результат в 3D модели, которая показывает вероятность минерализации. Авторы проиллюстрировали результаты путем создания изоповерхностей в прикладной программе для горняков Leapfrog. С применением этого метода были идентифицированы возможные ранее невыявленные структуры, которые представляются высокоблагоприятными для минерализации.

Благодаря сложной и разнообразной геологии Португалия обладает (L. Martins, Португалия) значительным сырьевым потенциалом, в стране выявлены многочисленные рудные месторождения и месторождения поделочного камня. Ведется широкомасштабная разработка таких месторождений мирового класса, как медно-цинковое Neves Corvo и вольфрамовое Panasqueira, а также многих других месторождений, где добываются соль, полевой шпат, каолин, глина, поделочные камни и некоторые другие виды минерального сырья. Португалия сегодня является одним из главных европейских производителей медных, оловянных и вольфрамовых концентратов и крупным мировым производителем поделочных камней. Объемы ГРП также высоки, и ряд международных компаний ведет разведку цветных и благородных металлов. Территория страны охватывает половину Иберийского пиритового пояса (IPB) – главной металлогенической провинции Европейского союза с полиметаллическими массивными сульфидными рудами. Граниты и сопутствующие им метаморфиты в северной и центральной частях страны характеризуются вольфрамовой и оловянной минерализацией. Потенциал благородных металлов хорошо известен с древних времен и широко распространен, проявляясь в различных геологических обстановках.

Общая организация, отличающаяся благоприятными характеристиками вместе с признанным сырьевым потенциалом, считается одной из основных причин ведущихся активных работ. Стабильность разных учреждений, предоставление прав на недра сырьевых объектов, развитая инфраструктура, инвестиционные стимулы, квалифицированная рабочая сила по европейским стандартам, малое налоговое бремя – эти и еще несколько отличительных причин стимулируют интерес к сырьевой базе Португалии.

М. Исоков (Узбекистан) обращает внимание на то, что углеродсодержащие минеральные образования, например, битуминозные породы и горючие сланцы, широко распространены на территории Узбекистана, в последние годы интенсивно изучаются в связи с диверсификацией сырьевой отрасли. Высокое содержание металлов в нефтеносных сланцах, прогнозные ресурсы которых оцениваются в > 47 млрд т, позволяет считать их источником производства не только углеводородов, но и целого ряда таких элементов, как рений, молибден, ванадий, кадмий, селен, индий, кобальт, медь, цинк, вольфрам, скандий, редкие земли. Исследования переработки горючих сланцев бактериальными и бактериально-химическими методами показали, что введение биологических компонентов в классическую схему переработки обеспечивают 40–60% увеличения добычи сырой нефти. Разработанная технология позволяет получать полукоксуемую металлоносную золу, которая после извлечения может использоваться в качестве источника производства строительных материалов. Сланцы также считаются источником производства гуминовых удобрений. Полученные результаты доказали существенный вклад горючих сланцев Узбекистана в экономическую оценку промышленного значения.

Редкоземельные металлы. J. Simandl (Британская Колумбия, Канада) посвятил сообщение проблемам дефицита редкоземельных элементов. Сегодня ведущим продуцентом редкоземельных элементов является Китай с Fe-Nb-редкоземельными месторождениями Bayan Obo и др., связанными с карбонатитами. Там сосредоточено большинство месторождений легких редкоземельных элементов; вновь началась разработка карбонатитов месторождения Mountain Pass (США). Китайские отложения адсорбционной глины являются источниками большей части тяжелых редкоземельных элементов, сконцентрированных на связанных с карбонатитами месторождениях в перщелочных и перглиноземистых комплексах, пегматитах, метасоматических жилах, ионадсорбционных глинах (реголитах, перекрывающих гранитные породы) и океанических отложениях. При благоприятной рыночной конъюнктуре редкоземельные элементы можно получать как попутный продукт производства фосфатных удобрений, переработки урана на некоторых редкоземельно-флюоритовых месторождениях, Ti-Zr россыпях и месторождениях типа Olympic Dam. Идеальный объект редкоземельных элементов должен находиться в политически стабильной стране, рядом с инфраструктурой и рабочей силой, располагаться вблизи поверхности, иметь приемлемые экономические характеристики содержания/тоннажа, быть пригодными для металлургической переработки руды. Открытие и освоение одного гигантского богатого месторождения типа Bayan Obo либо освоение нескольких типичных, распространенных в карбонатитах месторождений за пределами Китая, должны помочь решить любую проблему ожидаемого дефицита легких редкоземельных элементов. Разработка связанных с перщелочной интрузией месторождений тяжёлых редкоземельных элементов (\pm Zr-Nb-Ta-Be), например Nechalacho (Австралия) или Kirawa (Канада), либо ионно-адсорбционных глин за пределами Китая, по-видимому, будет сдерживать колебания цен на HREE.

X. Yang и др. (Китай) привели результаты геохимических исследований различных доломитов месторождения Bayan Obo. В слабоминерализованных редкоземельными элементами доломитах содержания Ti, Mn и Fe низки по сравнению с высокоминерализованными. С-О изотопы богатых REE карбонатитов и минерализация показывают подобные мантийным изотопные числа $\Delta^{13}\text{C}$, но высокие числа $\Delta^{18}\text{O}$ 13,89–16,41‰ для кальцитов. Изотопы углерода и кислорода минерализованных доломитов значительно варьировали ($\Delta^{13}\text{C}$ 7,98–1,12, $\Delta^{18}\text{O}$ 8,60–25,69‰), что заметно отличает их от мантийных карбонатитов. Изотопы серы минерализованных доломитов демонстрируют два пика, которые отличаются от иерархической модели: один со средним $\Delta^{34}\text{S}$ 1,35‰, что указывает на глубинный мантийный источник, другой со средним $\Delta^{34}\text{S}$ +8,12‰, что выше мантийного. Изотопы серы баритов имеют типичное осадочное число. Авторы предположили, что минерализованные доломиты Bayan Obo представлены осадочными карбонатами, подвергшимися гидротермальному метасоматизму с участием карбонатитовой магмы и/или связанных с ней флюидов. Такой широкомасштабный процесс привел к образованию уникального Fe-Nb-REE месторождения.

J. Yang и др. (Финляндия) рассмотрели мировые месторождения редкоземельных элементов (REE) в перщелочных магматических породах, окисленной железной руде, карбонатитах, пегматитах, россыпях, стратиформных фосфатных остаточных отложениях, латеритных и распространенных в корях выветривания, а также их распределение, минералогические особенности, взаимозамещения, практику ГРП и производства. Описали методы обогащения на основных действующих фабриках-предприятиях Mountain Pass (США), Bayan Obo, (Sichuan Mianning, Китай), и выщелачивания коры выветривания (Китай). Проанализировали последние исследования и разработки технологий обогащения и извлечения REE, в том числе гравитационное обогащение, магнитную сепарацию, флотацию, гидрометаллургическое выщелачивание и др. из первичных и вторичных руд.

Н. Архипова и др. обратили внимание на возможности сырьевой базы редких металлов в России, новые типы месторождений и критерии их отработки. Россия занимает соседнее с Китаем место по ресурсам REE. На ее территории хорошо известны различные типы месторождений REE: обогащенные редкоземельными металлами (REM) цериевой группы (LREE) лопарит-уртитовые, бастнезит-карбонатитовые, пироксид-монацитовые коры выветривания карбонатитов, иолит-уртитовые с TR-апатитами; обогащенные REM иттриевой группы (HREE) колумбит-пироксидные щелочные граниты, редкоземельная кора выветривания алюмосиликатных пород, эвдиалит-луявритовые, ксенотимовые аллювиальные россыпи и др. Проведенные авторами металлогенические исследования на пяти REE-месторождениях позволили выявить новые закономерности образования и локализации месторождений. Установлено, что наиболее богатая REM кора выветривания карбонатитов образуется в условиях восстановительного эпигенеза с перекрытием латеритной коры углеродистыми отложениями. Для образования богатых месторождений бастнезит-карбонатитов, колумбит-пироксидных щелочных гранитов и других типов важнейшее значение имеет их локализация на окраинах кратонов либо микроконтинентов с присутствием древней сиалической коры в их фундаменте. Так, в 2007 г. открыто перспективное рудопроявление нового типа, где гидротермальная минерализация обогащена REM иттриевой группы, связанными с неоген-четвертичным вулканизмом (Вознесенский рудный район в Приморском крае). Результаты металлогенических исследований и геологоразведка расширяют критерии прогноза и поиска новых REM месторождений.

Е. Калиш и Е. Левченко (Россия) в своем докладе отметили, что потребление редких металлов интенсивно растет в различных отраслях промышленности, причем цены растут, особенно на конечные продукты металлургического передела. Российская минерально-сырьевая база – перспективный источник редких металлов, но месторождения отличаются более низким содержанием полезных компонентов по сравнению с аналогичными разрабатываемыми месторождениями других стран, высокой сложностью сырья и технологии его переработки. Увеличение глубины переработки руды позволяет получать продукты металлургического передела, металлы и соединения, цены которых в 10 раз и более выше цен на минеральные концентраты. В среднем эксплуатационные расходы и капитальные затраты увеличиваются вдвое на стадии химического и металлургического переделов, но глубина переработки руды позволяет повысить экономическую эффективность освоения месторождений редких металлов. Разработаны технологии переработки руд редких металлов, стронция, сподумена и ниобия, а также редкометалльных титановых россыпей для получения продукции, пользующейся высоким спросом – отдельных оксидов, солей, металлов и ферросплавов. Техничко-экономическая оценка показала, что технологическая цепочка рудник – обогатительная фабрика – металлургическое производство становится экономически эффективной.

А. Дмитриевский и Н. Скибицкая (Россия) посвятили доклад благородным, цветным, редким и редкоземельным металлам в месторождениях нефти России. На Оренбургском нефтегазоконденсатном месторождении получена сырая нефть – нетрадиционная разновидность углеводородного сырья, открытого в карбонатных залежах с ресурсами сырой нефти, превышающей 2,5 млрд т. Сырая нефть состоит из углеводородных и неуглеводородных соединений с включением весьма значительного количества сингенетических высокомолекулярных компонентов (асфальтенов, смол, парафинов и жиров). Помимо своей

ценности как углеводородного сырья и уникальных сорбционных свойств высокомолекулярных компонентов сырой нефти (НМWC), такие компоненты содержат аномально высокие концентрации единого ряда микроэлементов и металлов. В НМWC содержания ряда цветных, благородных, редких и редкоземельных металлов аномально высоки: Cu 600, Zn 1000, Sr 2000, Ag 3, Ni 1500; V 1000, Ga до 200, Y 60, Yb 1, В 200 г/т и др. Учитывая ресурсы сырой нефти на Оренбургском нефтегазоконденсатном месторождении, высокие содержания цветных, благородных, редких и редкоземельных металлов, а также возможность открытия подобных объектов на других газоконденсатных и нефтегазоконденсатных месторождениях, можно говорить о превосходных перспективах дальнейшего развития мирового рынка редких и редкоземельных металлов.

Ch.M. Sennitt и W.-J. Kim (Австралия, Южная Корея) привлекли внимание к открытию в Южной Корее двух крупных месторождений редкоземельных элементов – Hongchon и Eogaе San с двумя совершенно разными типами минерализации. Hongchon – фоскоритное поздней стадии образования железо-карбонатитное REE-Fe месторождение, сложенное позднепротерозойским карбонатитовым силлом, в котором присутствуют анкерит/железистые доломиты, сидерит, магнезит, родохрозит, кальцит вместе с магнетитом, гематитом, мартитом. Вмещающие гнейсы изменены до фенитов (альбитов) – результат натриевого метасоматоза, сопровождающего карбонатитовую интрузию. Промышленные минералы включают стронцианит, монацит, колумбит, фергусонит, магнетит и апатит, редкоземельные элементы – высокоценный тяжелый европий и легкие – церий, лантан, неодим, празеодим, самарий. REE-Zr месторождение Eogaе San приурочено к крупной раннекаменноугольной сиенитовой дайке, имеющей первичную трахитовую полосчатую структуру, образованную сегрегационными прослоями микроклина, кварца, магнетита, спекулярита и алланита. Вкрапления минерализации проявляются в ритмичной трахитовой полосчатости, представленной апатитом и монацитом, фергусонитом, пирохлором, эшинитом, эвксенитом, поликразом, бетафитом, колумбитом и танталитом. Тяжелые редкоземельные элементы включают иттербий, диспрозий, тулий, лютеций, тербий, эрбий, европий и холмий, легкие – неодим, церий, иттрий, лантан, празеодим, гадолиний и самарий, рассеянные элементы – ниобий, гафний, цирконий и тантал. Eogaе San залегает вблизи глубинного рифтово-сбросового контакта докембрийского массива Gyeonggi и пояса Ogchon. Эта структура, по всей вероятности, в раннекаменноугольный период захватила мантию, локализовались сиениты при частичном плавлении и фракционировании богатых флуорином мантийных щелочных гранитов типа А.

H.Y. Lee и др. (Южная Корея) продолжили рассмотрение генезиса Fe-REE месторождения Hongscheon. Концентрация магнетита, монацита, стронцианита, апатита, колумбита и фергусонита в карбонатных интрузиях, выявленных в биотитовых гнейсах Gyeonggi (Южная Корея), формируют рудное тело с содержанием Fe 21,1, REE 2,4, SrCO₃ 1,8, Nb₂O₅ 0,12 и P 2,9%. Стронцианиты показывают Ca_{0,02–0,16}Sr_{0,84–0,98}CO₃ с частичным замещением Sr кальцием. Красноватая часть колумбитов без тантала – манганоколумбит (Mn_{0,57}Fe_{0,24}Mg_{0,19})Nb₂O₆, а непрозрачная часть – ферроколумбит (Fe_{0,82}Mn_{0,15}Mg_{0,03})Nb₂O₆. В фергусонитах незначительно содержание фосфора и отсутствует тантал, его формула (REE_{0,90}Ca_{0,06}Th_{0,05})NbO₄. Монациты обогащены легкими редкоземельными элементами (LREE), например, Ce 34–36, La 20–22, Pr 6, Nd 6–7 мас.%, а содержание Ti в магнетитах незначительно. Химизм цельной породы указывает на относительно высокие содержания Fe₂O₃, P₂O₅ и SrCO₃ и низкие CaO и BaO по сравнению с нормальными феррокарбонатитами. Среднее содержание всех REE 20,080 кг/т до 40,22–50,731 кг/т. REE-индикатор фракционирования (La/Lu)_{cn} 3,325–43,000 и аномальный индикатор Eu/Sm 0,17–0,23. Содержания микроэлементов Nb, Ni, Co, Cr и V в образцах близки к их содержаниям в феррокарбонатитах. Данные по C и O устойчивым изотопам доломитов и стронцианитов показывают δC₁₃ –3,89...–9,31, δO₁₈ –18,0...–22,90‰ и явно свидетельствуют о магматическом происхождении месторождения Hongscheon, образованного расплавами карбонатитов поздней стадии (фоскоритами) с последующей вторичной гидротермальной минерализацией.

К. Камига и др. (Япония) представили оценку ресурсов редкоземельных элементов, содержащихся в отходах производства. Отмечено, что природные ресурсы Земли конеч-

ны и потребление редких металлов быстро растет при их неравномерном распределении и низкой концентрации в земной коре. В Японии различные виды необработанных отходов электроники захоронены до распространения рециклинга, редкие металлы не часто обнаруживаются в захороненных продуктах выщелачивания. Однако содержание ценных металлов намного выше, чем в естественных условиях. Их извлечение из участков захоронения может быть названо городской добычей. Авторы использовали образцы керна, отобранные на трех участках захоронения, для изучения содержания металлов, процессов обогащения и типов минералов. Исследованные захоронения содержат промышленные или городские отходы, образовавшиеся в течение различных периодов времени. Установлено высокое содержание металлов в промышленных отходах, а также в образцах керна золы мусоросжигательных заводов. Высокое содержание металлов тяготеет к зонам, содержащим гипс. Обогащение таких металлов, как Pb, Zn, Cu, Ni, Mn и Ti в керне, было связано с высокими концентрациями SO_3 и Cl⁻. Здесь же отмечались высокие концентрации Ba, Ce, La, Sn и Sr. Химический состав обогащенных редкими металлами зон отличается от состава других зон. С целью исследования временных и пространственных изменений вещественного состава проводятся эксперименты, в которых несколько контейнеров с золой мусоросжигательных заводов помещается в анаэробные условия в термостате при температуре 500°C для имитации условий захоронения.

О. Kömürçü, А. Aykol, Е. Sides (Турция) привлекли внимание к REE-содержащим пирокластическим пескам по результатам ГРП, проведенным компанией AMR Mineral Metal Inc., выявившей эти многокомпонентные минеральные ресурсы месторождения Çanaklı (район Isparta на юге Турции). Тяжелая фракция шлихов из выветрелых пирокластических туфов, связанных с калиевым вулканизмом, обогащена магнетитом, редкоземельными (REE) и другими элементами, возможно, промышленного значения.

Минерализованный материал очень тонкозернистый по сравнению с другими эксплуатируемыми или изучающимися месторождениями минеральных песков. Полученные по поверхностным канавам и керну буровых скважин данные использованы для оценки предполагаемых ресурсов месторождения Çanaklı. Результаты подтверждают гипотезу происхождения изученного материала как серии отдельных покровов пепловых туфов с периодическим участием процессов выветривания и образования почв. Эти пирокластические отложения предположительно плейстоценового возраста сохраняются в крупных депрессиях, подстилаемых и окруженных карбонатами с обломочными осадочными породами мезозойского возраста. Лабораторные исследования и испытания на пилотной обогатительной фабрике подтвердили, что концентрирование REE может быть значительно улучшено при использовании гравитационной и магнитной сепарации минералов и в качестве попутного продукта (магнетит) для промывки угля. Для технического и экономического обоснования производства REE и других минеральных продуктов проводятся металлургические испытания на пробах обогащенного REE концентрата пилотной фабрики.

В. Mercer и др. (Канада) охарактеризовал редкоземельное Zr-Nb-Ta месторождение Nechalacho, залегающее в Archean Blachford Lake щелочном интрузивном комплексе. Это одно из крупнейших месторождений редкоземельных элементов (REE) за пределами Китая, его ресурсы 88 млн т с содержанием 1,53% TREO общих редкоземельных оксидов, в том числе 0,26% тяжелых редкоземельных оксидов HREO от Eu до Lu, включая Y. Прогнозные ресурсы оцениваются в 223 млн т с 1,31% TREO, включая 0,19% HREO. REE минерализация распространена в самой верхней, гидротермально измененной части с минимальной мощностью 1,1 км при ширине 2 км расслоенных эгирин-нефелин-содалитовых сиенитов. Изучение минералогии с использованием петрографии, электронного микроскопа, Qemscan и Laser ICP-MS улучшило понимание REE минералогии и текстур, что привело к созданию металлургической переработки. Рудная зона содержит метасоматически-гидротермальный комплекс, состоящий из цирконов, монацитов, алланитов, бастнезитов, фергусонитов, колумбитов, магнетитов, биотитов и кварца, замещающих первичные магматические цирконосиликаты – эвдиалит и др. Наиболее высокие содержания HREE, демонстрирующие ярко выраженную горизонтальную зональность, отмечены в основании минеральной последовательности в связи с присутствием обогащенных HREE

цирконов и фергусонитов. Этот самый нижний кумулятивный уровень (азальная зона) содержит 1,5–2,5% TREO при средней мощности 30 м и отношении HREO/TREO 15–30%. Образование магматических кумулятивных уровней и последующее гидротермальное обогащение были ключевыми факторами образования месторождения.

S. Jaireth, D. Hoatson, Y. Miezitis (Австралия) рассмотрели главные минеральные системы редкоземельных элементов в Австралии, связанные с магматическими, осадочными и метаморфическими породами ряда геологических обстановок. Повышенные концентрации этих элементов установлены в карбонатитовых интрузивах, перщелочных магматических породах, железоксидных брекчиевых комплексах, известково-силикатных породах (скарнах), фтор-апатитовых жилах, пегматитах, фосфоритах, флювиальных песчаниках урановых месторождений несогласия, лигнитах и месторождениях песков с тяжелыми минералами. Распределение и концентрации REE в этих месторождениях подвержены воздействию разнообразных пороодообразующих процессов, включающих обогащение в магматических или гидротермальных флюидах, сепарацию в минеральные виды и осаждение, последующее перераспределение и концентрацию при выветривании и других поверхностных процессах. Лантаноидные REE (La-Lu) и иттрий образуют тесную ассоциацию с щелочными фельзитовыми магматическими породами, однако скандий в латеритных профилях имеет сродство с мафит-ультрамафическими магматическими породами. Существует значительный потенциал открытия высокосортных, крупнотоннажных месторождений REE в остаточных латеритных профилях карбонатитов и в щелочных магматических породах в районах развития докембрийских комплексов Австралии (например, Mount Weld). Остаточные латеритные месторождения, связанные с карбонатитами, обычно обогащены другими металлами, такими как цирконий, ниобий и тантал. Мезозойские щелочные вулканические провинции Восточной Австралии составляют область низкокачественной минерализации в первичных зонах трахитовых и ассоциирующих с ними щелочных пород. Открытие скандийсодержащих никель-кобальтовых латеритов, связанных с фанерозойскими мафит-ультрамафитовыми породами и REE-содержащими фосфоритами в разрезах кембрийских бассейнов, в последнее время привлекло интерес ко всей Восточной Австралии. Крупные железоксидные брекчиевые комплексы (например, Олимпик-Дам) могут быть важным источником попутных REE и предметом эксплуатации в будущем.

M. Sadeghi, M. Andersson, D. Larsson (Швеция) осветили предварительные результаты распределения редкоземельных элементов в Швеции. Редкоземельные элементы (REE) представляют собой группу из 15 элементов с уникальными химическими, электрическими и магнитными свойствами, незаменимыми в промышленности. Многие из них были впервые открыты в Швеции в конце XIX в., большинство исключительно на известном мировом руднике Иттерби. Элементы церий и лантан открыты в минералах района Бастнёс, рассматриваемого как наиболее перспективная площадь для ГРП в Швеции. Проявления REE: гидротермальные бастнезитового типа (Fe оксиды–Cu–REE); REE, связанные с железом-апатитовыми рудами; REE, связанные с щелочным карбонатитовым комплексом в Центральной Швеции; аномальные REE-фосфориты, встречающиеся в виде сланцев в районе Каледонии; перщелочные (агпайтовые) нефелиновые сиениты, например, месторождение Норра Кёрр, которое вмещает крупные предполагаемые минеральные ресурсы REE 60,5 млн т при среднем содержании 0,54% TREO с 53% HREO; гранитные пегматиты, вмещающие U- и REE-содержащие минералы. Использованы почвенные геохимические данные по проекту FOREGS (Европейской базисной программы картирования) и данные ГС Швеции, включающие геологическую, геохимическую информацию и данные по минеральным месторождениям. Во многих случаях в региональном масштабе существует сильная до умеренной корреляция между почвенными и литогеохимическими данными и даже минерализацией. В районе Мёларен концентрации REE, связанные с проявлениями морских глин, перекрывающих граниты и пегматиты, относительно высоки, особенно в верхнем почвенном горизонте, и во многих случаях они связаны с минерализацией в региональном масштабе.

R. Eggert (США) бурно высказывает опасение по проблеме задержки обеспечения растущего спроса на редкие и редкоземельные элементы, использовавшиеся до настоя-

шего времени в малых количествах, например, редкоземельные элементы в воздушных турбинах, гибридных автомобилях и флуоресцентном осветительном оборудовании, галлий, индий, теллур в тонкопленочных фотоэлектрических материалах, литий в батареях. Главное беспокойство по неудовлетворенному спросу вызывает, во-первых, геохимическая редкость некоторых элементов и временные задержки, связанные с вводом новых производственных мощностей; во-вторых, в ближайшем будущем ненадежность ограничений на экспорт сырьевых материалов в некоторых странах.

I. Chalmers (Австралия) рассматривает интрузив Toongi в 25 км к югу от Dubbo на востоке центральной части Нового Южного Уэльса, представляющий собой необычный шток щелочных трахитов юрского возраста, интродуцированный в толщу пологозалегающих переслаивающихся песчаников, алевролитов и базальтов. Трахитовый шток является одним из ряда магматических тел, которые образуют часть довольно крупного щелочного магматического комплекса в районе Dubbo.

Интрузив характеризуют равномерно повышенные содержания циркония, гафния, ниобия, тантала, иттрия и редкоземельных элементов (РЗЭ). Трахиты слагают грубоэллиптическое тело с ориентировочными размерами 850 м в широтном и 550 м в долготном направлениях, которое было разбурено по вертикали на глубину 100 м.

Породы сложены преимущественно лейстами тонко-среднекристаллического щелочного полевого шпата (ортоклаза), часто отороченными плагиоклазом (альбитом). В основной массе в подчиненных количествах встречаются пироксен (эгирин-авгит), очень немного кварца и рудных минералов. В составе рудных минералов преобладают силикаты циркония, обогащенные РЗЭ (эвдиалит и армстронгит 1). Минералы, богатые РЗЭ и цирконием (бастнезит и натрониобит), являются второстепенными составляющими. Большинство установленных рудных минералов имеет тенденцию локализоваться в интерстициях главных породообразующих силикатов в виде тонкозернистых сростаний, часто ассоциирующих и сростающихся с очень тонкозернистыми карбонатами, богатыми железом и марганцем (вероятно, сидеритом и родохрозитом). Эти сростания, возможно, относятся к поздней стадии кристаллизации – производной рудных флюидов, пропитывающих остывающую магму. Некоторые более грубозернистые проявления, особенно силикатов циркония, могут относиться к продуктам остаточной кристаллизации самой магмы.

P. Ihlen и др. (Норвегия) сделали доклад об апатитах, необходимых для производства фосфорных удобрений и служащих потенциальным сырьем для извлечения REE (лантанидов + Y). Среди самых разнообразных апатитовых месторождений Норвегии в основном магматические, по-видимому, имеют наибольший потенциал для разработки. Одно из наиболее перспективных залегают в монцоноритовой расслоенной интрузии Vjerkreim-Sokndal ранней неопротерозойской анортозитовой провинции Rogaland. В этой интрузии распространены три кумулятивные единицы с богатыми рудными зонами мощностью 15–90 м и длиной >3 км со средними содержаниями апатитов 9–10, ильменитов 14–16 и богатых ванадием магнетитов 8–11 мас.%. В поздних неопротерозойских – кембрийских карбонатитсодержащих комплексах залегают потенциальные месторождения, связанные с щелочными клинопироксенитовыми интрузиями: интрузия Misvaerdal во внутренней части каледонидов содержит ультракалиевые клинопироксенитовые дайки длиной 1–1,5 км и шириной 100–200 м со средним содержанием апатитов 7–12 мас.%. Тела богатых апатитами магнетит-клинопироксеновых кумулятов встречаются в авгит-монцититовых массивах пермского палеорифта Осло. Пригодные для открытой разработки рудные запасы рудного тела Kodal оценены в 70 млн т, содержание апатитов ~ 10, ильменомagnetитов 23 и ильменитов 3 мас.%. Апатиты содержат ~ 1 мас.% REE. Сопоставимые палеопротерозойские месторождения недавно выявлены в щелочно-известковых монцититовых-сиенитовых интрузиях в мангеритовом комплексе Lofoten-Vesteralen на севере Норвегии.

Th. Cramer и др. (Колумбия) сообщает о coltan месторождениях на востоке Колумбии, о необходимости исследования этих крупных, но малоизученных районов вблизи Бразилии и Венесуэлы. В ходе полевых работ получены образцы в районах Гуайния и Bugaga. Грохочение, магнитная сепарация, анализ плотности и зерен, рудная микроскопия, SEM, XRD, XRF и простой мокрый химический анализ позволили охарактеризовать

эти образцы. Их возраст сейчас определяется. Ta-Nb проявления в аллювиальных черных песках сопровождаются Fe и Ti оксидами. Их химический состав: Ta около 50, Nb 20%, высокие содержания Fe, Ti и низкие Mn. В ильменитах из Гуайнии встречаются богатые Nb рутилы и пироклоровые включения. Существуют богатые Ta касситериты. Пегматиты и кислый магматизм – основные первичные источники Ta, Nb, Sn, W и REE-минералов, но Ti минералы отличаются более комплексной геологией. Плохое знание действительно пригодной для промышленной разработки coltan минерализации часто ведет к разорению старателями площадей дождевых лесов, содержащих лишь Fe и Ti оксиды.

Новые типы месторождений редких металлов. Н. Sedati, А. Khakzad, Н.А. Torshizian (Иран) сообщили об изучении терригенно-эвапоритовых обнажений на площади, расположенной в Кашмире в пределах геологической карты района Feiz Abad, Северный Иран. По классификации структурных зон изучаемая площадь располагается на северной окраине Центрального Ирана в блоке Lout и южнее зоны Sabzevar. Наиболее важными геологическими особенностями этого района являются обнажения комплексов от докембрийского до кайнозойского возраста, связанные с активным разломом Darouneh, проявления магматической активности в третичное время, проявления минерализации особо ценных металлов. К неогеновым отложениям относят бурые конгломераты (Ngc), терригенные пачки (Ngcm), включая горизонты мраморов, глинистых сланцев и конгломератов. Выше этих пластов располагаются мощный слой красных песчаников, глинистые сланцы, гипсоносные мраморы и конгломераты (Ngmst), количество гипсов и мраморов в которых уменьшается вверх по разрезу с изменением до мраморов, глинистых сланцев и красных песчаников (Ngst). Перечисленные горизонты имеют возраст от миоцена до нижнего плейстоцена, изменяются по составу до гипсоносных мраморов, красных мраморов, глинистых сланцев и песчаников. В плейстоценовых гипсах имеются линзы целестина ($SrSO_4$), которые привели к образованию аномалий стронция и лития. Источник литиевых аномалий – континентальные рассолы, содержащие литий, поступивший преимущественно при выщелачивании местных магматических пород.

Y. Sun и др. (Китай) описали механизм концентрации лития в угольном пласте № 11, в горнодобывающем районе Pingshuo месторождения Ningwu, провинции Shanxi (Китай), где было отобрано 58 проб. Для их анализа использовались оптическая микроскопия, последовательная химическая экстракция, анализ SEM-EDX, рентгеновская дифракция измельченных в порошок образцов и ICP-MS. Результаты показали, что среднее содержание Li 364 мг/кг является промышленным содержанием. Общие запасы Li составили 3935 тыс. т или 843 214 т Li_2O в пласте № 11. Последовательная химическая экстракция показала, что концентрация лития в основном связана с неорганическим веществом и лишь ~ 4% с органическим. На месторождении известны каолиниты, бёмиты, хлоритовая группа, кварц, кальциты, пириты, сидериты и аморфная глинистая порода. Литий, вероятнее всего, распространен в хлоритовой фазе. Он, возможно, был также абсорбирован глинистыми минералами. Палеоподнятия Luliang и древний массив Yinshan скорее всего являются источниками Li в угле, не исключены также бокситы формации Benxi на севере бассейна.

P.L.F. Collins (Австралия) рассмотрел сподуменовые пегматиты в качестве важнейшего источника промышленного производства лития: богатых Li рассолов на пустынных участках (Чили, Аргентина, Китай) и литийсодержащих минералов в пегматитах (сподумен $LiAlSi_4O_8$). Спрос на литий по прогнозам будет активно расти с увеличением производства литиевых батарей для аккумулялирования энергии и электромобилей. Более 60% производимого сейчас лития обеспечивает сырье, получаемое на пустынных участках, но ожидаемый высокий спрос будет в основном удовлетворяться, вероятно, за счет обогащенной Li-Cs-Ta петрогенетической серии пегматитов орогенной ассоциации (сподуменовый подтип или альбит-сподуменовый тип пегматитов класса редких элементов). Сподуменовые пегматиты в Австралии имеют значительные выявленные ресурсы сподуменов, в том числе гигантский массив пегматитов Greenbushes (70 млн т, 2,6% Li_2O), пегматиты Mt Marion (14,8 млн т, 1,3% Li_2O) и Mt Cattlin (18 млн т, 1,08% Li_2O). Все они залегают в архейском кратоне Yilgarn (штат Западная Австралия). Эти пегматиты обычно удалены от материнских гранитоидов, не имеют концентрической или симметричной минералогической зонально-

сти вокруг кварцевого ядра и, как правило, отличаются низким содержанием тантала. На Greenbushes сподумены сосредоточены в кварц-сподуменовом слое мощностью до 100 м в основной массе пегматитов, тогда как многочисленные пегматитовые пласты или дайки на Maunt Marion и Maunt Cattlin имеют крупные удлиненные сподуменовые кристаллы, рассеянные в равномерно-зернистой кварц-полевошпатово-слюдяной основной массе. Данный пример, очевидно, более типичен для этих пегматитов (например, James Bay, Канада – 22 млн т, 1,25% Li_2O).

T. Dittrich и др. (Германия) остановились на необходимости улучшения технологии обогащения галлия – одного из «электронных металлов» в связи с ростом его потребления в высокотехнологичных областях (оптоэлектронике). Годовое первичное производство галлия в 2012 г. (216 т), по оценке авторов, вырастет к 2030 г. в 30 раз. Сейчас почти весь галлий извлекается как попутный продукт при обогащении бокситов, и лишь небольшая часть извлекается из цинковой руды. Во время латеризации различных типов пород (например, гранитов) и образовании бокситов галлий вовлекается в алюминийсодержащие фазы (гиббситы). Судя по запасам и оцененным ресурсам бокситов и принимая среднее содержание Ga в бокситах равным 50 г/т, доступное количество галлия авторами оценивается в 1,4 и 3,75 млн т. Кроме того, при годовой добыче бокситов (216 млн т/год) около 10,75 т/год галлия можно извлекать даже сегодня. Геологическая доступность не является ограничивающим фактором роста производства, препятствие составляют дорогостоящие и неэффективные технологии его обогащения. Из бокситов извлекается лишь 5–10% галлия, т. е. большая его часть уходит в глубоководный красный ил (30–40%) или поступает в глинозем (50–60%). Именно технологическая доступность ограничивает предложение галлия, для удовлетворения ожидаемого роста потребления необходимо улучшить существующую технологию и получить доступ к новым ресурсам. Новые ресурсы галлия могут содержать уголь (зола) и красный ил.

K. Jin и др. (Китай) сообщили о высоких концентрациях галлия в угольном пласте № 5 месторождения Gequan, а также Ga в угленосном бассейне Xingtai пров. Hebei, Китай. Пласт № 5 залегает в верхнекаменноугольной формации Taiyuan. Из него было отобрано 15 образцов угля с концентрацией галлия выше промышленного содержания. Среднеарифметическое значение содержания Ga 36 мкг/г. Эта цифра выше, чем промышленное содержание в добываемой руде (30,00 мкг/г). Авторы также проанализировали несколько образцов с двух других профилей того же пласта, концентрации Ga в них превысили 30,00 мкг/г. По данным компании Jizhong Energy Group Co. Ltd., доказанные запасы угольного пласта № 5 $2,9 \cdot 10^7$ т, что позволяет оценить ресурсы Ga в 710 т. По китайским стандартам, это среднее галлиевое месторождение. Концентрация галлия в угольных пластах предположительно возникла на стадии осаждения из алюмитов в выветрелой коре. Низкотемпературные гидротермальные флюиды, промежуточный магматический гидротермальный привнос и миграция грунтовых вод также могли быть причинами обогащения галлием в пермских каменноугольных пластах.

В Германии ученые обратили внимание на накопление индия в месторождениях цветных металлов как важного источника для его производства. Генезис и обогащение индием эксгаляционно-вулканогенных и вулканогенно-осадочных месторождений с заметным совместным обогащением селеном, кобальтом, висмутом, никелем, молибденом и оловом изучено в древних континентальных месторождениях и гидротермальных системах на океанском дне. Накопление индия в сульфидных месторождениях цветных металлов связано с тектоническими позициями, характерными для островных дуг и незрелых тыловодужных структур растяжения. Проникновение флюидов приводит к мобилизации индия и ряда других взаимосвязанных элементов из дифференцированных и богатых летучими глубинных пород-источников. Индий ведет себя достаточно консервативно, иммобилен во флюидной среде и едва совместим в ходе мантийного плавления и фракционной кристаллизации, но подвижен в расплавах, обогащенных кремнеземом. Прямой магматический источник летучих, часто предполагаемый, играет незначительную роль при заданной первичной концентрации в породах-носителях и приводит к эффективной металлогенической мобилизации в процессах изменений вмещающих пород, типичных для богатых индием

рудных месторождений. Позднее фракционирование в магматические сульфиды является главным и фактическим источником индия в сульфидных системах цветных металлов. Мобилизация индия может быть усилена отделением сверхкритической фазы и образованием горячих, обогащенных металлом гидротермальных рассолов в самых глубоких частях конвекционных ячеек. Двухстадийное введение индия в сплошные сульфиды в виде хлор-комплексов управляется соосаждением с медью, железом и цинком из позднестадийных высокотемпературных импульсов флюидов с преобладающей медью, из которых образуется богатый индием халькопирит, и замещением низкотемпературного сфалерита высокотемпературным богатым медью флюидом – конечным членом процесса.

А. Кременецкий и др. (Россия) охарактеризовали новый генетический тип Re-Mo-U месторождений. Промышленное производство ведется посредством выщелачивания *in situ*. В последние несколько лет более высокие содержания Re (до 3–10 г/т) обнаружены в терригенном пласте (C1) крупного урансодержащего угольного бассейна в Московской области. Все Re-Mo-U месторождения там локализованы в осадочных пластах, слагающих склоны погребенных выступов докембрийского фундамента и приуроченных к субширотным глубинным разломам. С помощью электронного микрозондирования установлено присутствие Re в трех формах: оксидной, сульфидной и свободной. Изотопно-геохимическое исследование детритовых цирконов, в которых распространена Re-Mo-U минерализация, показало, что U-Pb возраст цирконовых ядер 1600–1400 млн лет (56 г/т), что указывает на их образование в обстановке, обогащенной радиоактивными элементами. Поздние каймы рекристаллизации цирконов демонстрируют три стадии U-Pb возраста (млн лет): 250–370 – стадия седиментации (C1), 120–100 – первая стадия (K11) и 90–60 – вторая (K21-Pg) стадия постседиментационной активизации. В этом случае цирконовые каймы, образовавшиеся в процессе седиментации, характеризуются минимальными содержаниями U 611 и Th 37 г/т, тогда как в постседиментационных каймах они максимальны (U 3394, Th 56 г/т), что указывает на их образование в обстановке, обогащенной радиоактивными элементами. Судя по этим фактам, вышеописанные Re-Mo-U месторождения являются гидротермальными образованиями постседиментационного происхождения и связаны с зонами альпийской (K1-Pg) активизации погребенного палеофундамента.

P.L.F. Collins (Австралия) сообщил о новом типе V-Ti-Fe месторождениях в архейско-протерозойских расслоенных габбро-анортозитовых интрузивных комплексах западной и центральной частей Австралии. По мнению авторов, такие месторождения представляют собой значительный будущий источник V и Ti. В составе минерализации преобладают преимущественно горизонты массивного магнетита (70–80%) с кумулятивной структурой (подвергшейся отжигу) мощностью от нескольких сантиметров до > 30 м в многослойных до однослойных залежах и некоторым количеством залежей вкрапленных руд (10–20 об.% магнетита). Минералогия руд представлена доминирующими ильмено-магнетитом и ильменитом. Ванадий встречается в форме твердого раствора в магнетите. Ильменит обычно образует тонкие ламели распада в магнетите, что может влиять на извлечение Ti. Зернистый ильменит стремится накапливаться в верхней части индивидуальных горизонтов и на верхних уровнях минерализованных частей разреза. Эти отчетливые вариации в минералогии многослойных залежей находят отражение в бимодальном распределении содержаний V, Ti и Fe со снижением вверх по разрезу концентраций V, соответствующим ростом концентраций Ti и согласующимся снижением V/Ti отношений. Аналогичные тренды установлены на других ортомагматических V-Ti-Fe месторождениях в глобальном масштабе (например, в Бушвелде, ЮАР; Койвусаареннева, Финляндия) и свидетельствуют о едином механизме обогащения V-Ti-Fe в расслоенных интрузивных комплексах с внутренним циклическим механизмом накопления горизонтов магнетитов.

L.H. Hamilton (Австралия) посвятил доклад генезису месторождений биогенного графита. Угли и нефтяные сланцы могут быть преобразованы в графит в результате контактового метаморфизма, связанного с крупными магматическими интрузивами. Такое произошло на месторождении Undercliffe вблизи границы Нового Южного Уэльса и Квинсленда, где в графите были обнаружены окаменелости *Glossopteris*. Региональный метаморфизм также преобразует углеродистое вещество в графит, такой генезис приписывается шри-

ланкийским графитовым жилам в гранулитах и месторождению Uley в сланцах и гнейсах. Большинство мировых крупнейших месторождений встречается в метаморфических породах протерозойского возраста высоких ступеней метаморфизма. Некоторые локализованы в архейских метаморфических породах. Крупные стратиформные свинцово-цинково-серебряные месторождения районов McArthur River, Mt Isa и Broken Hill имеют аналогичный протерозойский возраст и содержат биогенный углерод. Остатки микробов найдены в обильном углеродистом веществе в рудах месторождения McArthur River, и хотя остатки углерода месторождения Broken Hill незначительны, графит в рудной залежи имеет биогенные изотопные признаки. Кроме того, проявления метана и карбонатов на этом руднике свидетельствуют, что большая часть первичного органического вещества была преобразована в ходе метаморфизма. Ассимиляция осадочных пород гранитами может приводить к остаткам графита, который накапливается в жилах. Пегматитовая жила месторождения Undercliffe содержит биогенный графит вблизи контакта с метаморфизованным углем. В Walcha, Новый Южный Уэльс, графит встречается в дайке микропегматитов в адамеллитах вблизи контакта с осадочными породами каменноугольного возраста. В Bakers Creek, Новый Южный Уэльс, графит также встречается в дайке микропегматитов и в кварцевых жилах, с которыми ассоциируют пирит, арсенопирит и золото. И в Walcha, и в Bakers Creek графиты имеют легкий изотопный состав, свидетельствующий о его биогенном происхождении.

К. Yonezu, Т. Okito (Япония) рассмотрели ниобий-танталовый потенциал района Abu Rusheid, расположенного в 90 км от Marsa Alam, на побережье Красного моря в южной части Восточной пустыни (Египет). Пустыня занимает площадь Аравийско-Нубийского щита, в котором распространена многочисленная минерализация Nb, Ta, Zr и RZE. Abu Rusheid залегает на докембрийском фундаменте, происхождение пород которого еще обсуждается, но считается, что они имеют осадочное (парагнейсы) или магматическое (граниты) происхождение. Для оценки ресурсного потенциала Nb и Ta отобрана партия проб из катакластических пород и отложений вадии с шагом 1000 м в долготном и 600 м в широтном направлениях. Образцы подверглись микроскопическому изучению, химический состав их определен с помощью XRF и ICP-MS. Установлены выделения колумбита размером до 30 мкм как носителя Nb и Ta. Валовые концентрации Nb и Ta в пирокластических породах достигают 1100 и 190 г/т. Более высокие концентрации Nb и Ta характерны для западной части изученной площади (более низкий уровень), тогда как концентрации в залежи вадии оказались более низкими. Nb/Ta отношение составляет около 6. Кроме того, с колумбитом часто ассоциирует окатанный циркон. Установлено, что RZE относительно обогащены легкими LREE в ассоциации с цирконом. Общие концентрации RZE и Zr достигают 500 и 4200 г/т. Аномально высокие концентрации Nb и Ta в ассоциации с Zr и RZE на этой площади могли быть связаны процессами седиментации, предшествовавшими метаморфизму.

Минеральные месторождения и рудоконтролирующие процессы (симпозиум 9). Структурный и тектонический контроль порфировых и эпитермальных месторождений. Геотектонической позиции и локальным геолого-структурным условиям локализации меднопорфировых и сопряженных золоторудных эпитермальных месторождений на 34-й сессии МГК были посвящены доклады, представленные на секции 9.1 «Структурный и тектонический контроль порфировых и эпитермальных месторождений в масштабах от складчатых поясов до района».

В большинстве докладов приведены результаты палеорекоkonструкций развития вулканических дуг, окраинно- и внутриконтинентальных вулканоплутонических поясов, условий формирования месторождений в таких обстановках, проанализированных с позиций теории тектоники плит. При реконструкциях широко используются изотопные исследования по U, Pb, Re, Os, S, C, O, K, Ar. С помощью датировок абсолютного возраста рудовмещающих пород и минералов определен возраст разномасштабных объектов – от конкретных месторождений до крупных регионов, отвечающих отдельным литосферным плитам. Изотопные данные по названным элементам использованы также для установления природы рудоносных расплавов, рудообразующих флюидов и рудного вещества. Осо-

бое внимание в докладах уделено анализу тектонических режимов сжатия — растяжения, влияющих с одной стороны на геолого-структурные условия рудолокализации, а с другой, на сохранность месторождений от эрозии.

Несколько докладов геологов Австралии, Мексики, России, США, Филиппин посвящены пространственно-временным отношениям и генезису меднопорфировых и эпитеpmальных золото-серебряных месторождений в объеме единых рудно-магматических систем мезо-кайнозойских ВПП — необходимого условия их формирования. Подобная работа, но в приложении к древним палеопротерезойским магматическим дугам Амазонского кратона, представлена специалистами Бразилии.

Различия в тектонических обстановках формирования меднопорфировых и эпитеpmальных кварц-адуляровых золото-серебряных месторождений проанализированы в докладе М. R. Tosdal (США). Им показано, что эпитеpmальные месторождения возникают над меднопорфировыми лишь при быстром подъеме рудоносных флюидов (без осаждения металлов) по проницаемым структурам в верхние части РМС, что возможно в обстановке тектонического растяжения.

Вопросы телескопирования эпитеpmальной золото-полисульфидной и порфировой минерализации с привлечением данных по геохимии петрогенных и рассеянных элементов, включая редкоземельные, рассмотрены также в докладе Castro Mora J. (Мексика) на примере рудного района Тавичи. На основе сопоставления с изотопными характеристиками супергигантских медно-порфировых систем Канады, США и Южной Америки сделан вывод о перспективах обнаружения крупных меднопорфировых систем в Южной Мексике.

Структурный контроль гигантских меднопорфировых систем в Чилийских Андах проанализирован К. McClay (Великобритания) и J. Skarmeta (Чили) на основе построения поперечных разрезов и аналогового моделирования. Данные системы, возраст которых варьирует от палеоцена до позднего миоцена, сосредоточены в складчато-надвиговых террейнах вдоль фронтальной части кордильеры в центральной и южной частях Чили и в складчато-надвиговом поясе кордильеры Домейко в северной. Анализ региональной тектоники и структуры отдельных месторождений показал, что порфировые системы формируются с позднего мела до сих пор и контролируются региональными деформациями сжатия, вызванными субдукцией. Эти деформации сопровождаются инверсией структур фундамента по меридиональным разломам (с углами падения от средних до крутых), возникновением сопряженных разломов растяжения, сдвигов, надвигов и складок. Рудоносные порфировые интрузивы сосредоточены вдоль главных разломов в зонах растяжения со стороны висячего бока складок. Возникновение разломов растяжения связывается с откатом субдукционного слэба в течение юры и мела.

Геотектонические обстановки, обеспечивающие сохранность меднопорфировых месторождений от эрозии, с позиции тектоники плит рассмотрены в докладах американских, австралийских и канадских участников конгресса.

A.T. Wurst (США) отметил, что лишь несколько крупнейших Au-Cu-порфировых месторождений мира имеют домезозойский возраст, что объясняется уничтожением древних порфировых месторождений после их формирования. Фундаментальными факторами сохранения порфировых систем являются геотектонические режимы, глубина и возраст формирования, а также климат. Au-Cu-порфировые месторождения обычно образуются в условиях сжатия. Впоследствии участки земной коры испытывают поднятие, приводящее к выходу месторождений на дневную поверхность и их эрозии вплоть до полного исчезновения. Порфировые месторождения могли сохраняться лишь в обстановках, способствующих погружению и захоронению в процессе аккреции, что обеспечивается режимом продолжительного сжатия. Подобные уникальные условия для образования и консервации гигантских порфировых Au-Cu месторождений возможны для особых участков древних поясов, прогноз которых возможен на основе палеореконструкций.

Подобный анализ в отношении третичных Au-Cu-порфировых и эпитеpmальных Au-Ag месторождений Филиппин проведен в докладе P. Cooke (Тасмания, Австралия), P. Hollings (Канада), R. Wolfe (Австралия), D. Braxton (Чили), M. Baker (Тасмания, Австралия). Описаны геодинамические обстановки, которые привели к сохранению или уничтожению

порфировых и эпитермальных месторождений в очень короткие периоды времени. В Северном Лизоне миоценовые Cu-Au-порфировые месторождения (например, Динкиди) сформированы около 25 млн лет назад в задуговой позиции, когда откат слэба вызвал миграцию дуги из Сьерра Мадре к западу в центральную кордильеру. Субдукция хребта Скарбораф под Северный Лизон около 4 млн лет назад привела к формированию крупных месторождений в районах Багуйо и Манкайан центральной кордильеры с аккумуляцией более 70 млн унций Au и 11 млн т Cu в период от 3 до 1 млн лет. В это время субдукция хребта способствовала уплощению слэба, быстрому подъему и эксгумации кордильеры. В итоге позднеплиоценово-плейстоценовые рудоносные порфировые интрузивы были подняты по филиппинской системе разломов под влиянием местных сжимающих напряжений. Около 2,3 млн лет назад порфировые месторождения Бойонган и Байуго были выведены на дневную поверхность, но затем происшедшая перемена в региональном режиме напряжений создала в Филиппинском разломе изгиб с местным растяжением и погружением, завершившимся погребением порфировых месторождений под чехлом отложений в несколько сот метров, накопленных за миллион лет.

Анализ пространственного распределения золото-серебряных месторождений и аргиллизитовых метасоматических изменений на о. Вудларк (Папуа — Новая Гвинея) относительно тел эксплозивных брекчий позволил провести прогноз и наметить бурение с целью выявления центральной части порфировой системы.

На основании анализа тектонических условий на момент образования порфировых систем высказано предположение о преимущественном формировании порфировых систем при слабопроявленных синрудных тектонических процессах и преимущественном формировании эпитермальных объектов при интенсивно проявленной синрудной тектонике, вскрывающей остаточные флюидные очаги и проводящей флюиды на значительное расстояние от рудогенерирующего массива.

На основании анализа возраста магматических и минерализационных событий на о. Лусон (Филиппины) и сопоставления этих событий со скоростью и особенностями субдукции, вызвавшей магматизм, сделаны выводы о том, что высокая скорость субдукции и активная тектоника препятствуют сохранению порфировой минерализации. Замедление погружения океанической плиты ведет к замедлению поднятия и эрозии в области рудообразования, что сохраняет большую часть рудных объектов. Этим объясняется различная рудоносность похожих гранитоидных массивов.

Изучение кварца из рудных прожилков (термолюминесценция, изучение микропримесей, анализ флюидных включений) на примере месторождения Фар Саус Ист (Филиппины) позволяет разобраться в деталях рудообразующего процесса.

Изучение состава пород, термобарогеохимические исследования флюидных включений и определение изотопного возраста жил позволили (на примере месторождений района Тренгалек, Восточная Ява, Индонезия) установить условия образования золото-серебряных месторождений. Возраст минерализации 16,3, перекрывающих туфов 15,6 млн лет. Температура рудообразования 190–230 °С на глубине 130–315 м от палеоповерхности грунтовых вод. Золото транспортировалось тиосульфидным комплексом и откладывалось при вскипании флюида и смешении с холодными метеорными водами.

Особое внимание уделяется условиям образования и сохранения от эрозии золото-серебряных и золото-медно-порфировых месторождений. Детально разработаны генетические модели объектов этих типов месторождений.

Значительное количество меднопорфировых месторождений с золотом и сопряженных с ними эпитермальных золото-серебряных месторождений открыто в Иране благодаря применению хорошо разработанных поисковых моделей данных объектов. Масштаб объектов средний, однако представляет интерес то, что они принадлежат не к Тихоокеанскому, а к Средиземноморскому и, возможно, к Урало-Монгольскому складчатым поясам.

Месторождения золота меди и полиметаллов порфирового типа с возрастом 1,89–1,88 млрд лет выявлены в Бразилии в пределах Амазонского щита. Их образование связывают с существованием там древнего интрузивно-вулканического пояса субширотного

го простираются. Выявлены древние кальдеры, сложенные породами андезит-риолитовых формаций.

Основные направления исследований:

- выяснение тектонических условий сохранности древних эпитермальных объектов;
- выявление и изучение древних порфировых объектов;
- выявление и изучение порфировых объектов за пределами Тихоокеанского складчатого пояса.

Примеры использования данных геохимических и изотопных исследований для анализа тектонических режимов развития континентальных окраин и процессов выплавления рудоносных магм приведены в докладах китайских и австралийских геологов.

Z. Hou., X. Pan, Q. Li., Z. Yang, Y. Song (Китай) показали, что гигантское золото-меднопорфировое месторождение Дексинг в Восточном Китае сформировалось во внутриконтинентальной обстановке на южной окраине кратона Янцзы. Цирконовое U-Pb и молибденитовое Re-Os датирование абсолютного возраста показало, что Cu-Au минерализация сформирована 171 млн лет назад. Хотя месторождение во многом сходно с медно-порфировыми объектами магматических дуг, рудовмещающие порфиры имеют особое происхождение. Эти породы несут разновозрастные микрогранулярные мафические включения и ассоциируют с региональными внутриплитными бимодальными сериями – базальтами-гранитами А-типа, сформированными в интервале 185–170 млн лет в Восточном Китае. Это высококальциевые известково-щелочные породы с геохимическими характеристиками, присущими адакитам. Но они имеют относительно высокие содержания MgO, Cr, Ni, Th и Th/Ce отношение. Их ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)I и Nd(t) близки к таковым, микрогранулярные мафические и цирконовые включения $\delta^{18}\text{O}$ и $\epsilon\text{Hf}(t)$ близки к деплетированной мантии. Приведенные данные позволили авторам предположить, что кислые магмы Дексинг возникли во внутриконтинентальной позиции при плавлении утолщенной ювенильной мафической нижней коры в средней юре. Мафические расплавы давали свободную воду для плавления нижней коры и поставляли S и металлы в водные, насыщенные кислородом неистощенные магмы в переходном режиме растяжения–сжатия.

В докладе J.-F. Xu, J.-L. Chen, G.-Q. Wang, B.-D. Wang и J. Li (Китай) геохимические различия между субдукционным и коллизионным типами рудоносных порфировых пород, вмещающих Cu-Mo-Au месторождения, объясняются разными источниками магм и динамическими механизмами формирования. В сравнении с коллизионным типом порфировых пород в субдукционном типе содержания редкоземельных элементов и иттрия заметно выше, а отношения Sr/Y, La/Yb и Dy/Yb ниже, вероятно, из-за наличия амфиболов и меньшего количества или отсутствия граната в их источниках. Породы субдукционного типа имеют геохимические характеристики, аналогичные нормальным островодужным вулканическим породам из преобразованных пород мантийного клина, в то время как породы коллизионного типа сходны с адакитами из корового источника глубокого заложения. На крупнейшем в Китае Cu-Mo-Au-порфировом месторождении Пуланг рудоносные порфировые породы отнесены к субдукционному типу. Они, вероятно, являются продуктами частичного плавления преобразованных пород мантийного клина, инициированного субдукцией движущейся к западу оторванной призмы океана Ganzhi-Litang.

В докладе T. Ireland (Австралия) проанализированы REE-SiO₂ отношения в островодужных магмах, отражающие изменение динамики субдукции, от которой зависит продуктивность меднопорфировых систем. Отмечено, что меднопорфировые месторождения локализованы в дискретных сегментах океанических и континентальных островных дуг с развитием субщелочных и щелочных серий и могут формироваться в период или после субдукции в течение 2–10 млн лет. С использованием диаграммы Харкера по кривой распределения REE сделан вывод, что рудоносные магмы островных дуг возникли в результате плавления амфиболитового источника – амфиболитовых мафических пород островных дуг, подслаивающих литосферу в результате значительного внутридугового сжатия, предшествовавшего этапу формирования порфировых систем. Какое-либо разрушение субдукционной геометрии приводит к частичному плавлению мафических пород с высвобождением кислорода и образованием обогащенных водой расплавов. Однако образование

месторождений возможно только в случае быстрого внедрения расплавов без остывания, что и происходило в Центральных Андах в условиях исключительно высоких скоростей деформаций.

Отдельные доклады были посвящены анализу геотектонической позиции домезозойских и более древних докембрийских меднопорфировых и сопряженных эпитегрмальных золоторудных месторождений.

C. Quinn, R. Glen, и I. Percival (Австралия) описали положение раннесилурийской Au-Cu-порфировой минерализации в магматической дуге Маккьюри в восточной части орогена Лаглан (Новый Южный Уэльс, Австралия), которая сформировалась в три этапа в ордовике–силуре. Упомянутая геоструктура отличается от зрелых дуг, обычно вмещающих меднопорфировые месторождения и развивающихся одновременно с субдукционными зонами. В частности, пояса вулканитов, имеющие химические характеристики субдукционной зоны, окружены идентичными турбидитами континентального происхождения. На основе палеорекопструкций с позиции тектоники литосферных плит построена модель циклического широкомасштабного подъема, разрушения и спрединга верхней плиты, кульминацией которых стало формирование минерализованных порфировых интрузивов. Есть предположение, что нетипичный химический состав вулканитов пояса, образовавшихся при субдукции, отражает обстановку растяжения и рифтогенеза континентальноокраинного комплекса внутри установившегося окраинного или задугового бассейна в начале позднего кембрия.

Позиция Cu-Mo-(Au)-порфировой и золоторудной типа высокой сульфидизации минерализации в палеопротерозойских магматических дугах Амазонского кратона, сформированной с 2,0 до 1,87 млрд лет, рассмотрена C. Juliani, L.V.S. Monteiro, C.M. Echeverri-Visas, B. Lagler и C.M. Fernandes (Бразилия). На основе палеорекопструкций описана история формирования крупномасштабных рудовмещающих вулканоплутонических структур, показана важная роль посткальдерных процессов, в ходе которых в кольцевых вулканоструктурах возникли трубки гидротермальных брекчий и резургентные купола, вмещающие высокосульфидную Au и Cu-Mo-(Au) минерализацию. Источником рудного вещества, по-видимому, являются риолитовые и риодацитовые штоки, прорывающие вышеописанные образования. Аналогичные интрузивы в золотоносной провинции Тарајос вмещают Au-(Cu)-порфировые месторождения (рудник Palito). На основе анализа данных региональных гравиметрической и магнитной съемок, а также металлогенической зональности сделан вывод о том, что магматические дуги 1,87 млрд лет назад были ориентированы в широтном направлении с задуговой (back-arc) площадью, расположенной к северу (So Felix do Xingu регион), где известные Au проявления ассоциируют с интрузивами золотоносных систем. Наличие эпитегрмальной и порфировой минерализации доказывают также объекты, обнаруженные на Iriгi и Xingu площадях, что повышает перспективы обнаружения месторождений в палеопротерозойских дугах Амазонского кратона.

В ряде докладов европейских, китайских и иранских геологов с позиций глобальной тектоники литосферных плит рассмотрена металлогения крупных регионов.

R. Moritz (Швейцария) проанализировал геодинамические обстановки, существовавшие при формировании металлогенического пояса Тетис (территории Грузии, Армении, Азербайджана). Отмечено, что в формировании металлогенических поясов Малого Кавказа участвовали процессы от юрско-меловой субдукции до масштабных неогеновых постколлизийных проявлений. Геодинамическая эволюция сопровождалась эпизодическим рудообразованием, обусловленным специфическими тектоническими и/или магматическими процессами. В истории образования поясов выделены четыре основных металлогенических этапа. На первом образовались слабоизученные жилы и массивные рудные тела с полиметаллической, золото-теллуридной и обогащенной медью пиритовой минерализацией, залегающие в вулканогенно-осадочных островодужных формациях средней юры. Образования второго этапа позднеюрского – раннемелового возраста включают меднопорфировые и эпитегрмальные золотые месторождения. Эти два ранних этапа связаны с процессами субдукции Тетиса вдоль евразийской границы. Третий этап, связанный с поздне-меловым рифтингом юрско-меловой магматической дуги и ее основания, – образование

вулканогенных пород контрастной формации и месторождений массивных сульфидных руд с переходом до благороднометалльных эпитермальных месторождений. Четвертый этап может быть подразделен на эоценовую стадию, включающую медно-молибденпорфировые месторождения, вероятно, связанные с заключительными этапами субдукции Неотетиса, и постколлизийную олигоцен-миоценовую стадию с молибден-меднопорфировыми месторождениями, которые образовались при столкновении Африкано-Аравийской плиты с Евразией. Взаимосвязь богатых третичных эпитермальных золотых месторождений с эоценовыми и олигоцен-миоценовыми стадиями все еще является объектом исследования.

R. Seltmann, T. Sercams (Великобритания) описали геотектоническую позицию меднопорфировых и сопряженных эпитермальных золоторудных месторождений Центральной Азии в поясе протяженностью почти 5 000 км. Формирование этих объектов связано с магматизмом с ордовика до юры. Магматические дуги в пределах субдукционно-аккреционных комплексов, входящих в состав сложных орогенных комплексов алтаид, развивались в позднем неопротерозое (R–V?) на палеозойском орогенном этапе до юры в обстановке внутрикратонного растяжения. На современном этапе развития в строении территории принимают участие фрагменты прежних бассейнов осадконакопления, островных дуг, аккреционных призм, тектонически совмещенных террейнов, состоящих из отложений различного возраста, от верхнепротерозойских до кайнозойских. Значительные медно-золото-молибденпорфировые и золоторудные месторождения формировались с ордовика до юры: Божакол и Талды-Булак в Кипчакской дуге; Юбилейное в Урало-Жарминской; Нурказган, Талды-Булак-Левобережный, Ою-Толгой, Хармагтай, Туву-Яндонг, Коксайское, Актогай, Коунрад и Саяк в Казахско-Монгольской; Кальмакыр-Дальнее, эпитермальное Кочбулак и Бенкала в Валериановско-Белтауско-Кураминской; Эрдэнэт, Дуобаошан и Вунугетушан в Селенгинско-Гобийско-Ханкайской. Изучение перечисленных объектов в разновозрастных магматических дугах, проанализированное с позиций тектоники литосферных плит, позволит, по мнению авторов, прогнозировать новые объекты.

Подобный подход применен H. Zhang (Китай) при описании геотектонической позиции меднопорфировых месторождений Китая. Положение этих объектов в пределах Tarim, Yangtze, Северо-Китайской и Южно-Китайской плит отличается от Североамериканского континента. Металлогенические провинции с меднопорфировыми месторождениями на территории Китая делятся на Палеоазиатскую (Paleo-Asiatic), Северного Тетиса, Южного Тетиса (Гималайская) и Тихоокеанского кольца (Circum-Pacific). Выделены три металлогенические эпохи – периоды образования меднопорфировых месторождений (млн лет): 14–16 (Qulong), 41 (Yulong) и 170–173 (Dexing). В последнее время в Западном Китае было найдено несколько меднопорфировых месторождений: Джама (Jiama), Ксионг-Кан (XiongCun), Дуолонг (Duolong), Туву/Яндонг (Tuwu/Yandong), Вунукету (Wunuketu) и др. Они сформировались при участии горячего транзитного магматического флюида, сосредоточены не только в окраинноконтинентальных (орогенных) поясах (orogenic transiting belts), расположенных между континентальными и океаническими плитами, а также в конвергентных внутриплитных (внутриконтинентальных) поясах. Поэтому эти месторождения характеризуются большим разнообразием продуктов рудообразования (скарновыми, жильными, гидротермально-метасоматическими и др.), связанным с гранитным магматизмом.

M. Aghazaden, Z. Badrzadeh (Иран) и Z. Ноу описали основные металлогенические пояса на территории Ирана. Молибден-меднопорфировые месторождения этой страны расположены в средней части орогенного металлогенического пояса Тетис и сосредоточены в четырех тектоно-магматических порфировых субпоясах: 1) Kerman (KPB) в юго-восточной части магматической дуги Urumieh-Dokhtar (UDMA) с гигантским месторождением Сарчешме (Sarcheshmeh) и многими другими менее крупными объектами; 2) центральная часть UDMA с несколькими недавно разведанными месторождениями (Kahang и др.); 3) Arasbaran (APB) в Северо-Западном Иране с месторождением Сунгун и др.; 4) Восточный Иран с несколькими мелкими порфировыми объектами. Выделение названных субпоясов подкреплено U-Pb датировками (по цирконам) пород отдельных месторождений. Определения абсолютного возраста в сочетании с геохимическими данными позволили

предположить, что порфировые месторождения Ирана формируются в обстановках от син- до постколлизийных.

В ряде докладов геологов Австралии, Македонии, Филиппин рассмотрены геолого-структурные условия локализации конкретных меднопорфиновых месторождений, включая объекты, недавно открытые при разбуривании на глубину жильных золото-серебряных и полиметаллических объектов, принадлежащих к верхним частям рудообразующих систем.

В докладе М. Aurelio, R.G. Rostata, M.L. Faustino, J. Patrimonio, I. Guevarra, N. Oliveros, C.J. Manipon, K.J. Taguibaо (Филиппины) описаны тектонические условия формирования Cu-Au-порфирового месторождения Бойонган-Байуго района Суригао дель Норте. Проведенные полевые структурные исследования и бурение скважин показали сложные взаимоотношения между разломами растяжения (сдвигами с растяжением), формированием кальдер и названным месторождением, погребенным под плиоцен-плейстоценовым вулканическим чехлом мощностью от 300 до 600 м в грабене Лейк Маинит (ЛМ) – пулапарт бассейне, контролируемом северным сегментом Филиппинской системы разломов (ФСР). Большая часть вулканического чехла выражена в форме двух отдельных кальдер: относительно недеформированной (круглой) кальдерой Пако со склоновыми потоками шириной 2 км и эродированной и деформированной (сплюсненной) кальдерой Маниайо длиной около 6 и шириной 3 км. Оси S1 и S3 эллипсоида напряжений в сплюсненной кальдере ориентированы СЗ-ЮВ и СВ-ЮЗ в соответствии с ориентировкой главных разломов растяжения, относящихся к ФСР-ЛМ системе. Восстановление структурной, геологической и вулканической истории двух в различной степени деформированных кальдер дает возможность, с точки зрения авторов, расшифровать ранее сформированные структуры, которые были погребены поздними вулканическими потоками и пирокластикой, что имеет прикладное значение для поисков скрытых месторождений.

В докладе М.А. Aurelio, E.S. Abano, G.J.R. Coderis, S.B. Eguia, V.B. Maglambayan, J.B. Galapon, F.Q. Cuyos., K.J.L. Taguibaо (Филиппины) приведены недавние результаты разбуривания нижних горизонтов медно-золото-порфирового месторождения Sto. Tomas II в районе Tuba, которое вскрыло богатое золотом, но бедное медью рудное тело. Этот факт, противоречащий общепринятым модельным построениям рудной зональности меднопорфиновых систем, может быть объяснен пострудными перемещениями по зоне разлома Sta. Fe Fault.

Структурный контроль формирования Au-Cu-порфирового месторождения Кадия Восточный в Австралии проанализирован N. Fox, D.R. Cooke, A.C. Harris и D. Collet. Месторождение локализовано в вулканитах Форест Риф в локальном суббассейне, вытянутом в восточном направлении и ограниченном сбросами северного и южного падения. Два стратиграфических маркирующих горизонта в верхней части стратиграфического разреза смещены по упомянутым разломам. Увеличение мощности маркирующих горизонтов в пределах суббассейна указывает на то, что эти разломы были активными во время осадконакопления. Движения по ним возобновились в позднем ордовике, привели к внедрению андезитовых даек и силлов, фиксирующих заключительную стадию накопления вулканических Форест Риф. В начале силура эти разломы вновь ожили и содействовали внедрению серии крутопадающих маломощных монзонитовых даек восточного простирания. Гидротермальные флюиды, связанные со становлением этих даек, сформировали в вулканических брекчиях и слоистой толще серию кварц-сульфидно-кальцитовых жил на глубине от 1500 до 500 м от современной поверхности. Жилы имеют простирание от восточного до юго-восточного и крутое падение к северу и югу. Над системой жил развита мощная (от 100 до 200 м) зона вкрапленной минерализации с низкими содержаниями Au и Cu. Рудная зона в целом имеет 2,5 км в длину, 0,8 км в ширину и вертикальный размах свыше 1,5 км. Нетипичная для порфировых месторождений геометрия рудной зоны отражает влияние структурно-литологического контроля рудоотложения в суббассейне Кадия Восточный.

G. Tasev, T. Serafimovski (Македония), A. von Quadt (Швейцария) и D. Serafimovski (Македония) представили в докладе данные разведки месторождения Кадика, расположенно-

го на востоке Сурдулицко-Осогово-Тасосской (Surdulica-Osogovo-Tasos) металлогенической зоны, которая ранее рассматривалась как специализированная лишь на жильный свинцово-цинковый тип оруденения. Руды месторождения локализованы во фреатомагматических брекчиях и сложены магнетитом, гематитом, лимонитом, халькозином, ковеллином. Халькозин и ковеллин, являющиеся минералами зоны вторичного сульфидного обогащения, слагают рудное тело протяженностью 600 м при мощности порядка 100 м. Ее разбуривание на глубину (более 250 м) привело к вскрытию жильных и прожилковых гипогенных руд, главным минералом которых является халькопирит, а второстепенными борнит, энаргит, магнетит, гематит, пирротин и др. Главные типы метасоматических изменений вмещающих пород – калишпатизация, кварц-серицитовые и пропилитовые изменения, а также аргиллизация с фрагментарно развитой лимонитовой шляпой вблизи поверхности.

Часть докладов посвящена отдельным направлениям изотопных и минералогических исследований на конкретных меднопорфировых и эпитермальных золоторудных месторождениях.

Среди них доклад N.H. Jansen, J.B. Gemmell, Z. Chang, P. Hollings (Австралия–Канада), в котором с использованием Re-Os, K-Ar датировок и изотопии S и O в галлаузите и пирите описан генезис меднопорфировой и сопряженной эпитермальной минерализации площади Серро Ла Мина (Cerro la Mina) в Южной Мексике. Подтверждено ранее выдвигавшееся положение о факте смешения метеорных и магматических вод при рудообразовании.

N. Fox, D.R. Cooke, A.C. Harris (Австралия), K. Faure и D. Colett (Новая Зеландия) проанализировали изотопию турмалина на гигантском Au-Cu-порфировом месторождении Cadia East NSW в качестве индикатора происхождения и эволюции гидротермальных флюидов.

В докладе T. Serafimovski, G. Tasev (Македония), A. von Quadt (Швейцария), D. Rogozareva, A. Donkova-Petrushova (Македония) на основе датировок абсолютного возраста, данных по изотопии S, C и O, а также изучения флюидных включений проанализированы условия формирования Cu-порфировых месторождений Сербо-Македонского массива.

В двух докладах охарактеризована медная с золотом и серебром минерализация в щелочных интрузивных массивах зон активизации древних кратонов с использованием данных изотопной геохимии, проанализированы условия возникновения недонасыщенных кремнекислотой щелочных порфировых систем.

В докладе Н. Шатовой, В. Шатова, А. Молчанова, А. Терехова и О. Соловьева (Россия) описаны петрография и геохимия эруптивных брекчий Рябинового золото-меднопорфирового месторождения, расположенного в северо-западной части Эльконского горста в пределах Центрально-Алданского щита (Южная Якутия). Месторождение связано с высококалиевыми интрузивными породами Рябинового штока, сложенного эгирин-авгитовыми щелочными сиенитами, сиенит-порфирами и нордмаркитами алданского комплекса, а также лампрофирами и брекчиями с лампрофировым цементом, относящимися к тобукскому гипабиссальному комплексу. Рябиновый шток (до 7,6 км в поперечнике) внедрился в архейско-протерозойские гнейсы и гранитогнейсы. Геохронологическое датирование его пород методом U-Pb (SHRIMP) показало возраст 143,3–125 млн лет. Эруптивные брекчии образуют серию даек, дайкообразных тел, трубок (диатрем), достигающих 1500 м в длину и мощности до 350 м. Они прорывают минерализованные интрузивы алданского комплекса. Цемент брекчий сложен темноцветным мелкокристаллическим флогопит-калийшпат-клинопироксен-оливиновым агрегатом с непостоянной примесью вторичных карбонатов, хлорита и серпентина. В брекчиях заключены многочисленные остроугольные обломки сиенитов и кристаллов КПШ размером от нескольких миллиметров до 4–6, а иногда до 25–50 см.

Среди докладов, посвященных моделированию рудообразующих систем и месторождений, доклад И.Ф. Мигачева, О.В. Мининой и В.С. Звездова (Россия) о рудно-магматических системах порфирового типа в вулканоплутонических поясах востока России.

Рудно-магматические системы (РМС) порфирового стиля с месторождениями цветных и благородных металлов широко распространены в окраинно-континентальных вулкано-

плутонических поясах (ВПП). Во внутренних частях таких систем, в эндо-экзоконтактовых зонах рудоносных порфировых штоков, обычно локализованы меднопорфировые и жильные золото-кварцевые месторождения, во фланговых – жильные золото-полисульфидные, скарновые медные и полиметаллические, во внешних (верхних и периферийных), преимущественно в вулканитах, – близповерхностные жильные, штокверковые и стратонидные золото-серебряные, медно-мышьяковые и серные. Нередко в РМС пространственно сопряжены месторождения различных этапов формирования ВПП, а также их фундамента, в совокупности образующие комплексные рудные узлы.

По обстановкам локализации и пространственно-временным соотношениям разнотипных месторождений РМС ВПП востока России разделены на группы. К первой отнесены системы, приуроченные к рудоносным интрузивам на сочленениях выступов фундамента поясов с вулканотектоническими депрессиями, ко второй – РМС в крупных многофазных плутонах магматогенных поднятий субстрата ВПП с редуцированным развитием комагматических вулканитов, к третьей – системы типа интрузивов под вулканом в поднятых блоках фундамента ВПП. Для РМС этих групп установлена латеральная, латерально-вертикальная, вертикальная магматическая и рудная зональность. В особую группу включены системы, отличающиеся сжатостью по вертикали и совмещением разнотипной минерализации в зонах рудоотложения.

Для проанализированных обстановок разработаны интегрированные прогнозно-поисковые модели РМС. Элементы моделей (структурные, петрологические, метасоматические, минералогические, геохимические, геофизические) рассматриваются в качестве прямых и косвенных поисковых признаков таких систем, которые могут быть установлены геологическими, геохимическими и геофизическими методами.

Созданные модели использованы для выделения потенциальных рудных районов и прогноза в них слабоэродированных и скрытых месторождений, в первую очередь молибден-меднопорфировых, признаками которых на современной поверхности могут быть проявления золото-полисульфидной, золото-серебряной и медно-мышьяковой минерализации.

Железооксидно-золото-медные месторождения (в отечественной геологической литературе известные как месторождения типа Олимпик-Дам) объединяют месторождения малосернистых низкотитанистых магнетитовых или гематитовых руд, обогащенных медью и золотом, иногда также ураном и/или редкоземельными элементами. Подобные месторождения выделены в обособленную группу в начале 2000-х годов. На специальной сессии МГК-34 в составе этой единой группы рассмотрены различные по составу и генезису месторождения Олимпик-Дам (медно-железо-золото-урановое), железо-скарновые (железооксидно-апатитовые) (Соколово-Сарбайская группа, Кируна и т. п.) и нередко сопряженные с последними железо-медно(золото)-скарновые, медно-порфировые (с магнетитом) и ряд близких по составу объектов.

Проведенными между 33- и 34-й сессиями МГК исследованиями проблема прогнозирования и поисков месторождений железооксидно-золото-медного типа получила дальнейшее развитие.

В ряде докладов обсуждались новые данные, отражающие различия между месторождениями типа Олимпик-Дам (Австралия) с одной стороны и магнетит-апатитовыми объектами типа Кируна (Швеция) с другой, гидротермальными месторождениями железа, богатыми магнетитом медно-золото-порфировыми и скарновыми железо-медными, рассматривавшимися в единой группе месторождений ЮСГ. В первую очередь это относится к различиям в геотектонической позиции характеризуемых месторождений, а также в составе рудообразующих флюидов и источников серы для формирования руд.

Другая группа авторов рассматривает месторождение Олимпик-Дам в качестве одной из составляющих более широкой группы объектов, образованных в ходе развития специализированных в отношении оксидов железа крупных гидротермальных систем. Эти рудные системы, связанные с оксидами железа и зонами щелочного метасоматоза, включают собственно месторождения типа Олимпик-Дам, а также похожие на них, но лишенные меди и золота объекты, связанные с интрузиями, которые формируются в широком интервале глубин.

Предполагается, что на ранних этапах развития таких систем формируются региональные зоны Na-Ca-Fe состава, далее с уменьшением объема следуют K-метасоматиты, затем Fe-Na-Ca (Fe-K-Ca), и завершается эта последовательность отложением ассоциации оксидов железа и апатита. Классические месторождения типа Олимпик-Дам образуются позднее, чем эти окисленные, дефицитные по отношению к сере образования, и представляют собой продукт дополнительного эффекта другого флюида седиментогенного или гидротермально-магматического происхождения. Масштаб системы циркуляции флюида, последовательность структур и литологических разностей, разнообразие источников металла и сочетаний флюидов обеспечивают широкое разнообразие типов оруденения. Развитие исследований таких систем позволит выработать дополнительные критерии прогнозирования месторождений типа Олимпик-Дам.

Высказывается предположение о том, что разнообразие, присущее месторождениям ЮСГ, сродни внутривидовой изменчивости порфировых, скарновых, метасоматических и др. месторождений.

Разнообразие месторождений типа Олимпик-Дам по составу руд определяет следующие особенности рудообразующих систем:

- источники энергии, обеспечивающие перенос гидротермального флюида;
- источники рудных компонентов и флюидов;
- наличие благоприятных для рудоотложения подводящих каналов для флюида;
- присутствие физико-химических барьеров, благоприятных для осаждения рудных компонентов.

В нескольких докладах особо подчеркнут ряд важных поисковых критериев месторождений типа Олимпик-Дам. Это общая ураноносность исследуемых объектов; эталонному объекту отвечают крупная уран-редкоземельная аномалия, широкие поля развития Na-Ca метасоматоза и калиевых метасоматитов.

Высказана также уверенность в возможности локализации месторождений типа Олимпик-Дам не только в древних архей-протерозойских комплексах, но и в палеозойских образованиях:

– показаны возможности использования комплексного каротажа керна поисковых скважин в сочетании с непрерывной регистрацией минералого-геохимической информации. Такое комплексирование при обработке данных создает пространственную картину распределения характеристик окolorудных изменений, позволяющую корректировать направление поискового бурения; как наиболее информативные для оценки близости к руде рассматриваются сведения о составе светлых слюд и хлорита;

– высоко оценена эффективность метода фотографирования и сканирования керна поисковых скважин (в зоне окolorудных гидротермальных образований) в видимой и ИК-области спектра (длина волн от 400 до 2 500 нм) с линейным разрешением 8 мм. Использовался разработанный в Австралии аппаратный комплекс для оперативного автоматизированного изучения керна. При изучении спектров слюд, минералов ряда эпидот-хлорит отчетливо фиксируются зоны медной минерализации, вскрытые скважинами, в том числе на некотором (десятки метров) удалении от скважины. Констатируется уверенное автоматическое выделение зон медной минерализации, вскрытой скважинами;

– обоснована необходимость комплексирования геофизических (электромагнитных, сейсмических и радиометрических) методов, а также геохимических методов, включая геохронологические данные и ИК-спектрометрию керна поисковых скважин в условиях ведения прогнозирования и поисков объектов типа Олимпик-Дам с мощным чехлом перекрывающих осадочных и вулканических образований;

– подчеркнута важная роль объемного моделирования месторождений типа Олимпик-Дам. Предложено использование пакета прикладных программ GoCAD 3D для объемной визуализации комплексной геолого-геохимической информации при поисках. В качестве исходной информации для оконтуривания потенциально перспективных зон гематитизации и накопления магнетита рекомендовано комплексирование данных детальной грави- и магниторазведки, геологических разрезов по скважинам с данными

о составе пород и гидротермально-метасоматических изменений, результаты геохимических исследований.

В ряде докладов МКГ-34 дается описание месторождений этого «несчастливого» семейства (the unhappy family).

В работе М. Hitzman (США) охарактеризована степень сходства-различия между классическими месторождениями типа Олимпик-Дам, Австралия (иначе именуемых железоксидно-золото-медно-урановыми) и магнетит-апатитовыми объектами типа Кируна (Швеция). Первые – гидротермально-магматические образования, содержащие промышленно важные скопления меди и золота, приуроченные к структурно контролируемым зонам брекчий и связанные с регионально проявленными зонами Na- или Na-Ca изменений, иногда с зонами развития минеральных ассоциаций, формирование которых связано с воздействием аномально высокой температуры и давления. Кроме того, для них характерно широкое развитие оксидов железа с низким содержанием титана и/или силикатов железа, которые пространственно тесно, но парагенетически связаны с осажденными позднее сульфидами меди и железа. Нехарактерны обилие пирита и интенсивное окварцевание. Явно выражена связь с главными интрузивными комплексами во времени, но не всегда в пространстве. Вероятно, большая часть классических месторождений типа Олимпик-Дам сформировалась в интракратонных обстановках докембрия. С другой стороны, магнетит-апатитовые месторождения, подобные Кируна, в геологическом времени проявлены иначе. Многие из них сформировались в условиях сближающихся окраин и проявляют очевидную пространственную и генетическую связь с интрузивными телами основного состава. Однако, по данным изучения флюидных включений, предполагается, что медь в обоих случаях переносилась сходными флюидами, но в случае месторождений типа Кируна для осаждения меди не было условий. Такое понимание сходства химического состава гидротермальных флюидов и различий в геологической обстановке формирования представляется, по мнению автора, критически важным для планирования и проведения ГРП на эти типы оруденения в масштабе месторождений и рудных полей.

В качестве особых гидротермально-магматических систем рассмотрены месторождения типа Олимпик-Дам, залегающие в архейских толщах металлогенической провинции Каракас, Бразилия, в сообщении L.V.S. Monteiro с соавторами из университетов Сан-Пауло и Кампинас, а также компании ИНСТ (Бразилия). Такие месторождения располагаются в краевых частях архейских тектонических блоков Рио Мария и Каракас вдоль зон субширотного ориентированных сдвигов. Вмещающими породами являются тоналиты Бакаба и Секвериньо (абс. возраст 3,0 млрд лет), граниты Серра Дурада (2,86 млрд лет), тальк-тремолитовые сланцы зеленокаменного пояса Сапукайя (2,97 млрд лет) и метавулканиды супергруппы Итакайюнас (2,76 млрд лет). Эти образования прорваны гранитоидами Соссега (2,74 млрд лет) и небольшими штоками известково-щелочных риолит-дацитовых порфириров, одновозрастных с норитами. Зоны развития фельзитов и мафитов в пределах блока Каракас пространственно совпадают с областями развития медной минерализации. Перечисленные образования прорваны дайками кварц-полевошпатовых порфириров (1,88 млрд лет), которые в наименьшей степени подверглись изменениям. Выделены три зоны региональных изменений: дистальная (богатые скаполитом милониты), промежуточная (включает магнетит-апатит-актинолитовые породы) и проксимальная (породы, подвергшиеся калиевому метасоматозу и хлоритизации, одновозрастные Cu-Au оруденению и залегающие в структурах, сформированных за счёт хрупких деформаций). Преимущественно магматогенный источник гидротермальных флюидов и серы установлен для Cu-Ni-Zn оруденения м-ния Кастанья, где преобладают пирротин-пентландитовые и магнетитовые залежи. Смешанный изотопный состав, характерный для смешения горячих высокоминерализованных магматогенных металлоносных флюидов и метеогенных вод во время воздымания системы, свойствен большинству крупных месторождений (Соссега, Кристалино, Альво-118).

Использование в качестве поисковых признаков геохимических особенностей зон гидротермальных изменений, сопровождающих рудные залежи месторождений типа Олимпик-Дам, обсуждается в докладе J.-F. Montreuil с соавторами из ГС Канады и На-

ционального ин-та исследований в области наук о Земле и экологии провинции Квебек, Канада. Зоны гидротермальных изменений, возникающие в процессе формирования месторождений типа Олимпик-Дам, весьма обширны, проявлены как на региональном, так и на локальном уровне и могут приводить к глубоким изменениям минерального состава, структурно-текстурных особенностей и химического состава вмещающих пород. Для гидротермальных изменений, присущих месторождениям типа Олимпик-Дам, характерна стадийность, выражающаяся в смене состава метасоматитов по мере понижения температуры в системе от натриевых к кальциево-железистым, калиево-железистым и, наконец, калиевым. Изучение подвижности химических элементов в гидротермальных системах типа Олимпик-Дам показало, что в них даже такие обычно малоподвижные элементы, как Ta, Nb, Th, Ti и РЗЭ, могут практически полностью вовлекаться в интенсивную миграцию. Геохимическое моделирование с использованием анализа композитных данных и метода главной компоненты показало, что геохимическая специфика изменений (натриевых, натриево-кальциево-железистых, кальциево-железистых, кальциево-железисто-калиевых, калиевых и калиево-железистых) — следствие крайне высокой подвижности химических элементов. Различия этих характерных зон статистически воспроизводимы, а возникновение этих зон слабо зависит от состава исходных пород. С помощью метода главной компоненты удалось выбрать показатели степени изменённости пород, а используя дискриминационные диаграммы, оценить, насколько состав исследуемых пород похож на состав зон изменений, присущих месторождениям типа Олимпик-Дам. На картах регионального масштаба с помощью показателей степени изменённости обозначена степень зрелости систем, связанных с месторождениями типа Олимпик-Дам.

Вопросам классификации рудных объектов типа Олимпик-Дам посвящено сообщение Н. Chen (Корейская Народная Республика). Источники металлов в рудах месторождений типа Олимпик-Дам в большинстве случаев достоверно не установлены. Однако происхождение серы из таких внешних источников, как седиментогенные рассолы и морская вода (месторождения Централных Анд и металлогенической провинции Карахас, Бразилия), глубинные артезианские воды и метаморфогенные флюиды (месторождения р-на Клонкарри, Австралия) либо вмещающие породы карбонатитового массива (Палабора, Южная Африка) считаются установленными на ряде месторождений рассматриваемого типа. Однако только сера эвапоритов хорошо диагностируется по значениям $\delta^{34}\text{S} > 10\text{‰}$, в то время как для глубинных артезианских вод или метаморфогенных флюидов значения этого показателя ниже, например, в случае месторождений Клонкарри. В последнем случае присутствие флюида из внешнего по отношению к рудообразующей системе источника устанавливается по другим признакам, например, по составу изотопов благородных газов. На основании таких доводов месторождения типа Олимпик-Дам можно определить как группу (в авторской терминологии — клан) месторождений состава $\text{Cu} (\pm \text{Au} \pm \text{Ag} \pm \text{U})$, богатых гипогенными оксидами железа (магнетитом и/или гематитом), в которых сера, заимствуемая из внешних источников, может играть важную роль в формировании рудной минерализации меди, золота, серебра и урана. При таком подходе все магнетитовые месторождения типа Кируны, гидротермальные месторождения железа и богатые магнетитом порфириновые $\text{Cu}(\text{Au})$ и скарновые $\text{Cu}(\text{Au})$ месторождения из группы исключаются. Оставшиеся объекты можно разделить на две подгруппы по преобладанию той или иной минеральной формы оксида железа, ассоциирующей с оруденением гематита или магнетита. Выделенные по этому признаку гематитовые и магнетитовые месторождения типа Олимпик-Дам неспецифичны относительно вмещающих пород или тектонических обстановок формирования, а их возраст изменяется от неогархейского до плейстоценового.

Состав и строение объектов типа Олимпик-Дам, выделяемых в палеопротерозойской металлогенической провинции Каньян на юге КНР, охарактеризованы Х. Zhao и его коллегами из ун-та Гонконга/Сянган, КНР. Месторождения этого типа обнаружены в палеопротерозойских образованиях групп Доньчуан и Даонгшань на юге КНР. Эти породы тянутся полосой более 350 км, южная часть которой, отделённая тектонической зоной Красной реки, прослеживается к югу на территории Вьетнама. Происхождение этих место-

рождений – предмет дискуссий. По мнению авторов, структурно-текстурные особенности руд, их минеральный состав и характеристики сопровождающих их зон изменений типичны для месторождений типа Олимпик-Дам. Рудные тела обычно приурочены к ядрам антиклинальных складок, перегибам и пересечениям тектонических зон и литологическим контактам. Месторождения этого типа тесно ассоциируют с многочисленными зонами брекчий, обломочная составляющая которых представлена либо рудовмещающими, либо изверженными породами. Основными рудными минералами являются магнетит, гематит, халькопирит и борнит; в качестве попутных компонентов могут присутствовать золото и серебро. На дорудные натриевые метасоматиты наложены калиевые и зоны развития гематита и магнетита. Сульфиды меди, вероятно, одновозрастны окварцеванию и несколько моложе оксидов железа. Рудообразующие флюиды высокоминерализованные, богатые углекислотой, вероятно, они возникли при смешении магматогенных и эвапоритовых компонентов.

Определения возраста по циркону (U-Pb метод) и молибдениту (Re-Os метод) показали, что металлогеническая провинция Каньян развивалась в течение продолжительного периода, а формирование руд здесь было многостадийным. Возраст главной стадии рудоотложения составляет 1,66 млрд лет и примерно совпадает со временем внедрения интрузий долеритов. Периоды образования зон гидротермальных изменений 1,45 и 1,08 млрд лет. Авторы полагают, что месторождения металлогенической провинции Каньян формировались в обстановке интракратонного рифта.

Геологические особенности медного месторождения Таневасна (типа Олимпик-Дам), находящегося в западной части кратона Бастар, Центр. Индия, охарактеризованы в сообщении M.L. Dora (ГС Индии) и его соавторов из ун-та г. Нагпур. Здесь рудная минерализация приурочена к серии кулисно расположенных кварц-барит-хлоритовых жил, сформировавшихся в зоне сдвига северо-западного простирания, которая пересекает массив гранитоидов, следуя субпараллельно бортам рифта Годавари. Гранитоиды, вмещающие упомянутые жилы, содержат зоны регионально проявленных Na-метасоматитов, образовавшихся одновременно с зоной сдвига; позднее на них наложились зоны интенсивного K-метасоматоза. К завершающей фазе последнего приурочены формирование брекчий, цемент которых богат магнетитом, и Cu-Au оруденения. Рудная минерализация имеет жильно-прожилково-вкрапленный характер и развивается по зонам сдвига и плоскостям трещиноватости. Естественное обогащение оруденения за счёт ремобилизации происходило в периоды повторной активизации зоны сдвига. Рассматриваемое месторождение довольно значительно по запасам Cu, Au и Ba (содержания в рудах 1,0–3,1, 0,12–1,3 и 1833–19746 г/т), а запасы меди, рассчитанные по бортовому содержанию 0,55% при глубине карьера 180 м, составляют 6 млн т. Данные о флюидных включениях свидетельствуют, что общая минерализация флюида менялась от 2,46 до 29 экв. вес.% NaCl, сохранялся водно-углекислотный состав, а температура гомогенизации включений находилась в пределах 120–251 °С, что согласуется с данными геотермометрии по хлориту (соотношение Fe/Fe+Mg). Вышеперечисленные признаки свидетельствуют о магматическом происхождении рудообразующих флюидов. Данные о химическом составе пирита и магнетита также свидетельствуют в пользу принадлежности данного месторождения к типу Олимпик-Дам. Помимо м-ния Таневасна, к данному типу в Индии относятся м-ния меди Хетри и Сингбхум.

Месторождения типа Олимпик-Дам как одно из подразделений более обширной группы объектов, образованных в ходе деятельности специализированных в отношении оксидов железа гидротермальных систем, охарактеризовал Т.М. Porter, представитель собственной консалтинговой компании. Рудные системы, связанные с оксидами железа и зонами щелочного метасоматизма, включают широкий круг разнообразных объектов и собственно месторождения типа Олимпик-Дам, похожие на них, но лишённые меди и золота объекты, а также месторождения, связанные с интрузиями. Широкий интервал глубин, где образуются эти системы и связанные с ними зоны гидротермальных изменений (Na/Ca/K + mgt/hm), дают представление о режимах циркуляции флюидов в этих системах, захватывающих всю мощность литосферы. Практически все эти месторождения связаны с крупными магматическими комплексами, включающими в себя переменные доли анатектических гранитоидов

и связанных с мантией дифференцированных мафических пород и промежуточных разновидностей. Судя по результатам изучения изотопного состава образований, эти системы включали по крайней мере одну из разновидностей флюида: мантийную, углекислотную, гидротермально-магматическую, весьма высокоминерализованную, богатую железом и щелочами, гидротермально-магматическую, метаморфогенную, седиментогенную. Наиболее ранний этап, обычно гидротермально-магматический, даёт начало регионально проявленным зонам Na-Ca \pm Fe (альбит/скаполит \pm магнетит, $T > 500$ °C), за которыми с уменьшением захватываемого объёма и площади следуют K-метасоматиты (биотит/КПШ \pm магнетит, $T \sim 450$ °C), затем Fe-Na-Ca (магнетит-скаполит-апатит-актинолит) или Fe-K-Ca (магнетит-КПШ-актинолит \pm карбонат) на более глубоком или высоком уровне, и завершается эта последовательность отложением ассоциации оксидов железа и апатита. Классические месторождения типа Олимпик-Дам формируются позднее, чем эти окисленные, дефицитные по отношению к сере образования, и отражают дополнительный эффект другого флюида, обычно седиментогенного или гидротермально-магматического происхождения. Классические месторождения типа Олимпик-Дам располагаются на уровне стабильности изменений, от глубинной Na-K фации до сравнительно близповерхностной мусковит-серицит-гематитовой (< 250 °C). Масштаб системы циркуляции флюида, последовательность структур и литологических разновидностей, разнообразие источников металлов и сочетаний флюидов дают широкое разнообразие типов оруденения. Понимание иерархии участвующих в рудообразовании систем автор считает необходимым для надлежащей оценки генезиса и индивидуальных особенностей месторождений типа Олимпик-Дам.

Т.М. Porter в другом своём сообщении охарактеризовал магматизм и околорудные изменения, присущие обстановке формирования месторождений типа Олимпик-Дам. Связанные с оксидами железа и зонами щелочного метасоматизма рудообразующие системы, которые, в частности, могут заключать в себе месторождения типа Олимпик-Дам, известны на всех континентах. Площадь зон изменённых пород от десятков до тысяч квадратных километров, их вертикальный размах достигает половины мощности земной коры, а связанные с ними месторождения могут формироваться на глубинах от 12 и более до 2 км и менее. По результатам изотопных исследований, эти системы обязаны своим происхождением по крайней мере одному из следующих флюидов: 1) мантийному гидротермально-магматическому, богатому углекислотой и летучими компонентами; 2) гидротермально-магматическому сверхминерализованному, богатому железом и щелочами; 3) высокотемпературному магматогенному; 4) седиментогенному; 5) маточному (остаточному) рассолу соленосных толщ. Все эти месторождения одновозрастны породам, слагающим батолиты, — анатектическим гранитоидам и дифференцированным мантийным породам среднего-основного состава, сопровождаемым крупнообъёмными излияниями комагматических им бимодальных базальт-андезитовых и фельзитовых лав и пирокластов и/или внедрением также одновозрастных интрузивных тел основного состава, от мелких интрузивных тел до крупных расслоенных комплексов площадью 100 тыс. км² и более. Эти наблюдения демонстрируют общелитосферный масштаб магматизма и связанных с ним флюидно-циркуляционных систем, дающих начало месторождениям типа Олимпик-Дам. Интенсивный крупномасштабный магматизм — следствие поддвигания литосферных плит в приподошвенной части субкоровой литосферной мантии и/или результат взаимодействия плит непосредственно под поверхностью Мохоровичича, происходивших в определённые периоды геологической истории Земли. В обоих случаях в процессе участвуют крупные мантийные очаги, где происходит дифференциация вещества, которые возникают в результате расслаивания коры и образования срывов либо в ходе развития мантийных плюмов. В любом случае из-за декомпрессии происходит плавление вещества верхней мантии на глубине обычно менее 100 км. Такие взаимодействия литосферных плит, анатектический магматизм и высокотемпературный метаморфизм генерировали тепло и флюиды, поддерживая деятельность циркуляционных ячеек, осаждение руд и развитие огромных зон изменений в образованиях коры.

Сходство на уровне систем и различие на уровне составляющих их объектов применительно к оруденению, относимому к типу Олимпик-Дам, охарактеризовал M.D. Barton

(ун-т штата Аризона, США). К этому типу месторождений, впервые выделенному в 1980-х годах, относятся рудные объекты, бедные серой, в образовании которых решающая роль принадлежит высокоминерализованным рассолам. Ранее установлено, что важнейшей характеристикой таких систем является уровень содержаний низкотитанистого магнетита и/или гематита порядка $n \times 101\%$ наряду с аномально высокими содержаниями фосфора, меди, золота, РЗЭ, кобальта и/или урана. Выделение Олимпик-Дам как типа в геолого-промышленных классификациях привело к затушёвыванию роли естественных ассоциаций химических элементов в рудах. В ряде случаев для объектов ранга месторождения или рудного поля отмечается зональное строение, причём внешняя Ca-Na зона, обеднённая промышленно ценными компонентами, переходит в богатую магнетитом и далее в богатую гематитом ($\pm K, H+$); последняя может нести промышленные содержания Cu, Au или U. Далее могут располагаться руды, бедные оксидами железа. В недавних сводках в качестве важных факторов возникновения той или иной разновидности зональности и накопления в системе золота и меди отмечены состав исходных пород, впоследствии подвергшихся изменениям, содержание серы и источники её поступления, а также глубина развития системы. Во многих случаях отмечены признаки наличия в рудообразующей системе метеогенных и/или седиментогенных флюидов, циркуляция которых объяснялась многими факторами. Такие системы можно рассматривать в качестве континентальных гидротермальных систем, содержащих как высокоминерализованные флюиды, так и растворы с меньшим содержанием солей. Разнообразие, присущее месторождениям типа Олимпик-Дам, сродни внутривидовой изменчивости порфирировых, скарновых, метасоматических и других месторождений.

Вопросы обоснования поисковых критериев при проведении ГРП на объекты типа Олимпик-Дам и проблемы методики картирования перспективности территорий на эти объекты освещены в сообщении R. Skirrow и его коллег из правительственного агентства Geoscience Australia. Образование месторождений типа Олимпик-Дам требует одновременного соблюдения четырёх условий: 1) наличия источника энергии, обеспечивающего перенос гидротермального флюида; 2) наличия источника рудных компонентов (металлов и серы) и флюидов; 3) наличия благоприятной для рудоотложения структуры подводящих каналов для флюидов, 4) присутствия зон градиента физико-химических характеристик (барьеров), где условия благоприятны для осаждения рудных компонентов. Эти условия соблюдаются для рудообразующих систем типа Олимпик-Дам в северной части Квинсленда и в Южной Австралии, где важным аспектом является ураноносность этих объектов. Здесь в ходе ГРП картировались все признаки из упомянутых выше четырёх групп. Результатом стало создание карт ураноносности этих двух территорий. В северной части Квинсленда наибольшая вероятность обнаружения месторождений типа Олимпик-Дам установлена в породах группы Истерн Маунт-Айза, перекрытых молодыми безрудными образованиями. Однако потенциал ураноносности здесь оценивается не слишком высоко из-за значительной глубины древнего эрозионного вреза. Значительная перспективность палеозойских рудообразующих систем установлена в регионе Этеридж. Что касается территории шт. Южная Австралия, то здесь мезопротерозойские образования металлогенической провинции Олимпик могут продолжаться дальше к западу, чем это предполагалось ранее, и достигать района Кубер Пиди Ридж. Положительно оценена перспективность северной части металлогенической провинции Кэрнамона, где возраст отложений и обстановка их формирования сходны с установленными для эталонного объекта – кратона Гаулер.

Геолого-структурные особенности и состав изотопов серы очень богатых руд молибден-рениевого месторождения Мерлин, расположенного в рудном районе Маунт-Айза, Австралия, охарактеризованы в сообщении P.G. Kirkby из ун-та Тасмании и его коллег из компании Ivanhoe Australia. Это месторождение наложено на систему типа Олимпик-Дам – медное месторождение Маунт-Доре, которое заключено в зоне Na-Ca метасоматов регионального масштаба, на фоне которой проявлены более мелкие зоны калишпатизации, карбонатизации и хлоритизации. Молибденитовые залежи месторождения Мерлин залегают в тектонических брекчиях осадочных пород и гранитоидов Маунт-Доре в преде-

лах субмеридионально ориентированной зоны разлома. Последняя – один из продуктов позднего этапа хрупких деформаций, завершавшего весьма длительный этап развития региональной по масштабам зоны сдвига. Молибденит подвергся воздействию пострудных тектонических деформаций.

Узкий интервал значений $\delta^{34}\text{S}$, присущий молибдениту этого месторождения, даёт основание предполагать единственный источник серы в общей восстановительной обстановке рудообразования ($\delta^{34}\text{S} \sim 6\text{‰}$). Судя по показаниям Ti/Zr геотермометра и сведений о температуре отложения молибденита, руды формировались в интервале 400–600 °С. Наиболее вероятная модель рудообразования – продуцирование магматогенного флюида в апикальной части батолита Уильямс и последующее поступление этого флюида в зону глубинного разлома. Характерной чертой рудообразующего флюида было обогащение его парогазовой фазы молибденом и рением. Конденсация металлоносных паров происходила при смешении пара с относительно холодными и богатыми сульфидной серой метаморфогенными водами, находившимися в изотопном равновесии с чёрными сланцами. Наиболее вероятной представляется такая последовательность событий в ходе формирования упомянутых месторождений: оруденение типа Олимпик-Дам (м-ние Маунт-Доре) сформировалось при вскрытии зоной разлома циркуляционной системы над апикальной частью гранитоидного массива, а месторождение Мерлин – итог более глубокого проникновения разлома непосредственно в граниты.

Состав рудообразующих флюидов молибден-рениевого месторождения Мерлин изложен в сообщении J.A. Greene (ун-т Тасмании) и его коллег из Geoscience Australia и компании Ivanhoe Australia. Молибден-рениевое месторождение Мерлин, руды которого являются самыми богатыми в мире среди такого рода объектов, расположено в протерозойском Восточном складчатом поясе на выступе Маунт-Айза, Австралия. Руды месторождения Мерлин постгенетические относительно залежей месторождения Маунт-Доре, в краевой части которого оно располагается. Маунт-Доре относят к типу Олимпик-Дам. Месторождение Мерлин залегает в зоне тектонических брекчий, подвергшихся пропилитизации и K и Si метасоматозу. В придонной части установленной рудной залежи с помощью метода катодной люминесценции выявлена генерация кварца, связанного с молибденитом. Кварц содержит жидкостные и паровые включения низкой плотности. Значения температуры гомогенизации флюида в этих включениях перекрываются (средние 396 и 377 °С); солёность в обоих случаях низкая (модальное значение 1,9 вес.% NaCl). С помощью рамановской спектроскопии в их составе установлена только вода. Вероятно, эти включения сформировались во время разделения фаз, так что значения, полученные для температуры их гомогенизации, соответствуют истинной температуре захвата флюидов. Сопоставление этих значений с граничными для полей устойчивости кварца показало, что существовала вероятность его ретроградного растворения. Флюиды, сформировавшие месторождение Мерлин, близки к критической точке существования маломинерализованного слабогазо-насыщенного водного флюида, т. е. на большей глубине при более высокой температуре флюид должен был находиться в надкритическом состоянии.

Несмотря на то что месторождение Мерлин находится вблизи месторождения Маунт-Доре, относящегося к типу Олимпик-Дам, и наследует общую тектоническую структуру последнего, состав исследованных здесь флюидов резко отличается от такового месторождений восточного продолжения Олимпик-Дам, для которых характерны высокая минерализация и насыщенность CO_2 . Месторождение Мерлин явно отличается по специализации и характеру рудообразующих флюидов от месторождений типа Олимпик-Дам.

McGloin и A. Tomkins (ун-т г. Монаш, Австралия) выдвинули предположение о возможности наличия в рудном районе Маунт-Айза перспектив обнаружения *ураноносных* объектов типа Олимпик-Дам. Эталонный объект – месторождение Олимпик-Дам – огромная U-РЗЭ аномалия. В образованиях, слагающих другие месторождения этого типа, обогащение этими элементами тоже отмечается, но процессы, вызывающие его, мало исследованы. Например, породы, слагающие разведочный участок Валгалла, находящийся в пределах выступа Маунт-Айза, богаты магнетитом и, как многие системы типа Олимпик-Дам, пространственно связаны с анорогенными гранитоидами. Урановые рудные залежи здесь обо-

гащены такими обычно малоподвижными элементами, как Y, Zr, Nb, Ti и PЗЭ. Главные фазы-концентраторы урана – браннерит и гидротермальные U-Zr минералы; для поздней стадии характерна ассоциация уранинит-гематит. Магнетит присутствует в небольшом количестве, однако в составе главной продуктивной ассоциации, где оксиды Ti и U содержат Fe^{2+} , гематита нет. По сравнению с месторождением-эталонном, где гематит и магнетит встречаются в изобилии, на данном участке образование руд происходило в более восстановительной обстановке. Подобно эталонному объекту, на участке Валгалла отмечено обогащение пород флюоритом; ранние стадии окolorудных изменений здесь представлены Na-Ca метасоматитами, за которыми следует K-метасоматизм, однако на этом участке породы не обогащены медью и золотом. Авторы предполагают, что оруденение, развитое на участке Валгалла, связано с гранитоидами, на что указывают обогащённость руд фтором и инконгруэнтными элементами, а также пространственная корреляция с батолитом Сибела. Для Олимпик-Дам характерны высокие содержания F, присутствие гидротермального циркона в гематитовой брекчии, а также чередование зон, обогащённых U и PЗЭ с зонами, богатыми Cu и Au. Вероятно, соединения фтора, продуцированные гранитоидами, сыграли важную роль в обогащении системы типа Олимпик-Дам ураном и PЗЭ. Отсутствие накопления Cu и Au в породах участка Валгалла можно объяснить переносом этих металлов в составе хлоридных комплексов.

Стадийность рудообразования, состав стабильных изотопов серы молибденита и оценка возраста рений-осмиевым методом Fe-Cu месторождения Лала, Юго-Западный Китай, охарактеризована в сообщении W.T. Chen и M.-F. Zhou (ун-т Гонконга/Сянгана, КНР). Лала, одно из крупнейших месторождений типа Олимпик-Дам на территории КНР (юго-запад страны), входит в состав металлогенической провинции Каньдянь. Запасы руд здесь составляют более 200 млн т при среднем содержании железа 13 и меди 0,92%. Рудные тела приурочены к палеопротерозойским вулканогенно-осадочным образованиям. Оруденение развивается по сланцеватости, литологическим контактам и зонам сдвига. Выделено пять парагенезисов (I–V), первые три относятся к рудным. Парагенезисы II и III представляют собой главные стадии рудообразования. Образования стадии II – массивные и полосчатые метасоматиты, в которых преобладают апатит и низкотитанистый магнетит, а стадии III – пропластки сульфидов Fe, Cu и Mo, также (в подчинённом количестве) магнетит и минералы PЗЭ. Флюиды II и III стадий отличались повышенными значениями $\delta^{18}O$ 7,2–11,7 и $\delta^{34}S$ 0–4‰, что указывает на их гидротермально-магматическое происхождение. Это отличает образования II и IV стадий: в последних значения $\delta^{18}O$ ниже (4,1–6,7‰), а разброс значений $\delta^{34}S$ больше (–9,0...+10,5‰), что типично для метаморфогенных образований. Возраст молибденита III стадии по Re-Os методу оценивается в 1086 ± 8 млн лет, что близко к установленному для территории современного Юго-Западного Китая возрасту внутриплитного магматизма (~ 1100 млн лет). Авторы полагают, что большая часть Fe-Cu месторождений в провинции Каньдянь сформировалась именно в условиях обстановки внутриплитного растяжения примерно 1100 млн лет назад, хотя на ряде других объектов имели место некоторые важные события, связанные с метаморфизмом IV стадии.

Подходы к объемному изучению структурно-текстурных особенностей руд месторождений типа Олимпик-Дам с помощью рентгеновской томографии высокого разрешения и значение полученных результатов для определения генезиса объекта и разработки методов извлечения промышленно ценных компонентов изложены в работе D. Holwell и его коллег из ун-та Лестер (Великобритания) и международной компании Xstrata. Рентгеновская компьютерная томография высокого разрешения – быстрый неразрушающий метод, позволяющий выполнять реконструкцию и трёхмерную визуализацию внутренней структуры изучаемых материалов. Метод основан на регистрации разности значений плотности в определённом объёме, что вполне соответствует задачам изучения структурно-текстурных особенностей пород и руд, в которых рудные минералы, выделяющиеся высокой плотностью, обычно находятся в массе менее плотных силикатных или карбонатных жильных минералов. При трёхмерном отображении с разрешением, достигающим первых микрон, внутреннее строение пород и минералов отображается с высокой точностью и распознаётся гораздо быстрее и уверенней, чем при использовании только традиционных методов

отображения на плоскость. Авторами выполнено трёхмерное изучение облика брекчиевых руд месторождения Эрнст Генри из рудной провинции Клонкарри (Австралия); месторождение относится к типу Олимпик-Дам. Главная зона рудных брекчий этого месторождения характеризуется тем, что сульфиды здесь находятся исключительно в цементе, тогда как магнетит наблюдается как в цементе, так и в составе обломков. Пирит является ранней фазой и находится в цементе, а халькопирит – поздняя фаза, причём этот минерал образует выделения неправильной формы, часто приуроченные к контактам зёрен пирита; другая форма выделений халькопирита – сростания с магнетитом. Для второстепенных минералов установлено, что золото, ураноторит и шеелит тесно ассоциируют с пиритом, тогда как галенит и барит равномерно распределены в массе цемента. Результаты авторского томографического изучения свидетельствуют в пользу того, что зарождение частиц золота происходит вокруг зёрен раннего пирита, содержащегося в цементе брекчий, а Au, Cu, а также Au и магнетит образуют фазы, проявляющие индивидуальные особенности при их извлечении в ходе переработки руд.

Рений-осмиевый метод определения абсолютного возраста в решении проблем эволюции рудообразующих систем типа Олимпик-Дам, располагающихся в рудном районе Клонкарри, охарактеризовал М. Jones (ГС Австралии) и его коллеги из ун-тов Колорадо и Осло. Геологоразведочные работы в металлогенической провинции Клонкарри привели к открытию двух значительных молибден-рениевых объектов – Мерлин и Кэлман. Мерлин – уникальный Mo-Re объект в пределах старого горнодобывающего района, включающего медное месторождение Маунт-Доре, разработка которого ведётся с 1860-х годов. Рудная минерализация месторождения Мерлин приурочена к субширотной ориентированной зоне сдвига, протянувшейся на десятки километров и маркируемой телами графитовых сланцев. На месторождении Кэлман примерно в 90 км к северо-западу от месторождения приурочено к сбросу Пилгрим, тектонической структуре север-северо-восточного простирания, прослеженной на несколько сотен километров. Здесь тоже отмечены графитовые сланцы. Сочетание крупной тектонической структуры и графитовых сланцев рассматривается как важный фактор рудообразования. Авторами получены новые Re-Os датировки по пробам из трёх скважин с одного профиля протяжённостью около 650 м. По трём пробам молибденита с месторождения Кэлман получена оценка возраста 1,475, а по одной 1,560 млрд лет. Результаты сопоставимы с ранее полученными оценками возраста месторождения Мерлин. Как Мерлин, так и Кэлман – долгоживущие рудные системы глубинного заложения. Графитовые сланцы способствовали сосредоточению тектонических нагрузок и локализации зон сдвига и сбросов, являвшихся подводными каналами для рудоносных флюидов.

Результаты геохронологических исследований с использованием методов SHRIMP II и ИСП-МС с лазерной абляцией на объектах типа Олимпик-Дам, расположенных в металлогенической провинции Карахас (Бразилия), приведены в публикации С.Р.N. Moreto из ун-та г. Кампинас и её соавторов из ун-тов Бразилии и Австралии. Соссега, Бакаба и Кастанья, месторождения типа Олимпик-Дам, располагаются в пределах ориентированной в ЗСЗ направлении зоны сдвига, принадлежащего структурам т. н. Южного медного пояса – составной части металлогенической провинции Карахас. Месторождение Соссега вмещают гранофировые граниты Соссега – 2740 ± 26 , граниты Секуэриньо – 3010 ± 21 , габбронориты Соссега – 2739 ± 6 и кислые метавулканиты Писта – 2968 ± 15 млн лет. Всего в районе, по данным геохронологических исследований, выделены четыре фазы магматизма (3,0; 2,96; 2,86 и 2,74 млрд лет). Первые три рассматриваются как дорудные. Это вполне вероятно, поскольку месторождения типа Олимпик-Дам сформировались либо в одной, либо в связанных между собой гидротермальных системах, вмещающих более молодые образования, такие как гранофировые граниты Соссега, габбро-нориты того же названия и порфиры Кастанья. Фактически фаза магматизма, наступившая 2,74 млрд лет назад, могла способствовать становлению палеогидротермальной системы, породившей месторождения типа Олимпик-Дам, которые составляют Южный медный пояс. Нарушения в земной коре типа региональных неоархейских зон сдвига были главными тектоническими элементами, контролировавшими развитие систем типа Олимпик-Дам.

Подходы к оценке ресурсов объектов типа Олимпик-Дам в металлогенической провинции Карахас (Северная Бразилия) изложены в сообщении В. Shi (компания CSA Global) с соавторами из бразильской компании Avanco. Металлогеническая провинция Карахас в южной части Амазонского кратона – одна из богатейших минеральных сокровищниц мира. Здесь выявлены значительные запасы железа, меди, золота, марганца, никеля, МПГ и алюминия. Есть ссылка на результаты геостатистического моделирования (ординарный кригинг), проведённого на месторождениях Антас Норт и Педра Бранка, относящихся к типу Олимпик-Дам.

Особенности состава и строения железорудного месторождения Сэвидж Ривер (о. Тасмания, Австралия), обнаруживающего определённое сходство с объектами типа Олимпик-Дам, охарактеризованы J. Taheri с соавторами из Управления минеральными ресурсами о. Тасмания, Австралия. Магнетитовые рудные тела месторождения Сэвидж Ривер залегают в глубокометаморфизованных ферромагнезиальных породах метаморфического комплекса Артур. Разности, непосредственно контактирующие с рудами, принадлежат к аллохтонным образованиям свиты Баури (неопротерозой) и ограничены двумя крутопадающими сбросами ССВ простираения. Эти породы формируют обширные тела брекчий, разные по содержанию магнетита и ассоциациям минералов скарнов. Несмотря на то, что породы минерализованной зоны сходны с изменёнными основными и ультраосновными образованиями, относительные содержания геохимически малоподвижных элементов указывают на то, что руда образовалась главным образом в ходе изменений богатых карбонатами пород, переслаивающихся с породами основного состава. Судя по данным об изотопии углерода, диагенетический магнетит рудной залежи был основным минералом, который в ходе скарнирования замещался магнетитом ($\delta^{13}\text{C}$ PDB от 3,4 до 4,5‰). Судя по изотопному составу серы пирита из рудной залежи ($\delta^{34}\text{S}$ CDT 9,4–11,3‰), он резко отличается от пирита вмещающих пород ($\delta^{34}\text{S}$ CDT 18–0,6‰), так что вмещающие породы не могли быть источником серы рудных залежей.

При температуре около 550 °С (данные магнетит-ильменитового геотермометра) значения $\delta^{18}\text{O}$ для воды от 8,5 до 14,3‰, находящейся в равновесии с магнетитом, соответствуют результату взаимодействия магматогенного флюида с породами, в которых значения этого показателя выше (т. е. осадочных пород).

Судя по имеющимся геологическим, геофизическим и геохимическим данным, оруденение месторождения Сэвидж Ривер сформировалось до периода деформаций. Первоначально оно представляло собой высокотемпературный безводный магнезиально-железистый скарн по богатым карбонатами разностям вмещающих пород, которые впоследствии подверглись субдукции, метаморфизму в условиях высокого давления и тектонической переработки. Рудообразование протекало в течение протерозоя. Это месторождение – пример крайнего члена ряда месторождений типа Олимпик-Дам, бедного Cu и Au и богатого магнетитом.

Золото в осадочных и зеленокаменно измененных (вулканогенных и вулканогенно-терригенных) породах. Анализ деформационных событий и соотношение с ними флюидного режима рассмотрен на примере архейской сколовой системы западноавстралийского месторождения Сант-Ив. Перераспределение золота из-за изменения условий метаморфизма и при деформационных событиях показано на примере индийского месторождения в раннем протерозое. Даны экспериментальные доказательства возможности извлечения значительного количества флюида при ретроградном метаморфизме мафитов (при снятии нагрузки), а не при нагреве.

На примере золотокварцевых жил в архейских метавулканитах Центрального Китая (анализ ГЖВ) отмечена существенная роль в формировании жильной минерализации поздних (мезозойских) активизационных процессов.

Моделирование современных геосистем на основе данных по геометрии плит, составу пород, захороненных вод, особенностям гидрогеологических условий при активном горообразовании в Новой Зеландии позволило дать количественную оценку мобильности золота. Представляют интерес результаты высокоточных анализов состава пород – существует корреляция между количеством золота и степенью метаморфизма пород. На конвергентной

границе при скорости 10 мм/год из сечения 10×5 км за 1 млн лет мобилизуется около 1000 т золота. Авторы приходят к выводу, что для формирования крупного объекта нужен устойчивый тектонический процесс с градиентом температуры и большим количеством воды. При этом локализация происходит в структурных ловушках. В качестве основного механизма такого тектонического процесса предлагается субдукция.

На мозамбикском месторождении Фейри-Брид возобновился интерес горнодобывающих компаний к старым объектам. Вмещающая сколовая зона — в позднеархейских ультрамафитах и контактирующих с ними метатерригенных осадках. Золото осаждалось в кварцевой жиле и в железистых кварцитах. Объект характеризуется очень высокими содержаниями металла. В поясе добыто 84 т золота из минерализованных сколовых зон, кварцевых жил и минерализованных зон дробления.

На примере индонезийских объектов сделано предположение, что россыпи в районах развития золото-серебряных объектов — признак невыявленных объектов золотокварцевой формации. Выявление источников россыпей сопровождается изучением состава ГЖВ в кварцевых жилах. Золотокварцевая минерализация, известная в породах цоколя вулканического пояса, может стать объектом поисковых работ.

На примере рудного района Поркьюпайн (Онтарио, Канада) показано, что считавшиеся нерудоносными метатурбидиты и известняки содержат золотокварцевые жилы и сульфидную вкрапленность. Изменения — мусковитизация. Предполагается отложение золота при десульфидизации золототранспортирующих флюидов при их взаимодействии со вмещающими.

На мелком золотомедном месторождении Саатопора (Финляндия) в палеопротерозойских толеитах, графитовых сланцах, коматиитах рудоотложение связано с фазовой сепарацией между водным и углекислотным флюидами. Изменения представлены альбитизацией и карбонатизацией, метаморфизм зеленосланцевый. Ведется строгий тектонический контроль (сколовая зона сдвиговой кинематики совпадает с более древним сбросом).

На примере месторождения Плутоник (Западная Австралия) показано, что распределение золотой минерализации в сколовых зонах контролируется стратиграфическими горизонтами. Предполагалось, что вся система архейская, но оказалось, что рудные события протерозойские. Эти изменения в представлениях о контроле рудных тел и генезисе руд (времени рудообразования) потребовали изменения поисковой модели.

На примере месторождения Твангица (Конго) рассмотрены особенности структурного контроля объекта, определившие сложную морфологию (пологие и крутопадающие тела) и резкие границы рудных тел.

Для изучения типоморфизма золота и построения онтогенической схемы для индивидуальных зерен и в целом для популяции минеральных индивидов применяются высокоточные и высокоразрешающие методы.

На месторождении Мингшань (Китай, Гуангси) в среднетриасовых глинистых алевролитах, разбитых сколовой системой трещин, изучены морфология и состав пиритов. Установлены реликтовый (диагенетический) пирит с существенными вариациями состава и три зоны новообразованного (гидротермального) пирита с устойчивыми и характерными содержаниями золота и мышьяка. Предполагается заимствование мышьяка из вмещающих пород. На основании деформаций наиболее раннего гидротермального зонального пирита предполагается, что золотая минерализация синхронна деформации и, кроме того, метаморфический флюид играл какую-то роль в рудообразовании.

Изучены сульфидные образования, приуроченные к черным сланцам архея (восток кратона Йилгарн), предполагается, что они и являются источником золота на недалеко расположенных месторождениях в турбидитах и железистых кварцитах. В нодулях повышенное содержание золота и теллура.

Интересны также результаты изотопного анализа серы из трех месторождений кратона Йилгарн и серы из вмещающих пород. Показателен изотоп серы с массовым числом 33. Для осадочных пород его больше, а состав серы попадает в поле фракционирования изотопов независимо от массы. Для месторождений фракционирование упорядоченное (т. е. зависит от массы изотопа). Предполагается, что большая часть серы (90%) в пирит-

тах месторождений происходит из магматического источника, а меньшая из вмещающих пород.

В докладах, характеризующих месторождения, связанные с осадочными и зеленокаменно измененными породами, основное внимание уделено древним месторождениям в архейских или раннепротерозойских зеленокаменных поясах. Один доклад посвящен объекту в триасовых осадках.

Исследование золото-кварцевых объектов в метатерригенных осадках направлено на уточнение генезиса, историю развития отдельных объектов и объединение имеющихся данных в генетическую модель. В первую очередь привлекается деформация рудовмещающих разломов. Деформационные события параллелизуются с минерализационными событиями. Уточнен состав флюидов по ГЖВ и особенностям сульфидов. Предполагается заимствование рудного вещества из диагенетической сульфидной вкрапленности. Накопывается массив данных по внешнему источнику рудного вещества и серы, по крайней мере для части объектов.

Проводимые на объектах структурные исследования подтверждают ведущую роль структур скола в пределах зон хрупкопластичной деформации для контроля золотых руд.

Метасоматозу уделяется мало внимания, типизации не проводится, отмечается несоответствие контуров хорошо идентифицируемых карбонатных метасоматитов с рудными зонами. Интересно, что по разным провинциям разную роль играет калиевый и натриевый метасоматоз.

В предположениях об источниках и барьерах, на которых откладывается золото, единодушия нет. Источники – вещество субдуцирующих плит, флюид, извлекаемый из осадочных и мафических пород при метаморфизме, при снятии нагрузки, при увеличении нагрузки и т. п. В качестве барьеров рассматриваются десульфидизация, фазовое разделение флюида, деформационные события и электрохимические барьеры.

Развитие методов тонкого исследования вещества на различных уровнях детальности позволяет делать существенные для генетических моделей выводы об онтогении минеральных индивидов.

Поисковый интерес сосредоточен на выявлении золоторудных зон в известных (отработанных) районах и в районах с выявленной промышленной минерализацией иных формационных типов.

Поисковые методики разрабатываются в геофизической сфере и основываются на изучении свойств системы сульфид – метеорная вода – терригенная толща.

Металлогенетические системы архея и протерозоя (симпозиумы 17 и 18). Рудоносности архея отведено скромное место, заслушано семь сообщений, преимущественно австралийских геологов.

G. Begg (Австралия) с соавторами на основе геологических и геохимических доказательств показали, что в архее в течение 3,6–3,0 млрд лет формировалась субконтинентальная литосферная мантия (SCLM). Первоначальная SCLM подстилала континентальную кору. Физические свойства, особенности строения, метасоматическая история SCLM имели определяющее влияние на локализацию и последующую сохранность потенциала многих типов магматических и гидротермальных месторождений. Трансферные разломы становятся проводниками для магм и рудных флюидов; фрагментация SCLM обеспечивает развитие рудоносных задуговых и перикратонных бассейнов, определяет места накопления металлов, структуры концентрирования металлов и флюидов, положение новых рудных месторождений.

Австралийские геологи D.R. Mole и др. поделили никелевые минеральные системы архейского кратона Йилгарн (Западная Австралия) на коматиитовые никелевые системы с возрастом ~ 2,9 млрд лет (концентрируются в блоке Юанми) и коматиитовые никелевые системы с возрастом ~ 2,7 млрд лет (локализируются в блоке Калгурли). Проанализировано распределение изотопных данных (Sm-Nd и Lu-Hf изотопы) в различных обстановках. Результаты изучения только объясняют, почему основные коматиитовые события и ассоциирующие никелевые системы группируются в пространстве и времени по многочисленным вариациям в облике и типах коматиитов вдоль кратона Митлгарн и, возможно, других континентов.

Steve Barnes (Австралия) подразделил террейн Калгурли – третью в мире крупнейшую провинцию никелевых сульфидных руд – на домены по развитости двух вулканических ассоциаций: коматииты плюс плюмовые толеиты и кремнистые базальты (домен Камбалда) и коматииты с дацитами TTG-типа домена Бурара и пояса Агну-Вилуна. Эти контрасты контролируются глубинной литосферой. Базальтовые ассоциации содержат низкотермические толеиты и высокотермические кремнистые разности. Низкотермические толеиты отражают обстановки, аналогичные таковым базальтовым ассоциациям современных континентальных рифтов. Высокотермическая кремнистая группа имеет химические особенности, уникальные для архея и связанные с контаминацией коматиитов глубоко в коре. Наиболее благоприятные обстановки для локализации крупных никелевых сульфидных месторождений – коматииты в ассоциации с кремнистыми базальтами, тогда как для золоторудных месторождений – бимодальные коматиит-дацитовые серии.

J. Clouter и соавторы (Австралия) провели изотопное и гиперспектральное картирование окислительно-восстановительных градиентов на золоторудном поле St. Joes в Западной Австралии. Неоархейские золоторудные месторождения этого поля в кратоне Йилгарн традиционно рассматривались как результат фокусировки флюидных потоков в зонах расщепления на завершающей стадии орогенеза. Позднее укрепилось мнение, что месторождения ассоциируют с системами изменений местного масштаба, которые определяют внутреннюю минеральную зональность месторождений. В пределах рудного поля St. Joes эта зональность выражена зонами развития вторичных минералов. Незначительные (следы) количества Mo, W, Bi и As определяют окислительно-восстановительную зональность таких минерализованных систем. Окисленные домены ассоциируют с магнетитом, пиритом, гематитом, ангидритом и эпидотом; восстановленные – с пирротином, пиритом, клиноцоизитом и альбитом. Золотая минерализация встречается местами там, где окислительно-восстановительные ассоциации минералов переходят от относительно восстановленных к относительно окисленным.

При картировании использованы результаты детального изучения керн, гиперспектрального минералогического картирования и анализа стабильных изотопов (углерод, кислород и сера). Проиллюстрированы отношения между дистальными и проксимальными изменениями, помогающими определить пути перемещения флюидов, и процессы, которые могут контролировать фокусировку или распыление изменений. Применяются в современных поисково-разведочных программах.

Laurie Hutton (Австралия) рассмотрел связь между тектоническим положением и минерализацией в самой крупной в мире провинции цветных металлов – Маунт-Айза. Установлено несколько различных стилей минерализации. Осадочные породы провинции отлагались в 1850–1590 млн лет, деформированы и прорваны гранитоидными интрузивами в 1590–1500 млн лет. Осадконакопление происходило в геологических обстановках интерконтинентальных и пассивных краевых окраин, где развиты крупномасштабные рифты до нескольких сот километров в длину и до 50 км в ширину.

Крупные Pb-Zn месторождения Маунт-Айза и Сенчури располагаются в Западном складчатом поясе, где хорошо задокументированы крупномасштабные рифты. Показано, что минерализация сформирована в осадочных и вулканогенных толщах в пределах рифтов солеными околоповерхностными флюидами, которые просачивались вниз на фазе растяжения развития рифта. Эти флюиды высвобождали Zn и Pb из внутриформационных минералов и откладывали минерализацию в инверсионную фазу развития рифта в черных сланцах. Медные месторождения произошли от более погруженных флюидов, но встречаются в таких же ловушках.

Cu-Au ± Fe минерализация встречается главным образом в Восточном складчатом поясе, в нем проявлены более высокие метаморфические градиенты и более интенсивная складчатость. Cu-Au минерализация, как считается, имеет своим источником нижнюю кору, транспортировалась в верхнюю кору в течение Айсанского орогенеза и была ассоциирована с мафитовым и фельзитовым магматизмом.

G. Derrick считает, что конседиментационные разломы не только контролируют формирование главных синдиогенетических свинцово-цинковых руд (возраст 1650 млн лет)

на месторождениях Маунт-Айза и Георг Фишер, но и формирование эпигенетических (возраст ~ 1500 млн лет) медных руд Маунт-Айза и месторождения Gunro Wder. Формирование рифтов в 1800–1760 млн лет создало сеть меридиональных разломов, ограничивающих полуграбены и ассоциированных с ними поперечных структур. Эти тектонические структуры предшествовали накоплению рудоносных пород группы Маунт-Айза. Тонкозернистые осадки, которые отлагались над этой сетью разломов, демонстрируют образцы осадконакопления, типичные для формирования конседиментационных разломов – сокращенные стратиграфические разрезы в блоках, прилегающих к разломам, локальные несогласия, образующиеся на наклонных блоках, присутствие потоков конгломератовых галек, а также наличие смятых конседиментационных разломов. Такие разломы в толщах доломитов, несущих сингенетическую Pb-Zn минерализацию, и пиритсодержащих песчаниках предпочтительны для выполнения меденосными флюидами, формирующими эпигенетические медные руды.

Вновь сформированные крутопадающие разломы существенно неминерализованы.

T. Deb (Индия) дал самую общую характеристику металлогении Индийского щита, охватывающего более 2,8 млрд лет (от ~ 3,6 до 0,8 млрд лет) в течение пяти специфических эпох. Наиболее ранняя минерализация (+3,5 млрд лет) представлена железорудными (типа BIF) месторождениями Синбхум. Палеомезопротерозойская эпоха (~ 3,3 до 3,1 млрд лет) отмечена формированием месторождений Ti-V-Fe (BIF), Cr + PGM, Au и Cu в кратонах Синбхум и Дарвар. Интенсивная и экономически важная металлогения проявлена в неоархее (2,8–2,5 млрд лет) на кратонах Синбхум, Бастар и Дарвар. Месторождения эпохи представлены Fe, Mn, Cu-Mo, Sn, Au и также проявлены в палео- и мезопротерозое (2,2–1,5 млрд лет) в мобильных поясах кратона Синбхум, в мобильном поясе Восточного Гхата, орогенического пояса Аравалли-Дели, в Гималаях (Au, Cu-U, P-Fe, Mn, Zn-Pb-Cu, Pb-Zn) и интеркратонных бассейнах (Mn, Pb-Zn, Fe), в неопротерозое (1,0–0,75 млрд лет) пояса Аравалли-Дели колчеданно-полиметаллические Zn-Pb-Cu и Zn-Cu месторождения, а также Sn-W в гранитоидах. Три из пяти этих металлогенических эпох принадлежат суперконтинентам Кенорленд ~ 2,7, Колумбия ~ 1,8 и Родиния ~ 1,0 млрд лет.

Глобальные циклы серы и их влияние на металлогению. Сера как один из основных компонентов руд месторождений большого числа металлов привлекает особое внимание исследователей. Именно поэтому обсуждение геохимии этого элемента было выделено. Выявление источников и условий миграции серы в глобальном масштабе и конкретных рудообразующих системах дает ключ к пониманию закономерностей формирования и размещения рудных месторождений. Благоприятным фактором для продвижения в этом направлении является большая эффективность геохимии изотопов серы.

В двух докладах рассматривалась возможность мобилизации серы в процессе субдукции. Многие рудные месторождения, такие как меднопорфировые, связаны с вулканическими аппаратами над сейсмофокальной зоной. Как полагают, субдукция океанической коры и осадков обеспечивает поступление необходимых для формирования руд компонентов (серы и металлов) в подостроводужную мантию. Поскольку субдуцируемые породы сильно окислены, высвобождаемые флюиды должны оказывать окисляющее воздействие на мантию, разлагать сульфиды и мобилизовать халькофильные элементы.

A. Tomkins и K. Evans (Австралия) предположили, что минералы-носители серы в субдуцируемой плите разлагаются при разных PT условиях, поэтому сера должна высвобождаться дискретно на разных глубинах. Авторы изучили стабильность пирита в голубых сланцах и эклогитах Новой Каледонии, Европейских Альп и пояса Сулу в Китае, в ксенолитах эклогитов из алмазоносных кимберлитов. Пирит-борнитовые включения в гранате пояса Сулу свидетельствуют о том, что пирит является стабильной фазой в коэситсодержащих эклогитах до температуры по крайней мере 700 °C. В то же время ксенолиты эклогитов из кимберлитов, испытывавшие более высокие температуры, содержат только пирротин, что указывает на высвобождение серы вследствие превращения пирита в пирротин при температуре свыше 700 °C. Ангидрит же разлагается в условиях фации голубых сланцев. Сера может высвобождаться из пород в процессе субдукции двумя импульсами: сначала при разложении ангидрита и генерации SO₂ в условиях фации голубых сланцев, затем

при разложении пирита с высвобождением H_2S при достижении эклогитовой фации. Исследователи предлагают использовать это для моделирования окислительного состояния и металлогенического потенциала флюидных потоков из субдуцируемой плиты в мантийный клин как функцию глубины субдукции.

В докладе С. Lee (США) высказывается противоположная точка зрения. Автор реконструировал бюджет глубинной серы в мантии под островными дугами с учетом концентраций меди как независимого показателя. Все дифференцированные островодужные серии стремятся к наиболее примитивным содержаниям меди, которые очень малы, чтобы говорить об окислительном плавлении мантии или обогащенной медью мантии. Плавление мантии под островными дугами протекает в условиях насыщенности сульфидной серой. Следовательно, эта часть мантии не окислена и не обогащена серой или медью относительно вмещающей мантии. Изотопный состав серы в мантийных породах островных дуг и первичных кумулатов с глубины 50–80 км не несёт абсолютно никакой осадочной метки, что исключает какой-либо вклад в мантию субдуцируемого морского сульфата. Более вероятно субдукция осадочных сульфидов, однако эта сера минует дуги и поступает в глубокие слои мантии. Очевидный избыток серы в вулканах островных дуг, формирование меднопорфировых руд и фракционированный характер серосодержащих газов должны контролироваться более поверхностными внутрикоровыми процессами, а не погружающейся плитой и мантийным клином.

I. Pitcairn (Швеция) исследует возможное поведение золота в процессе метаморфизма терригенных толщ. В проблеме источников золота при формировании орогенных золоторудных месторождений результаты последних исследований поддерживают модель метаморфической дегидратации, в которой обогащенные металлами флюиды формируются в процессе прогрессивного метаморфизма. Основным механизмом мобилизации металлов является перекристаллизация сульфидов. Автор изучил распределение сульфидов и валовых содержаний металлов в метаморфизованных осадочных породах пояса Darladian (Шотландия). Проанализировано около 100 образцов из всех зон, от хлоритовой зоны зеленосланцевой фации до силлиманитовой зоны амфиболитовой фации. Установлено, что в породах низких фаций метаморфизма доминирует пирит, высоких — пирротин, количество халькопирита не изменяется. По мере нарастания степени метаморфизма небольшое число элементов обнаруживают систематическое и значительное (более чем в два раза) снижение концентраций Au, As и Sb. Следовательно, в процессе метаморфизма формировались флюиды, содержавшие значительные количества золота, мышьяка и сурьмы, что определяет вероятность обнаружения золоторудных месторождений в регионе. С другой стороны, незначительное число таких месторождений указывает на отсутствие условий для фокусирования флюидных потоков и эффективного механизма осаждения металлов.

Y. Mei и соавторы (Австралия, Великобритания) указали на возможность исследования серы как транспортирующего агента рудообразующих флюидных систем при помощи моделирования молекулярной динамики (MD-simulations). Понимание механизмов транспорта и осаждения металлов в гидротермальных флюидах дает возможность предсказывать поведение металлов в природных и техногенных системах. В особенности это относится к переходным металлам первой и второй групп Периодической системы (Cu(I), Ag(I), Au(I), Zn(II), Cd(II), Hg(II) и др.), которые играют огромную роль в промышленной геологии и геоэкологии. В последние десятилетия выполнено много экспериментальных исследований по термодинамике комплексных соединений. Подавляющее большинство посвящено хлоридным комплексам не только потому, что хлор является наиболее распространенным лигандом во многих природных флюидах, но и в связи с трудностями работы с соединениями серы. МД-моделирование может восполнить образовавшийся пробел и определить основные закономерности поведения комплексных соединений серы с переходными металлами в гидротермальных условиях.

H.J. Stein и J.L. Hannah (США–Норвегия) предложили объединить два традиционно изолированных направления исследований рудных и нефтегазовых месторождений. Ресурсы обоих видов полезных ископаемых зависят от окислительного состояния и интенсив-

ности периодической флюидизации земной коры. Как правило, в моделях рудообразования отсутствует прямая связь с источниками металлов, а модели генерации углеводородов не рассматривают возможности высвобождения связанных с ними металлов. Источники углеводородов (углеродистые сланцы), первично обогащенные металлами, могут быть непосредственно связаны с генерацией углеводородов и сопряженным высвобождением металлов в течение геологического времени, что приводит к формированию рудной минерализации в осадочной оболочке верхней коры. Прямое Re-Os датирование жильных битумов, галенита, сфалерита, флюорита и кальцита не только позволяет нам оценить возраст рудоотложения, но и связать руды с путями миграции углеводородов. Нередко рудные и жильные минералы содержат включения углеводородов и битумов. Большое значение имеет также лучшее понимание баланса масс металлов и серы в мантии и тектодинамических процессов, которые ответственны за транспорт металлов и серы между мантией и корой.

К. Evans и коллеги (Австралия) рассмотрели вероятность участия серы в формировании крупнейших месторождений железа, прототипом для них служили залежи железистых кварцитов (BIF). Предложенные ранее генетические модели включали трансформацию кварцитов (< 35% Fe) в руды (> 58% Fe) под действием восходящих потоков низкотемпературных рассолов в процессе растворения/осаждения кремнезема и карбонатов. Однако подобные представления не согласуются с необходимыми объемами удаления SiO₂. Авторы использовали термодинамические и хроматографические данные, а также расчеты баланса масс, и разработали более приемлемую модель, которая включает нисходящее движение нагретых щелочных высококонцентрированных окисленных рассолов. Она подтверждается существующими изотопными данными и индикаторными отношениями галогенов. Подобные рассолы возникали на краях бассейнов в последние 2 млрд лет и связаны с серией сульфидных месторождений цветных металлов, включая месторождения типа долины Миссисипи (MVT) и эксгальационно-осадочные свинцово-цинковые руды в осадочных породах (SEDEX). Месторождения этого типа, сформированные до 2,02 млрд лет назад, не известны. Одна из возможных причин – низкое содержание серы в рассолах, необходимой для формирования сульфидных руд. Если архейские и раннепротерозойские океаны были бедны серой, в эвапоритовых рассолах не могли образоваться сульфидные руды, но вместо этого могли взаимодействовать с железистыми кварцитами и формировать месторождения железных руд.

Региональная металлогения и ее аспекты рассматривались в нескольких докладах по регионам. Проведена обзорная классификация основных рудных объектов со специализацией полиметаллической (Бразилия) и урановой (Австралия, Китай, Южная Корея). Высказаны предположения о возможности выявления в этих регионах месторождений нетрадиционных типов.

Целевым назначением значительной части докладов являются составление поисковой модели объекта и ее использование при поисковых и разведочных работах. Построены комплексные признаковые модели, предложены отдельные критерии и признаки рудности.

Подробно рассмотрено открытие крупного молибденового месторождения Юникорн (Австралия) типа Клаймакс небольшой юниорной компанией на основании выделения региональных структурных аномалий и их заверки геохимическими, геофизическими и другими методами.

Интерес исследователей привлекли комплексные скарновые медно-молибден-золото-серебро-полиметаллические месторождения (уникальное месторождение Джиама, Китай), железорудные скарны (Айрон Глен, Австралия), геологическая позиция которых описывается при широком привлечении изотопных, геохимических и геофизических данных.

Изучен ряд специальных вопросов, касающихся разработки генетических моделей рудообразования с выявлением картируемых признаков перспективных гидротермальных систем (например, брекчирование). Прикладное значение получает детальное изучение рудовмещающих разрывных нарушений, ориентированное на выявление структурной зональности таких нарушений и реконструкцию полей напряжений на момент рудо-

образования для поиска закономерностей в регулярном распределении рудных объектов (свинцово-цинковое месторождение Донгможажуа, Тибет). Сравнительный анализ флюидных включений золотокварцевых объектов в зеленокаменном поясе Крайпан-Амалия (Южная Африка) приводит к выводу о различных источниках золоторудного флюида и о существенно различающихся окислительно-восстановительных условиях отложения золота. Поисковые критерии для сульфидно-никелевых месторождений Авербари основаны на гипотезе о высокосоленых флюидах, образованных при взаимодействии гранитоидов и ультрабазитов (рекристаллизованных серпентинитов). Гипотеза сформулирована на основании данных изучения флюидных включений.

Важное значение определения возраста для металлогенических исследований и уточнения тектонической обстановки при образовании месторождений проиллюстрировано примером железорудного месторождения Бейжан (Китай). Исследование магматических цирконов позволило отнести железорудную минерализацию к этапу постколлизийного растяжения.

На примере свинцово-цинкового месторождения Чакупача (Тибет) показано, как определяется формационный тип объекта и обосновываются перспективы масштабности данного объекта.

Модели образования интерметаллидов платины при разрушении первичных сульфидов, обогащенных металлами ЭПГ, предложены для объяснения разнообразия платиноидов в россыпях и интрузивных ультрамафитах Овендала (Австралия).

Золотороссыпные месторождения продолжают эффективно (массово) обрабатываться только в России. Предложенная Ю. Гольдфарбом классификация золотых россыпей представляет интерес для разработки поисков скрытых россыпных месторождений в регионах традиционной золотодобычи.

В стендовых докладах внимание заслужило предположение о том, что золоторудные объекты в зеленосланцевых поясах должны быть отнесены к эпиптермальной золото-серебряной минерализации архейского возраста, только сильно метаморфизованной. Один из объектов находится в Гренландии (Квиссук, Северо-Атлантический кратон). Вмещающие андезиты, пострудный метаморфизм и рудные тела датированы по цирконам.

Очень подробная характеристика дана кайнозойскому орогенному золоторудному поясу Айлаошан (Китай). Привлечены данные по геологическому строению пояса (протерозойские и палеозойские метаморфические породы), показаны приуроченность золоторудных месторождений к офиолитовому меланжу и их контроль над структурами левосдвиговых сколовых зон. Определен возраст золотой минерализации, близкий к основному коллизийному событию (30 млн лет). Изучены флюидные включения, состав рудной минерализации, проанализирован изотопный состав стронция, неодима, гелия, кислорода, водорода как в рудных минералах, так и во флюиде ГЖВ. Модель рудообразования включает вероятные источники рудного вещества, механизмы переноса золота и предположения о рудораспределяющих и рудоконтролирующих структурах.

Гигантские и супергигантские месторождения. В восьми докладах рассматриваются геотектонические обстановки локализации гигантских и супергигантских порфировых месторождений, сформированных в широком (от раннего протерозоя до позднего миоцена) возрастном диапазоне, охарактеризованы состав и последовательность внедрения магматических образований, минеральный состав, зональность и физико-химические условия образования гидротермально измененных пород.

В докладах, посвященных способу образования гигантских порфировых месторождений, сделан вывод, что необходимым условием их формирования является наличие крупных палеотрансформных разломов с поперечной ориентировкой относительно глубоководного желоба, образующихся в процессе пологопогружающейся (shallow-slab) субдукции. Отмечается, что без таких структур образуются только относительно мелкие месторождения. Приводится факт полного отсутствия гигантских порфировых месторождений в центральной части Западного Пацифика (например, в Японии), где палеотрансформные разломы, ограниченные как по количеству, так и по интенсивности, ориентированы почти параллельно желобу (S. Richards и др., Австралия).

К аналогичному заключению пришли исследователи кайнозойского вулканического пояса, простирающегося от Турции до Пакистана и вмещающего месторождения мирового класса Сарчешмен и Сунгун в Иране и Реко Диг и Саиндак в Пакистане, образованные в результате субдукции и последующей континентальной коллизии (Н. Etminan, Австралия). Рудоотложение в крупнейшем по разведанным запасам и прогнозным ресурсам Cu районе Galore Creek (Британская Колумбия, Канада), приурочено к амальгамации в позднем триасе морской островной дуги и Американского кратона, происходившей с проявлением щелочного магматизма (J. Misko и др., Канада, Австралия). В иной геотектонической обстановке образовалось меднопорфировое с золотом оруденение района Namosi (Фиджи), совпадающее, по заключению исследователей, со временем основного тектонического преобразования Юго-Западной Пацифики, результатом которого стали вращение в направлении против часовой стрелки и фрагментация платформы Фиджи, сопровождавшаяся известково-щелочным магматизмом (E. Ogovan и др., Австралия).

По составу внедрившиеся, как правило, полифазные интрузивные комплексы представлены диоритами (Wafi-Golpu, Папуа – Новая Гвинея), диоритовыми до кварц-диоритовых порфиритами (Namosi, Фиджи), гранодиоритами (Pebble, Аляска), сиенит-монцонитами (Galore Creek, Британская Колумбия), гранодиорит-порфирами до монцонитов (Sungun, Иран) и кварцевыми монцодиоритами (Aitik, Швеция).

Интрузивные образования и связанные с ними метасоматиты вмещают рудную минерализацию. В пределах Cu-Au-Ag-порфирового месторождения Aitik раннепротерозойского возраста полифазный интрузив кварцевых монцодиоритов, прорывающий калишпатсодержащие биотит-амфиболовые гнейсы, с развитием биотитизации и калишпатизации в зоне эндоконтакта образует лежащий бок рудной залежи. Главная рудная зона представлена биотитовыми гнейсами, биотитовыми и кварц-мусковитовыми сланцами, содержащими 2–7% сульфидов (пирит, халькопирит, пирротин и рассеянный молибденит). В всячем боку развиты рудоносные полосчатые калишпатсодержащие роговообманково-биотитовые гнейсы. С начала отработки (1968 г.) на месторождении добыто 561 млн т руды со средним содержанием меди 0,37%, золота 0,2 и серебра 3,6 г/т. Запасы руды на начало 2012 г. оцениваются в 710 млн т при средних содержаниях меди 0,25%, золота 0,14, серебра 2,0 и молибдена 29 г/т (R. Nordin и др., Швеция).

Физико-химические условия образования минерализации порфирового типа рассмотрены на примере крупнейшего по разведанным запасам и прогнозным ресурсам (785,7 млн т руды при содержании Cu 0,52% и Au 0,29 г/т) района Galore Creek (Британская Колумбия). Основные ресурсы сосредоточены на месторождении Центральная Зона, представленного вулканогенно-осадочными породами и гидротермальными брекчиями среднего триаса, прорванными комплексом сиенит-монцонитового состава. Сульфиды отлагались на ранней золотоносной калиевой и более поздней медьсодержащей известково-калиевой стадиях. Наиболее высокие содержания меди отмечаются в зоне литологического контакта, где изменения количества ферромагнитных минералов привели к резкому градиенту окислительно-восстановительного потенциала. Сульфиды в обогащенных центрах характеризуются высокими отрицательными значениями $\delta^{34}\text{S}$ ($< 17,13\text{‰}$), предполагающими взаимодействие обогащенных SO_{2-4} флюидов с Fe^{2+} -содержащими минералами, что увеличивало отношение $\text{H}_2\text{S}/\text{SO}_{2-4}$, приводило к образованию редуцированной S и осаждению сульфидов (J. Misko и др., Канада, Австралия).

Образование супергигантского порфирового Cu-Au-Mo месторождения Pebble, возраст которого около 90 млн лет (верхний мел), ассоциируется с одной из серий скрытых магматических центров, расположенных вдоль окраины реликтового океанического бассейна. История формирования месторождения включает несколько этапов: внедрение силлов диоритового и гранодиоритового составов и щелочных плутонов в флишоидные осадки; внедрение гранодиоритового батолита в протяженную зону разломов с развитием контактовых роговиков; внедрение меньших по размеру интрузий того же возраста, с которыми связана ранняя стадия Cu-Au-Mo минерализации; в заключительные стадии образовались гидрослюдистые метасоматиты и происходило перераспределение Cu и Au а также, вероятно, внедрение интрузий по разлому северо-восточного направления с об-

разованием флюидов и широким развитием аргиллизитов и образованием богатой Cu-Au минерализации. С позднего мела до эоцена осадконакопление и магматическая активность создали мощную толщу вулканокластических и осадочных пород, сформировавших перекрывающий месторождение чехол (K.D. Kelly и др., США, Канада).

На месторождении Wafi-Golpu контролируемая разломами Cu-Fe сульфидная минерализация сосредоточена в биотит-магнетитовых, иногда с K-полевым шпатом метасоматитах, развитых в пределах многофазного интрузивного комплекса диоритов или в его периферических частях. Au-Cu порфировая минерализация скрыта под близповерхностными золотоносными интенсивно проработанными аргиллизитами. Эпитермальная минерализация контролируется разломами и простирается по восстанию до дневной поверхности, распространяясь на несколько квадратных километров. Месторождение содержит более 600 т Au и 9,0 млн т Cu и 0,69 г/т и 1,03%. Гидротермальные изменения и минерализация размером 800 × 400 м прослежены до глубины 1900 м (F. MacCormquodale и др., Австралия, Папуа – Новая Гвинея).

Внутриплитный магматизм, включая базальты океанических островов, кимберлиты и лампроиты (симпозиум 21). На 34-й сессии МГК авторами из разных стран представлено 17 работ. В основном они посвящены проблемам происхождения источников внутриплитных магматитов, связи магматизма с постколлизийными или плюмовыми событиями; часть касается номенклатурных вопросов и открытия новых проявлений внутриплитного магматизма на дне океана, в орогенных зонах и на древних террейнах. Авторы широко используют методы изучения микроэлементного состава пород и изотопное датирование пород; данные экспериментальной петрологии и интерпретации их с помощью компьютерных программ для создания различных генетических моделей; акустическое профилирование, глубинное зондирование и спутниковая алтиметрия для обнаружения подводных вулканов; базы данных и моделирование на основе собранного материала.

Перенаправление от модели плюмового магматизма к более ранним гипотезам, объясняющим особенности локализации внутриплитного магматизма, или ограничение на данную модель.

Э. Нжонфанга и соавторы (Камерун) в докладе «Линейный магматизм Камеруна (Центральная Африка): пример линейной магматической провинции, возникшей не из-за горячей точки» на основании возрастов континентальных и океанических магматических комплексов линии Камерун, полученных в последние 20 лет с использованием Pb/Sr, K/Ar или $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ методов, пришли к выводу об отсутствии миграции возраста по линейному СВ-ЮЗ тренду, который ранее связывался с магматизмом горячей точки. Для объяснения линейного тренда линии Камерун авторы используют модели Иеронима и Берковица (2000 г.), что предполагает взаимодействие при флексуорообразовании, мембранных и тектонических напряжениях.

В. Горцзык с соавторами (Австралия, Швейцария) в докладе «Внутриплитные внедрения расплава вследствие нестабильности Рэлея-Тейлора» на основании 2D численных экспериментов с использованием спаренных петрологических и термомеханических численных моделей доказывает, что нестабильности на границе плит возникают из-за нестабильности Рэлея-Тейлора в режиме сжатия, а не из-за мантийного плюма и режима расширения. В режиме сжатия может развиваться широкий спектр нестабильностей, ведущих к плавлению нижней земной коры и мантийной литосферы и внедрению расплавов разного состава.

В докладе Энтони А.П. Копперса с соавторами (США, Япония, Великобритания) «По поводу ограничения движения мантийного плюма Луисвилл» на основании данных $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -датирования показаны различия поведения горячих точек Луисвилл и Гавайи между 80 и 50 млн лет и их независимое движение друг от друга. В то время как Гавайский мантийный плюм испытал большой сдвиг с севера на юг, горячая точка Луисвилл в течение этого времени оставалась более или менее зафиксированной в мантии и показывала лишь незначительное субширотное движение. Морфология и возрастная прогрессия Луисвилльской подводной линии представляется авторам наилучшим приближением к последним движениям Тихоокеанской плиты в течение 80 млн лет, тогда как Гавайский узел стал результатом сильного Гавайского плюмового движения.

Модели формирования внутриплитного магматизма на основании петрологического экспериментального и компьютерного моделирования и геохимических данных.

Т. Фалун с соавторами (Австралия, Германия) в докладе «Плиоценовые щелочные вулканические породы с острова Рождества, северо-восток Индийского океана – плавление в обстановке сжатия в платформенной флексуре» на основании компьютерного моделирования с помощью программного обеспечения Petrolog и экспериментального изучения фазового равновесия делает вывод о том, что источники верхней вулканической серии о. Рождества, представленной лимбургитами, образовались на границе океанической литосферы – астеносферы, а расплавы внедрялись благодаря флексурному изгибу за пределами глубоководного желоба. Верхняя вулканическая серия о. Рождества дает свидетельства присутствия геохимически обогащенного компонента в верхней части астеносферы в глобальном масштабе.

Р. Мерле с соавторами (Италия, Франция, Австралия, Швейцария) в докладе «Новая модель источника мантии для Центральной атлантической магматической провинции (ЦАМП) толеитов Северо-Восточной Америки по Sr-Nd-Pb-Os изотопии» на основании геохимических и изотопных характеристик низкотитановых базальтов лавовых потоков, силлов и даек ЦАМП предлагает модель обогащения астеносферной мантии. На протяжении 170 млн лет до магматических событий ЦАМП находящаяся выше субдуцирующая плита (т. е. мантия клина) обогащалась за счет отложений, изотопно эквивалентных протерозойским – нижнепалеозойским породам верхней коры, вовлеченным в субдукцию в кембрии–девоне.

Г. Перлинггейро с соавторами (Австралия, Бразилия) в докладе «Геохронологические и геохимические границы происхождения межплитного щелочного вулканизма Фернандо де Норонья, экваториальная часть Атлантического океана» на основании данных K-Ar и Ar-Ar методов датирования подтверждает, что вулканическая активность на островах Фернандо де Норонья (250 км на северо-восток от Бразилии) совпадает по возрасту с береговым щелочным вулканизмом в северо-восточной части Бразилии и предполагает, что эта горячая точка (плюм) есть результат маломасштабной конвекции на краю континента. Благодаря этой конвекции в оффшорных вулканических породах появляется геохимический компонент, производный от бразильской субконтинентальной литосферы.

В докладе Вей-Хуа Яо с соавторами (Австралия, Китай) «Посткинематическое литосферное отделение орогена Вуи-Юнкай на юге Китая: данные высоко-Mg базальтов, возраст около 435 млн лет», приводятся геохронологические, изотопные и геохимические данные из недавно обнаруженной вулканической серии основного-среднего состава в северной провинции Гуандун за пределами метаморфического ядра складчатого пояса Вуи-Юнкай на юге Китая. Данная вулканическая серия основного-среднего состава возникла в результате посткинематического литосферного расслоения, которое привело к орогенному столкновению и широкому распространению посторогенных гранитных интрузий в орогене.

Зонг-Фенг Янга (Китай) в докладе «Гранатовые пироксениты являются доминирующим источником кайнозойских континентальных базальтов Восточного Китая и Монголии: новые данные по экспериментальной петрологии» на основании параметризации экспериментов плавления перидотитов и пироксенитов и петрохимических данных для кайнозойских континентальных базальтов океанических островов, опубликованных за последние 30 лет, делает вывод о том, что доминирующими породами источников базальтов являются гранатовые пироксениты, а не перидотиты, как считалось ранее.

В докладе Н. Лаури с соавторами (Австралия) «Влияние коры на мантийные ксенолиты» по моделированию диффузионных профилей по оливину из ксенолитов-перидотитов в базанитах Гоурока (провинция Монаро, Новый Южный Уэльс, Австралия) рассчитано время пребывания расплава данных пород на уровне очага в земной коре по степени взаимодействия ксенолитов-перидотитов с расплавом. Согласно полученным данным, оно составляет 100 дней до извержения.

П. Пратиш и Б. Прасаннакумар (Индия) в докладе «Активность плюма и базитовый магматизм в южной части Индийского гранулитового террейна: последствия для супер-

континентов Гондваны и Родинии», на основании изучения геохимических характеристик трех групп высоко-Mg и высоко-Fe субщелочных и известково-щелочных толеитов, представленных двумя комплексами даек СВ-ЮЗ и СЗ-ЮВ трендов (сдвиговая система Палагат-Кавери, южная часть Индийского гранулитового террейна), предлагают два типа мантийных источников для данных пород: обедненная и обогащенная мантии. Группа III толеитов сравнивается с базальтами Декана и предлагается как продолжение Декана, т. е. расширение на юг границы плюма. Характерные черты трех групп обсуждаются в рамках палеопротерозойской Гондваны и протерозойского суперконтинента Родиния.

Учет и открытие новых проявлений вулканизма на дне океана.

В докладе Т. Лыгиной и В. Юбко (Россия) «Особый тип глубоководного межплитного магматизма» рассматривается внутриплитный щелочной вулканизм в пределах абиссальных равнин на глубинах 4000–6000 м, не связанный с внутриплитными океаническими горячими точками. С помощью гидролокатора и акустического профилирования в рудной провинции Кларион-Клиппертон (северо-восточная часть Тихого океана) открыты многочисленные кайнозойские вулканы и мелкие интрузивные тела. Делается вывод о том, что продолжающаяся вулканическая активность обычна в одном из пассивных фрагментов океанической литосферы, а щелочной уклон этих магматических систем рассматривается как свидетельство их генерации из глубокого источника.

Пол Вессель и Сеунг-Сен Ким (США, Республика Корея) в докладе «Вулканизм, полученный из спутниковой альтиметрии и глобальной подводной переписи» описывают методы обнаружения подводных гор на разных глубинах: глубинное зондирование (до глубин 5000 м) и спутниковая альтиметрия (горы выше 1,5 км). Отображение всех подводных гор помогает при распознавании моделей формирования гор, тектонических движений плит, морской среды обитания и глубинной океанической циркуляции. Авторами за последние годы отмечено в общей сложности 25 000 подводных гор.

Петрографо-минералогическое и геохимическое изучение объектов внутриплитного магматизма, вопросы, связанные с уточнением номенклатуры.

Линтон Якуэс (Австралия) в докладе «Зональная лампроитовая интрузия Волджиди Хиллс, Западная провинция Кимберли, Западная Австралия» описывает зональность крупнейшей (около 3 км в диаметре) и самой молодой (17,5 млн лет) лампроитовой интрузии Волджиди Хиллс в провинции Западная Кимберли на юго-западной границе платформы Кимберли. Лампроиты этой интрузии по зернистости, минеральному и химическому составу отличаются от оливиновых порфировых лампроитов по краям интрузии до среднезернистых лампроитов и пегматоидных лампроитов в центре. Sr, Nd и Pb изотопный состав указывает на происхождение из источника обедненной мантии, который претерпел долгое многоступенчатое обогащение.

В докладе Г. Каур с соавторами (Индия) «Являются ли кимберлиты Ваджракарур из штата Андхра-Прадеш, Индия и правда кимберлитами?» на основании минералогических и геохимических характеристик трубок С-5 и Р-13 поля Ваджракарур данные породы отнесены авторами к лампроитам. Они предлагают пересмотреть породы, слагающие трубки кратона Восточный Дхарвар, ранее известные как кимберлитовые.

В докладе Ш. Маня с соавторами (Танзания, Великобритания) «Минералогия и петрология кимберлитовых вулканов Игвиси Хиллс верхнеплейстоценового/голоценового возраста, Танзания» описываются самые молодые (четвертичные) кимберлитовые тела Игвиси Хиллс на западной окраине архейского Танзанийского кратона. Минералогические и петрографические характеристики данных пород подтверждают, что данные породы являются кимберлитами.

Прогнозирование месторождений полезных ископаемых и внутриплитный магматизм.

Т. Сейфорта (Германия) в докладе «Относящиеся к плюму лампрофировые интрузии и их связь с индием и редкометалльной минерализацией в Варисайдс (Германия, Чехия) — индикаторы мантийных гидротермальных импульсов поздних варисцид» рассматривает постколлизийные пермо-карбоновые лампрофиры Рудных гор в Германии (минетты и керсантиты, спессартиты), генетически связанные с отложением обогащенных индием руд редких металлов. Предполагается генетическая связь между лампрофирами и минерализацией Sn-W-Mo-Li-F и Ag-полиметаллических руд.

В докладе А. Малахова и Х. Д. Кемпбелла (Новая Зеландия) «Подводный палеогеновый вулканизм в Новой Зеландии: природа и значение» рассматривается формация отвесных берегов красных вулканических туфов, обнаженных на островах Чатем и Питт Новой Зеландии позднепалеогенового – раннеэоценового возраста. Острова Чатем формировались 85 млн лет от мела до плейстоцена в результате возникшего расширения, связанного с распадом Гондваны, следующим после 25 млн лет обстановки сжатия. Несмотря на близрасположенные центры извержения, продукты извержений распространены довольно широко. Авторы предлагают пересмотреть продуктивность данных пород и сравнивают ее с черными сланцами Вайпавы в восточной части Новой Зеландии.

Выводы на основе анализа материалов по вопросам внутриплитного магматизма:

– за последние годы изучены многие объекты внутриплитного магматизма современными прецизионными методами. Полученные исследователями разных стран данные противоречат распространенной в настоящее время модели плюмового магматизма. Наиболее популярной моделью, предлагаемой многими исследователями, является взаимодействие при флексуорообразовании и тектонических напряжениях, т. е. в режиме сжатия, а не растяжения, как при плюмовой модели;

– на основании геохимических исследований, и в основном изотопных датировок, убедительно доказывается ограничение на движение океанических плит и горячих точек. Например, Гавайская горячая точка не может определять скорость и направление движения Тихоокеанской плиты, так как плюм Луисвилл, расположенный также в Тихом океане, показывает в тот же период времени движение с другой скоростью и в другом направлении;

– на основании геохимических и экспериментальных петрологических данных расшифровываются механизмы формирования источников внутриплитного магматизма. К таким механизмам относятся внутриплитная конвекция, субдукция, посткинematическое литосферное расслоение;

– для создания моделей в глобальном масштабе большая часть исследователей использует базы данных, включающие результаты исследований за последние 30 лет;

– необходим современный подход к вопросам классификации магматических объектов с использованием прецизионных данных. На примере последних исследований показано, что существует некоторая путаница при определении кимберлитов и лампроитов. С открытием четвертичных кимберлитовых объектов необходим пересмотр взглядов на их возраст.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

На 34-й сессии МГК информационным технологиям в региональной геологии были посвящены пленарное заседание «Digital Earth – the information explosion (Цифровая Земля – информационный взрыв)», девять рабочих сессий и отдельная «постерная» сессия. Всего по данному направлению было представлено около 100 докладов, кроме того, в той или иной степени об использовании различных технологий обработки цифровой геологической информации говорилось в докладах практически любого симпозиума конгресса.

Направления докладов:

- развитие глобальных и субрегиональных международных проектов, международная кооперация в области интеграции цифровых картографических интернет-ресурсов;
- развитие инфраструктуры пространственных данных (INSPIRE и AEGOS) для геологической информации;
- развитие и модернизация национальных геолого-картографических систем, создание бесшовных карт (Китай, Австралия, Финляндия, Колумбия);
- совершенствование подходов к управлению информацией, унификация способов представления, передача и обработка цифровой геологической информации.

Развитие глобальных и субрегиональных международных проектов, международная кооперация в области интеграции цифровых картографических интернет-ресурсов. Самым динамичным на сегодняшний день международным проектом в области геоинформационных технологий является инициатива OneGeology. Его значимость сложно переоценить, это уникальный проект как по области охвата – 117 стран, так и по степени международной кооперации. Используется пять уровней взаимодействия – от начального, от публикации растровых карт до гармонизации векторных данных на уровне использования унифицированных словарных систем. Этот проект дал толчок не только к более тесному сотрудничеству в области геологической картографии, но и привел к необходимости более интенсивного развития работ по созданию стандартов международного обмена цифровой геологической информацией, таких как GeoSciML, а также внедрению в практику построения информационных систем поддержки стандартов ISO и OGC. Все это, а также передача в геологические службы всех стран-участниц ноу-хау, набор методических рекомендаций по подготовке национальных баз данных к международному взаимодействию, разработка единой «точки входа» в виде портала OneGeology и было основной целью проекта OneGeology (доклад I. Jacson и др.). Внешняя простота интерфейса и доступность информации через портал OneGeology скрывает за собой передовые технологические решения, которые обеспечиваются специалистами ГС Франции (доклад F. Robida др.) и Великобритании (T. Duffy, D. Doce Diaz, J. Passmore и M. Sen). Через указанный портал обслуживаются 57 поставщиков данных (национальных геологических служб), которые предоставляют 229 WMS и 23 WFS наборов данных (F. Robida и др.). Сам портал размещен и обслуживается на технологической базе BRGM (как аппаратная, так и программная части), техническая реализация выполнена в виде «виртуализированной» инфраструктуры, которая гарантирует надежную и бесперебойную эксплуатацию на уровне профессиональной промышленной системы.

Степень интеграции в проект конкретных геологических служб существенно отличается, это обусловлено существующим прогрессом в формировании национальных баз данных геологических карт. В наиболее «продвинутых» в технологическом отношении странах (например, Швеция, Франция) все начальные этапы построения национальных систем уже пройдены, и сегодня рассматриваются вопросы по актуализации представляемой информации, детализации и расширению состава карт (Швеция, L. Kristian Stolen и S. Bergman). Во Франции поднимаются вопросы не только расширения комплектности представляемых карт, но и новых способов их представления, в том числе и в 3D варианте (Франция, D. Bonijoly, T. Baudin и др.). В то же время ряд стран находится лишь в стадии разработки национальных геолого-картографических систем и может предоставлять свои материалы на начальном уровне унификации и стандартизации цифровых материалов.

В рамках проекта OneGeology развивается несколько подпроектов, соответствующих региональным группам, таким как OneGeology-Europe, где первая стадия проекта завершилась в 2010 г., а сейчас идет спецификация технических параметров и уточнение задач для проведения нового этапа согласно требованиям общеевропейских стандартов INSPIRE. В подпроекте OneGeology Asia (доклад японской ГС K. Wakita и др.) проводятся работы по совершенствованию стандартов и программных инструментов приложений для доступа к данным, в том числе с использованием мобильных устройств на базе iOS и Android.

Большой интерес вызвал доклад представителей ГС Новой Зеландии (Mark Rattenbury и др.) о возможностях проекта OneGeology как технологической платформы для интеграции геологических данных, относящихся к Антарктиде и прилегающим областям. Как отмечают новозеландские коллеги, Антарктический регион является идеальным местом для применения концепции OneGeology. В Статье III «Договора об Антарктике», к которой присоединились 48 стран, говорится, что «...результатами научных наблюдений в Антарктике должны быть обмен данными и свободный доступ к ним...». Различными странами и организациями уже созданы десятки-сотни геологических карт по приантарктическим регионам, эти карты охватывают участки, представляющие взаимный интерес для разных стран, однако поиск этой информации крайне затруднен. Проект OneGeology может сыграть ведущую роль в ускорении процесса публикации геологических карт по территории Антарктики и доступа к ним. Портал OneGeology содержит два антарктических геологических картографических ресурса: 1 : 10 М геологическую карту всего континента, составленную Геологической службой Австралии, и новую масштаба 1 : 250 000 геологическую карту южной части Земли Виктории, опубликованную ГС Новой Зеландии. Последний содержит цифровые компоненты – геологические картографические единицы, их границы, разломы, складки, дайки, линеаменты, все они опубликованы как слои WMS.

Достаточно важно, на наш взгляд, сотрудничество с проектом OneGeology ГС Украины и польских коллег. Как отмечают в своем докладе польские специалисты (U. Stepień, M. Slodowski), в 2009–2010 гг. Польский геологический институт – Национальный научно-исследовательский институт (PGI-NRI) предпринял значительные усилия по привлечению ГС Украины к участию в международном проекте OneGeology. Сам PGI-NRI участвует в проекте OneGeology с марта 2007 г., когда эта идея была представлена в Брайтоне. Тогда государства-участники проекта взяли на себя обязательство продвигать инициативу среди геологических служб, которые по различным причинам еще не вовлечены в OneGeology. PGI-NRI всячески развивал партнерские отношения с украинской ГС, в том числе через обмен опытом и техническую кооперацию помог Украине присоединиться к этой инициативе и начать активно в ней участвовать. Сотрудничество было обеспечено подготовкой материалов, проведением обучения и презентаций для специалистов украинской ГС. Результат этого совместного проекта – крупномасштабная геологическая карта Украины, подготовленная как Web Map Service (WMS) и готовая к представлению на геопортале OneGeology.

Значительный вклад в формирование общемирового геологического покрытия м-ба 1 : 1 000 000 вносит и Российская Федерация. Россия смогла подготовить, согласовать и интегрировать в проект OneGeology огромный консолидированный массив геопривязанной цифровой геологической информации геологических карт м-ба 1 : 1 000 000 (новая серия). Эти карты были изданы ограниченным тиражом только в бумажном виде в 90-е годы прошлого века и ранее были недоступны как для отечественных, так и зарубежных ученых. Сотрудниками ВСЕГЕИ эти материалы преобразованы в цифровой растровый формат и организованы в СУБД Oracle в открытом формате SDO_GEORASTER. Каждый лист геологической карты ректифицирован в соответствии с теоретической сеткой координат, а легенда к листу карты подготовлена в виде обычного изображения. На картографическом сервере ВСЕГЕИ при помощи OracleFMW MapViewer развернут и настроен стандартный WMS сервис для размещения этих подготовленных растров геологических карт на картографическом портале OneGeology.

Достаточно интересен опыт по развитию международных проектов, в рамках которых были использованы наработки и спецификации, подготовленные при реализации OneGeology. Наиболее показательна, на наш взгляд, недавно завершенная первая стадия общеевропейского проекта ProMine (D. Cassard, J.-J. Serrano и J. Vuollo). Одной из основных целей ProMine является разработка первой общеевропейской ГИС-базы данных, содержащей известные и прогнозируемые рудные и нерудные ресурсы, которые в совокупности определяют стратегические резервы (в том числе вторичных ресурсов) в Евросоюзе. Ключевым компонентом этого проекта является база данных полезных



Рис. 44. Содержание проекта ProMine

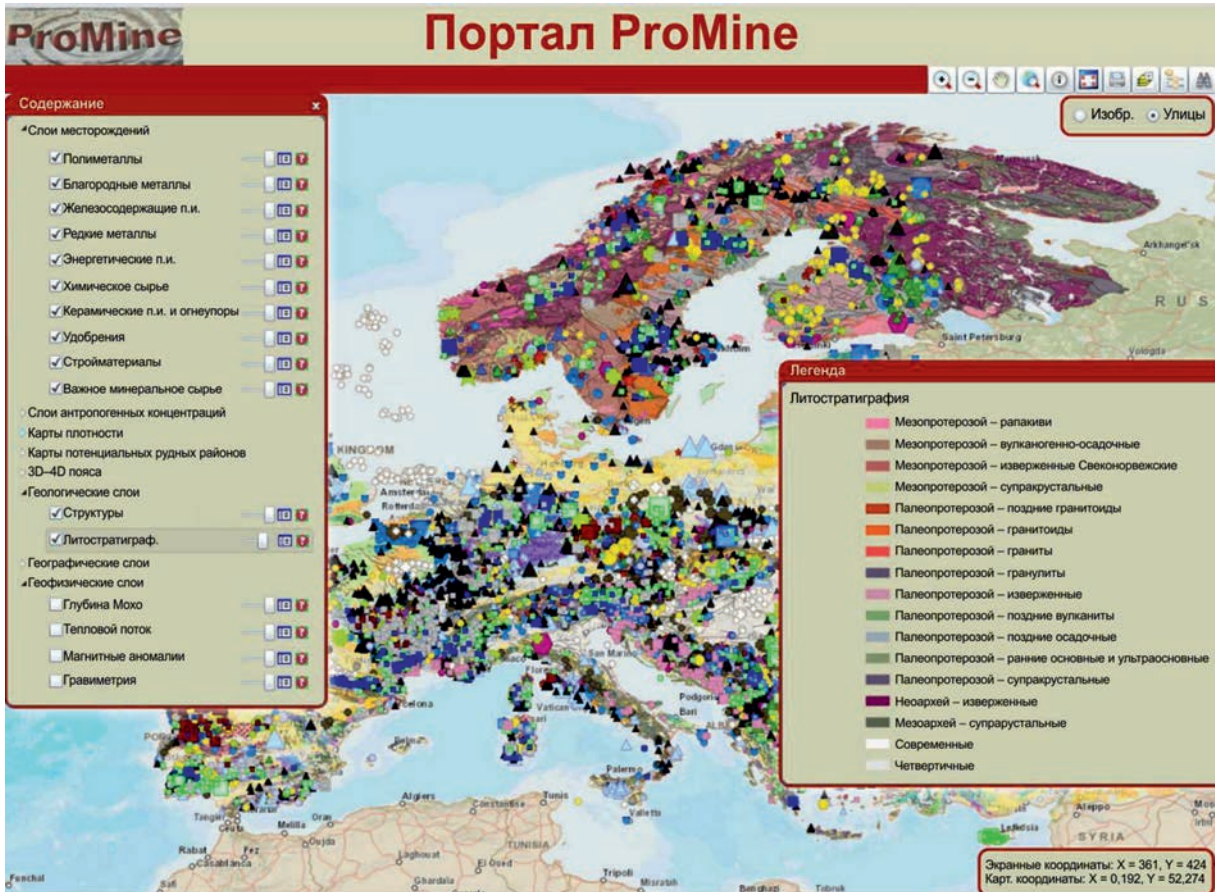


Рис. 45. Портал проекта ProMine

ископаемых, которая была совместно разработана усилиями 11 партнеров из 9 стран Европы (рис. 44).

Подготовленный набор данных включает однородную и исчерпывающую информацию о первичных минеральных ресурсах в Европе. Он содержит около 13 000 записей и охватывает 39 европейских стран и территорий. Необходимая информация предоставляется пользователям через веб-портал (рис. 45) в виде данных о месторождениях полезных ископаемых и дополнительных материалов в 12 специализированных покрытиях (геология, геофизика и др.). Для передачи национальных данных по месторождениям полезных ископаемых и их совместимости в рамках проекта ProMine используется стандартный обменный формат EarthResourceML, который разработан в Комиссии по геологической информации Международного союза геологических наук (IUGS). Этот стандарт предназначен главным образом для описания результатов исследования ресурсов Земли (проявления, месторождения, залежи, руды и т. п.) и горнодобывающих предприятий (шахты, карьеры и т. д.). Для конкретных целей, связанных с отходами, стандарт был дополнен еще несколькими объектами и свойствами (сырье-порода, тип обработки, тип хранения отходов, способы измерений, воздействие на окружающую среду и т. д.).

На европейском уровне стандарт EarthResourceML, подготовленный в рамках проекта ProMine, заявлен кандидатом на стандарт европейской модели данных для описания полезных ископаемых в пределах директивы INSPIRE.

Развитие инфраструктуры пространственных данных (INSPIRE и AEGOS) для геологической информации. Несистемное создание, накопление и использование пространственных данных, в том числе и геологических, крайне неэффективно, приводит к значительному удорожанию работ, дублированию и неоднозначности информации. Для оптимизации процессов взаимодействия пространственной информации различные государства и ведомства разрабатывают и внедряют спецификации, стандарты, организационные и правовые требования (в том числе на уровне создания законодательных документов), относящиеся к обороту цифровой геоинформации. В совокупности эти документы образуют основу Инфраструктуры пространственных данных (ИПД). Применительно к геологии стандарты и требования ИПД должны обеспечивать обмен и многократное использование информации внутри геологического сообщества. Создание ИПД направлено не только на унификацию форматов представления научных данных через веб-сервисы, но и для расширения сфер использования создаваемых информационных продуктов, разграничения прав доступа, создания приложений, которые аккумулируют и анализируют данные. В соответствии с принципами сервис-ориентированной архитектуры (COA), эти приложения могут быть разработаны путем объединения источников информации и программных компонентов от разных поставщиков через новые формы партнерства.

Для развитых стран создание ИПД является одной из наиболее актуальных проблем развития технологии оборота географически привязанной информации. Это касается не только геологических данных, но и многих других данных (топографических, инфраструктурных, кадастровых и т. д.). Построение ИПД как одну из первоочередных задач рассматривают геологические службы Объединенной Европы, США, Канады, Австралии.

Наибольший прогресс на этом пути продемонстрировало Европейское сообщество (F. Robida, J. Laxton, S. Gruijters). На законодательном уровне Европа решила внедрить единый комплексный европейский стандарт ИПД, реализация этой задачи поставлена на межгосударственную правовую основу под названием INSPIRE (The Infrastructure for Spatial Information in the European Community). Эта политика будет применена к большинству цифровой геоинформации, которая поддерживается органами государственной власти в Европе и охватывает 34 разновидности пространственных данных, одной из которых является геология. Для данных каждой темы разработаны спецификации, базирующиеся на стандарте ISO19131. Надо отметить, что разработчики спецификаций INSPIRE стремятся использовать уже существующие международные стандарты там, где это возможно, поэтому в качестве ядра геологической спецификации используется подготовленный комиссиями IUGS стандарт GeoSciML v3.

Важность этого направления для развития наук о Земле была подчеркнута в совместном докладе руководства геологической службы США и штата Аризона «Core Science Systems (CSS)» (К.Т. Gallagher, М. Lee Allison и др.). Докладчики отметили, что в США на общегосударственном уровне принят пятилетний стратегический план развития Геонаучной информационной сети США (USGIN), направленный на укрепление структуры национальных наук о Земле, включая распространение данных, взаимодействие, использование открытых стандартов и общих протоколов, соблюдение и признание прав собственности на данные, содействие развитию новых веб-сервисов и клиентов.

Значительный прогресс в создании ИПД отмечен и в Австралии (Р. Golodoniuc, R. Fraser, S. Cox, R. Woodcock и др.). За последние четыре года в рамках проекта AuScore Grid была разработана ИПД мирового класса. Для разработки и развертывания распределенных сервисов геонаучных данных, основанных на единых общегосударственных стандартах, проект AuScore Grid объединил более 20 участников, в том числе CSIRO, Geoscience Australia, университеты и государственные правительственные учреждения. Технология, реализованная при разработке AuScore Grid, известна как Spatial Information Services Stack (SISS). Она обеспечивает поддержку всех уровней управления данными, включая информационное моделирование, передачу и публикацию данных, поиск данных с использованием общих стандартов содержания и интерфейсов.

Отдельная сессия в рамках рассмотрения ИПД и 8 докладов были посвящены развивающемуся проекту AEGOS (African-European Georesources Observation System).

Проект AEGOS направлен на реализацию подготовительного этапа построения информационной системы сбора, размещения и обеспечения доступа к данным по геологическим ресурсам Африки (рис. 46), включая недра, сырье, подземные воды и энергоресурсы (георесурсы).

Сбор информации проводился через многочисленные инициативы как самих африканских стран, так и в рамках региональных, международных, панафриканских и панъев-

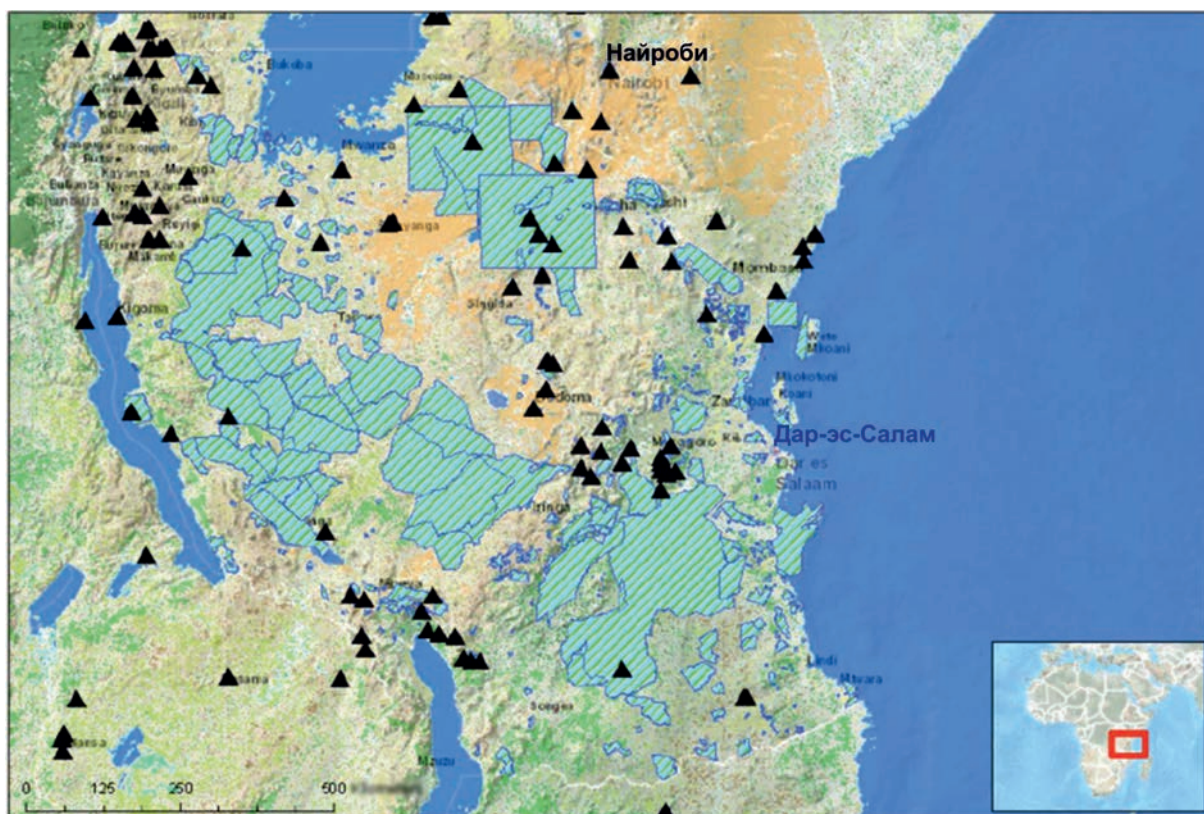


Рис. 46. Проект AEGOS (African-European Georesources Observation System)

ропейских организаций и проектов. Финансирование проекта осуществлялось по 7-й Рамочной программе Евросоюза (2007–2013, общий бюджет около 50 млн евро).

Основные цели проекта AEGOS:

- разработка оперативных процедур управления данными (инфраструктура пространственных данных, метаданных и данных);
- развитие и укрепление афро-европейских сетей партнерства;
- обеспечение вклада в глобальный проект наук о Земле GEOSS, в контексте построения инфраструктуры пространственных данных в Европе (INSPIRE).

В докладах представителей европейских и африканских геологических служб, горнорудных компаний, консалтинговых фирм и университетов отмечалось, что подготовка и обеспечение простого доступа к геологическим данным, информации и знаниям лежит в основе государственной политики на различных уровнях управления в обществе. Европейские геологические службы имеют уникальные архивы геонаучных данных по Африке, которые должны быть общедоступными. Ценность этих данных возрастет в совокупности с информационными ресурсами, имеющимися у африканских партнеров.

AEGOS является панафриканской инфраструктурой пространственных данных, направленной на обеспечение совместимости при взаимобмене цифровыми георесурсами по африканскому континенту. Предоставляя ориентированные на пользователей информационные услуги, AEGOS призван помочь политикам, агентствам развития, гражданскому обществу, геонаучным сообществам и организациям частного сектора в эффективном использовании георесурсов Африки. Так как человеческий фактор находится в центре инфраструктуры AEGOS, в рамках проекта разработана общая стратегия для наращивания потенциала учебных программ. Консорциум из 23 африканских и европейских национальных и региональных геологических организаций разработал единую информационную систему для распространения знаний о полезных ископаемых, подземных водах и геотермальной энергии в Африке. Создаваемый в рамках проекта многоязычный интернет-портал будет способствовать контролируемому доступу к сети распределенных баз данных на обоих континентах. Вклад AEGOS в Глобальные системы наблюдения за Землей (GEOSS), соответствует, насколько это возможно, уставу GEOSS о совместном использовании данных. В области политических решений AEGOS является примером реализации скоординированного стратегического партнерства Евросоюз – Африка, направленного на обеспечение устойчивого развития сырьевого рынка силами государственных, частных и научно-образовательных сообществ.

Развитие и модернизация национальных геолого-картографических систем, создание бесшовных карт. Создание национальных геолого-картографических (геонаучных) систем было провозглашено новой парадигмой цифровой геологической картографии на прошлом 33-м МГК, состоявшемся в г. Осло (Норвегия). За это время ряд стран существенно продвинулся в этом направлении.

Китай. Составление и формирование базы данных геологических карт – ключевая позиция ГС Китая (Rongmei Liu). Формируемая пространственная база геологических карт масштаба 1 : 50 000, и это особо подчеркнуто в докладе, является одной из самых важных для ГС Китая. На территории страны имеется около 4600 листов геологических карт, полученных традиционным способом, и около 1500 листов, откартированных и подготовленных сразу в цифровом виде. Основной целью программы по созданию Геологической карты Китая является сбор и перевод в цифровой вид карт и отчетов, завершённые после 1960 г. В качестве программного обеспечения выбран отечественный (китайский, разумеется) геоинформационный пакет MAPGIS. Координатор всех работ – Центр научно-исследовательских разработок Геологической службы Китая, который отвечает за организацию работ, контроль качества данных, методическое обеспечение, подготовку кадров для разработки, управления и поддержки создаваемых баз данных. В этот проект вовлечены 6 региональных и более 30 провинциальных геологических институтов, силами организаций проводится оцифровка карт и создание базы данных. Проект идет уже 10 лет и к 2012 г. есть база пространственных данных уже для 3097 листов геологических карт масштаба 1 : 50 000, которые могут быть представлены как в MAPGIS, так и в ArcGis

формате и опубликованы. Загрузку остальных карт планируется завершить к 2015 году. Эта национальная база данных геологических карт будет использоваться и играть значительную роль при реализации проектов в различных областях народного хозяйства, геологических исследованиях, разведке и поисках ПИ, экологии, землепользования.

Колумбия. В состав геолого-информационной системы ГС Колумбии (SIGER) интегрирован Геологический атлас, содержащий 26 листов геологических карт м-ба 1 : 500 000, подготовленных в ArcGis 9.3 по результатам обобщения и интеграции государственных геологических карт Колумбии м-ба 1 : 100 000, опубликованных ГС Колумбии (по докладу J.G. Tapias, B.G. Cadena) (рис. 47). Для увязки листов были использованы материалы дистанционных съемок, таких как Landsat, радарные съемки и цифровая модель рельефа NASA-SRTM DEM.

Геологические подразделения, выделяемые на карте, определялись на основе смешанных хронолитостратиграфических классификаторов.

Второе издание Геологической карты Колумбии м-ба 1 : 100 000 (ГКК-100/2) выполнено в 2012 г. и включает 74 новых листа геологических карт, которые подготовлены в системе координат WGS-84 и увязаны со смежными картами по территории Перу и Бразилии (проведены два рабочих совещания с коллегами CPRM и INGEMMET). Цифровые модели ГКК-100/2 интегрированы в корпоративную базу данных SIGER. Эта полномасштабная информационная система, реализованная на основе промышленной СУБД Oracle 10g с использованием ArcSDE 9.1 и ArcGIS 9.3.1, обеспечивает визуализацию карт, снабжена механизмами удаленного доступа, поиска и редактирования цифровых геологических данных.

Намибия. В Намибии создана и постоянно пополняется база данных геологической информации, полученной за более чем 100-летний период геологических исследований,

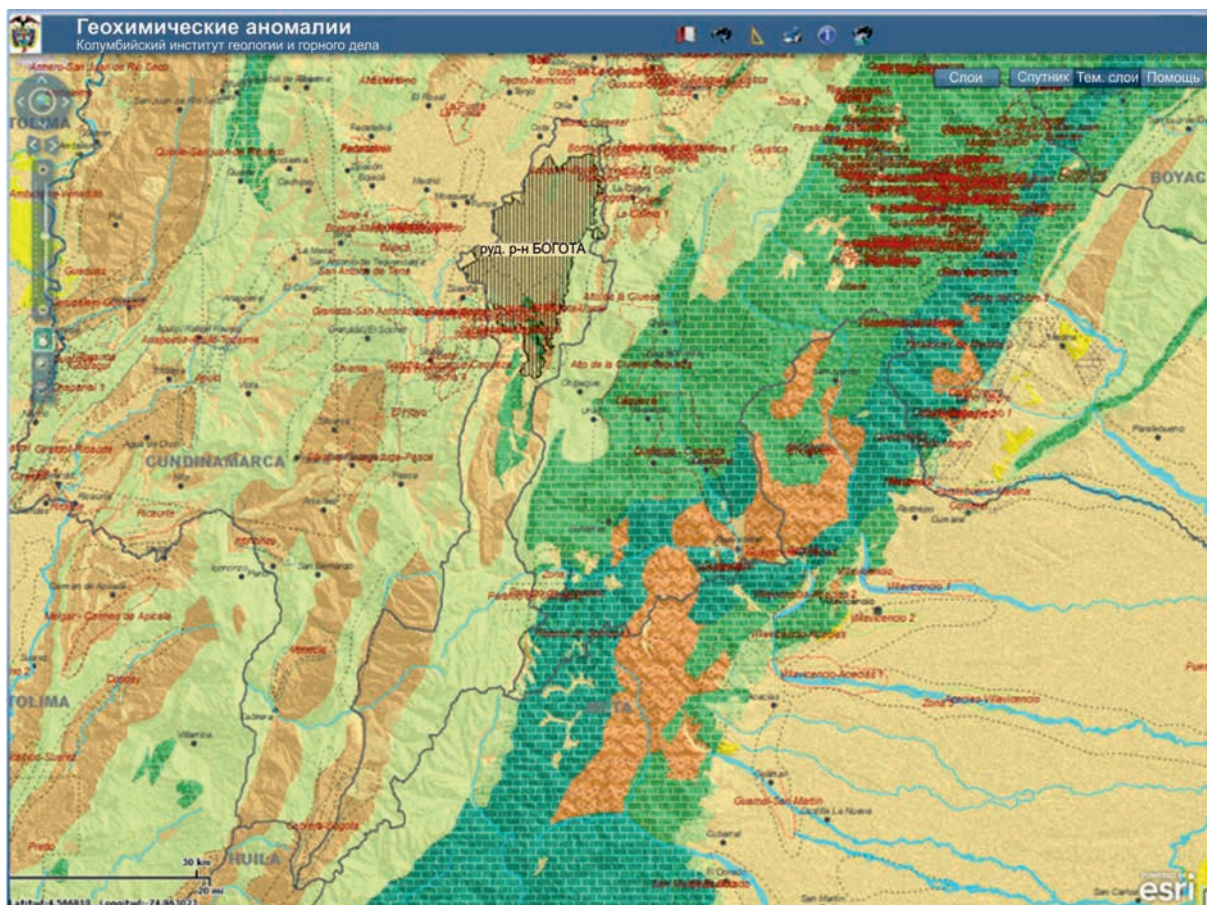


Рис. 47. Фрагмент геолого-информационной системы ГС Колумбии (SIGER)

поисках и разработки полезных ископаемых на территории страны (А.-К. Ngungo и Vicky Do Cabo). Эта база данных является ядром Национальной информационной системы данных о Земле (EDN), которая реализована на базе Microsoft SQL Server 2010, ESRI ARCGIS Server 10.0, Linux, PostgreSQL и Geoserver. Веб-интерфейс обеспечивает простой доступ к данным через сайт и веб-портал. Система EDN содержит несколько разделов: геология, горнодобывающая промышленность, лицензирование, экология, землевладения и т. д. Она обеспечивает единое окно для доступа к национальной геологической информации (в том числе архивные и новые данные) для всех категорий пользователей – правительственных и частных.

Мексика. Созданы базы данных геологических карт в Национальной геолого-информационной системе Мексики «GeoInfoMEX» (доклад Е. Espinosa) (рис. 48). Работы по планомерному геологическому картированию территории Мексики началась в 1995 г. по инициативе бывшего Consejo de Recursos Minerales (CRM), основной целью проекта было создание геологической и геофизической карты для всей территории Мексиканских Соединённых Штатов. Создание карт в м-бе 1 : 250 000 по обеим задачам завершилось в 2005 г. С 2006 г. выполняется картирование в м-бе 1 : 50 000, сегодня охвачено 32% площади территории страны (1 965 000 км²). Все построенные карты обеспечены полевым контролем. В завершающей фазе вся собранная информация загружается в GeoInfoMEX, где она становится доступной через интернет для любого пользователя.

Финляндия. Совершенствуется бесшовная геологическая карта Финляндии м-ба 1 : 200 000 (J. Vuollo, H. Idman, J. Kohonen, N. Ahtonen и J. Luukas) (рис. 49). Революция в информационных технологиях в середине 90-х годов прошлого века привела к необхо-

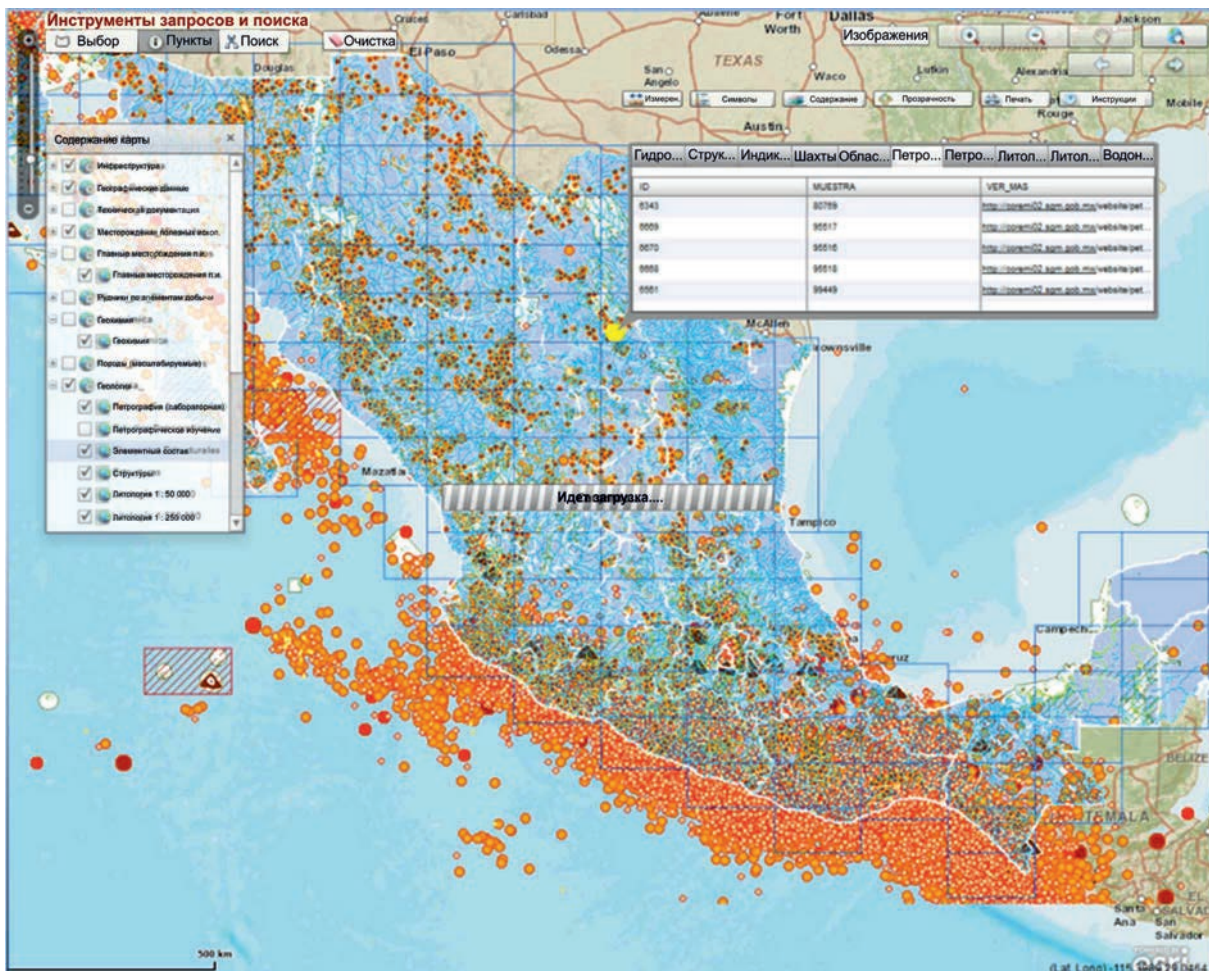


Рис. 48. Фрагмент информационной системы Мексики GeoInfoMEX

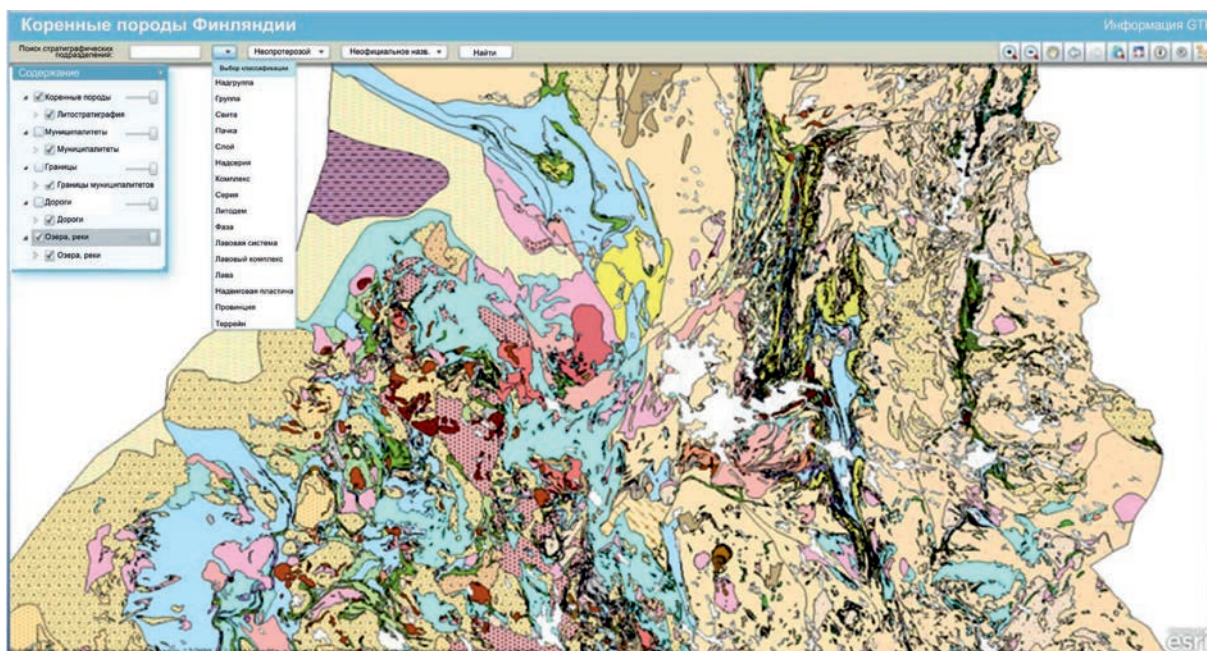


Рис. 49. Фрагмент бесшовной геологической карты Финляндии масштаба 1 : 200 000

димости пересмотра всех информационных процессов и способов сбора данных, заставила по-новому взглянуть на значимость цифровых данных для геологической науки. Наиболее типичный путь развития проходил от экстенсивного «цифрования», создания многочисленных новых структур и данных к оптимизации (унификации) потоков поступления и распределения информации. ГС Финляндии (GTK) приступила к созданию системы взаимосвязанной корпоративной базы данных, обеспечивающей сбор цифровых полевых данных с использованием единых систем классификаций и увязанной с интерфейсом полевых персональных компьютеров. На системном уровне процесс геологического картирования перешел от традиционного полистного подхода к картированию на основе регулярного обновления единой бесшовной цифровой геологической карты коренных пород территории Финляндии (DigiKP).

Научным ядром этой бесшовной карты является регистр картируемых подразделений (Finstrati). Оба эти цифровых продукта (карта и регистр картируемых подразделений) выполнены в виде базы данных, использованы международные стандарты и словари IUGS/CGI. На технологическом уровне бесшовная геологическая карта масштаба 1 : 200 000, включающая обе базы данных DigiKP и Finstrati, была опубликована как онлайн-ресурс в марте 2010 г. Развитие БД будет продолжено в рамках международного сотрудничества на модели данных и с использованием расширенных форматов INSPIRE-GeoSciML-EarthResourceML. Основные усилия ГС Финляндии сосредоточены на создании базы первичных данных. Первоочередной задачей является разработка схем, обеспечивающих интеграцию отдельных локальных баз в единую базу данных, основанную на глобальных международных стандартах и классификациях GeoSciML-EarthResourceML. Также отмечено, что финской геологической службой продолжают работы по интеграции бесшовной геологической карты в Северо-Европейский, Европейский и Глобальный сервисы просмотра и загрузки цифровых карт.

Чехия. О развитии чешской национальной геологической информационной системы (GeoIS-GeoINFO) говорится в докладе Z. Krejč и O. Moravcova. GeoIS состоит из специализированного центрального хранилища данных на базе промышленной СУБД и ряда приложений для доступа к первичной документации (например, карты реестра оползней), а также обеспечивает представление отчетов, карт и экспертных оценок из архива данных (рис. 50). В рамках этого национального информационного ресурса создана подсистема «Национальная система мониторинга, регистрации и прогноза нестабильности земель».

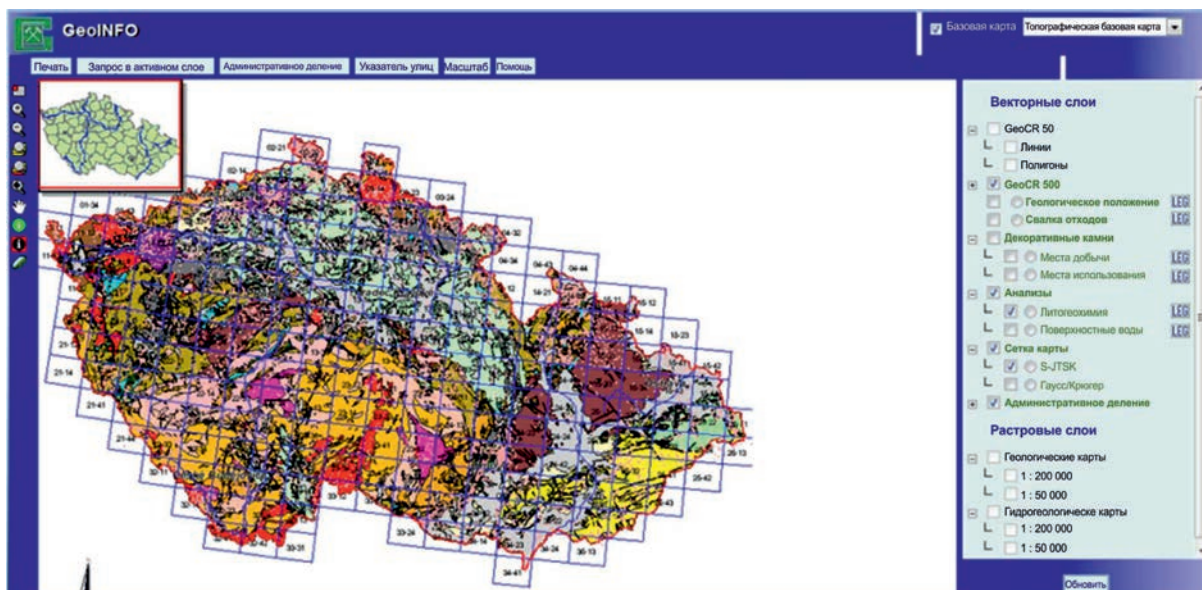


Рис. 50. Геолого-информационная система Чехии GeoIS–GeoINFO

Словения. О модернизации системы онлайн доступа к геологическим данным ГС Словении, внедрении «облачных» технологий – в докладе М. Комас и J. Šinigoj (рис. 51).

За последние 20 лет небольшим коллективом в национальной ГС Словении создана полноценная информационная система, содержащая в цифровом виде все данные и метаданные для пространственной геолого-картографической информации территории страны, в том числе подготовлены кадастры (профили, скважины, минеральные ресурсы, недропользователи, лицензии), разработаны ГИС-приложения для визуализации и анализа месторождений полезных ископаемых. Веб-доступ к национальным данным (в том числе регламентированный) возможен через веб-серверы, разработанные на программном обеспечении с открытым кодом. Модернизация систем и технологий проводится (видимо, и финансируется) в рамках международных (в основном панъевропейских) GIS и IT проектов, таких как eWater, OneGeology, OneGeology-Europe, EuroGeoSource, SARMA, INCOME, InGeoClouds. Со стартом проекта OneGeology национальные данные стали доступны всем пользователям круглосуточно через единый портал проекта. Последние разработки ГС Словении сосредоточены во внедрении «облачных» технологий и вычислений, таких как живого онлайн-моделирования уровня оползневой опасности на основе прогноза погоды и местных триггерных механизмов.

Россия. Продолжается работа по созданию во ВСЕГЕИ «Базы данных Государственных геологических карт территории России и ее континентального шельфа». В последние четыре года с момента прошлого МГК, состоявшегося в Осло, в 2008–2012 гг. разработан полнофункциональный макет системы, который включает собственно базу данных, реализованную на основе СУБД Oracle, инструменты администрирования и сервисы удаленного доступа к данным через интернет. В качестве прототипа для подготовки физической структуры базы данных использовалась NADM-GSC (ГС Канады). База данных Госгеокарт России состоит из четырех содержательных блоков – блок «Векторная информация» – Геологическая карта м-ба 1 : 2 500 000 по всей территории России, 27 листов (на 2011 г.), Государственные геологические карты 1 : 1 000 000; блок «Растровые геологические карты» – 1700 листов геопривязанных растровых карт м-бов 1 : 200 000 – 1 : 1 000 000, более 5000 схем и элементов зарамочного оформления, а также метаописания объектов; блок «Серийные легенды» – 8 серийных легенд для карт м-ба 1 : 1 000 000 и три серийные легенды для карт м-ба 1 : 200 000; блок «Терминологическая основа» – более 3000 терминов для описания вещества, геологических объектов и структур, а также 14 000 имен картируемых подразделений. Развернутые сервисы удаленного доступа обеспечивают возможность подключения пользователей к базе данных на основе стандартов WMS, WFS,

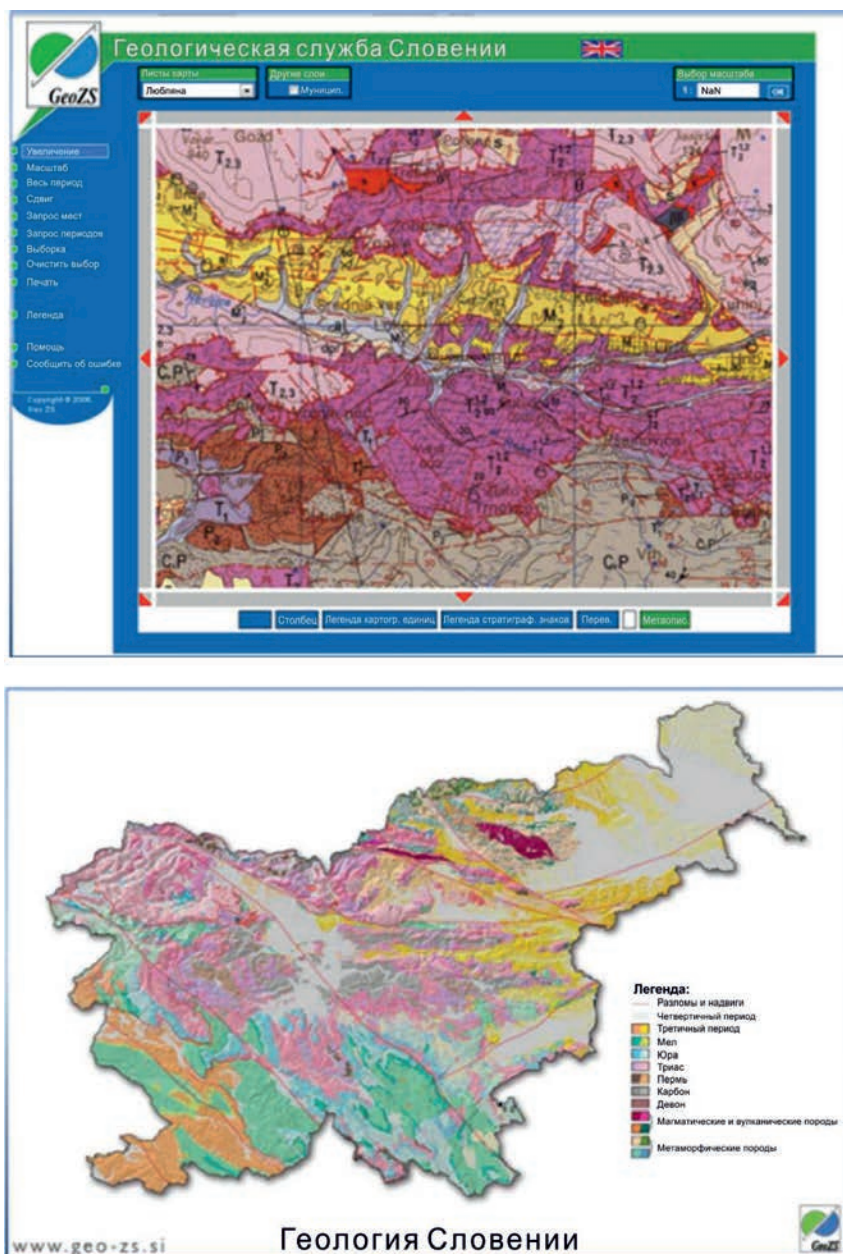


Рис. 51. Геолого-информационная система Словении

CSW. В течение 2011–2012 гг. апробированы возможности по online-интеграции данных на основе сервисов WFS и стандартов GeoSciML двух крупных отраслевых систем – базы данных геологических карт (исполнитель ВСЕГЕИ) и геолого-информационной системы СОБР-Роснедра (Исполнитель ВНИИгеосистем). В 2012 г. реализована технологическая возможность использования геопривязанных государственных геологических карт м-ба 1 : 1 000 000 через портал OneGeology.

Как видно из представленных на конгрессе докладов, за последние четыре года разрыв между геологическими службами в области создания национальных геолого-картографических систем несколько сократился. Но необходимо учитывать, что многие развитые страны уже завершили создание таких систем по своей территории (например, практически все страны Евросоюза к 2010 г., Австралия – бесшовную карту м-ба 1 : 1 000 000 к 2009 г. и т. д.), считают этот этап пройденным и докладов по этой тематике не делали. Часть этих стран совершенствует элементы взаимодействия между своими системами в рамках крупных международных проектов OneGeology, OneGeology-Europe, EuroGeoSource,

GPDN либо модернизирует архитектуру пространственных данных с целью создания внутри собственных геологических служб систем интегрированных корпоративных баз данных, обеспечивающих сбор цифровых полевых материалов с использованием единых систем классификаций и увязанной с интерфейсом полевых персональных компьютеров (J. Vuollo, H. Idman и др.). В группе стран (Китай, Колумбия, Мексика, Намибия и др.) процесс построения национальных баз данных заканчивается либо близок к завершению, во многом прогресс на этом пути зависит не только от профессионализма и используемых технических решений, но и от масштаба карт и площади, на которую создается система. Наиболее показательны в этом плане два доклада, которые характеризуют два полярных подхода – доклад геологов Колумбии J. Gomez Tapias, B. Galan Cadena и др. о завершении работ по созданию Геологического атласа Колумбии и сообщение китайского коллеги R. Liu из Центра научно-исследовательских разработок ГС Китая о развитии специализированной базы данных геологической карты Китая. В первом случае (относительно небольшая площадь и мелкий масштаб) – для территории Колумбии небольшим коллективом удалось создать национальную геолого-картографическую систему за ограниченный промежуток времени (около 5 лет). Во втором случае (значительная площадь и крупный масштаб) – для территории Китая задача по созданию Национальной геолого-картографической системы выполняется 37 организациями, заняла уже 10 лет и, вероятно, продлится до 2015 г. (R. Liu). По всей видимости, сейчас это один из самых больших массивов цифровой геолого-картографической информации.

Особняком стоит еще одна группа стран (например, некоторые страны СНГ, страны AEGOS), где процесс создания национальных баз данных геологических карт именно как единой системы находится на начальном этапе либо еще вообще не начинался, а идет осознание необходимости использования современных подходов к организации и унификации цифровой геологической информации.

Совершенствование подходов к управлению информацией, унификация способов представления, передачи и обработки цифровой геологической информации. Создание национальных геолого-картографических систем, развитие международной кооперации и проектов, направленных на интеграцию данных, построение инфраструктуры пространственных данных – все это невозможно без создания принципиально новых подходов к управлению информацией, унификации способов представления и передачи цифровой геологической информации. Любой цифровой продукт, который создается для использования другими людьми, должен быть обеспечен унифицированными средствами представления. Основной способ распространения информации и технологий – это интернет. Соответственно применяемая для создания какого-либо цифрового геологического продукта технология должна обеспечивать возможность его публикации в виде интернет-ресурса (не важно, открытого, ограниченного доступа, закрытого). Для эффективного взаимодействия между создателями цифрового продукта и пользователями должны быть унифицированы способы доставки (протоколы взаимодействия) информации и сами данные. Это, пожалуй, два основных момента в современных способах управления информацией. Именно в таком ракурсе эти проблемы обсуждались на двух специализированных секциях 34-й сессии МГК «Управление информацией – способы взаимодействия и стандарты» – «Стандарты и Данные»

На сессии были представлены доклады, посвященные стандартизации описания геологической информации (GeoSciML, EarthResourceML, SoilML), словарной системы (SISSvoc) и образцов (International Geo Sample Number – IGSN).

Международный формат описания и обмена геологическими данными GeoSciML v3.0 (Ollie Raymond – GeoScience Australia и рабочая группа Interoperability Working Group) является последним релизом стандарта для цифровых геологических данных, разработанного Комиссией по геологической информации IUGS (рис. 52). Это существенное обновление GeoSciML v2, который ранее был принят как основной стандарт для международного обмена данными в ряде глобальных проектов, в том числе OneGeology, программе Евросоюза INSPIRE, а также для использования в геонаучной информационной сети США (US Geoscience Information Network).



Рис. 52. Проекты Комиссии по геологической информации Международного союза геологических наук

Сейчас GeoSciML v3 готовится как стандарт Открытого геопространственного консорциума (Open Geospatial Consortium – OGC). GeoSciML v3 использует недавно обновленные OGC и ISO стандарты, включая последние GML v3.2, v2.0 SWECOMMON и O&M (Observations and Measurements) v2. Модель GeoSciML была значительно переработана и общая схема разделена на набор меньших, но более управляемых схем и модулей с отдельными пространствами имен (например, GeologicAge, EarthMaterial). GeoSciML v3 обратно несовместим с предыдущими версиями. Модель GeoSciML v3 охватывает геоморфологические данные, геологические образцы, аналитические метаданные для геохимии, геохронологии и расширенную поддержку описания скважинных и петрофизических данных. Модель данных GeoSciML v3 не включает в себя словари. Тем не менее, модель рекомендует стандартный шаблон для ссылок на контролируемые словари с использованием HTTP-URI. Международным GeoSciML сообществом разработан распределенный RDF-вокабуляр, который может быть доступен в виде сервиса веб-GeoSciML.

EarthResourceML v2.0 (ERML) (доклад J. Vuollo, B. Simons, J. Laxton, D. Cassard и A. Seymon) (рис. 53) является последней версией стандарта взаимодействия и обмена данными по полезным ископаемым и ресурсам, которая разработана рабочей группой «Interoperability Working Group» (в составе Комиссии по геологической информации IUGS) и представителями INSPIRE. Стандарт ERML может быть распространен на все твердые полезные ископаемые. Это облегчает передачу данных по ресурсам и запасам, которые соответствуют национальным и международным кодам отчетности.

SoilML (B. Simons, P. Wilson, R. Atkinson и D. Jacquier). После очевидного успеха работ по разработке стандартов обмена, основанных на GML-схемах, таких как стандарт обмена данными по геологии (GeoSciML), стандарт обмена по минеральным ресурсам (EarthResourceML) и подземным водам (GroundWaterML), в Комиссии по геологической информации CGI-IUGS создана рабочая группа стандарта информации по почвам (Working Group on Soil Information Standards WG-SIS). В Австралии для удовлетворения текущих потребностей в оценке земель запущена программа ACLEP (Australian Collaborative Land Evaluation Program), в рамках которой CSIRO разрабатывают модель данных для почвенной информации (OzSoilML), которая соответствует австралийским требованиям, а также направлена на гармонизацию с различными новыми данными о почвах и общемировыми стандартами. Таким образом, предлагается рассматривать OzSoilML

EarthResourceML версия 2.0:

- **Ресурсы Земли: природные материалы с потенциальной экономической ценностью**
- **Особенности добычи: работа с ресурсами Земли**



Ресурсы Земли:

- Месторождение полезных ископаемых
- Ископаемое и единицы измерения
- Единицы измерения руды
- Модель рудного месторождения
- Разведка (INSPIRE)
- Материал ресурсов Земли
- Супергенные процессы (например, вторичные изменения)
- Минеральная система



Особенности добычи:

- Добывающее предприятие
- Добыча
- Добываемый материал
- Продукция
- Отходы добычи (INSPIRE)



www.gtk.fi

Рис. 53. Содержание проекта EarthResourceML v2.0 (ERML)

как proto-SoilML модель и создать организационную основу в рамках IUGS для координации дальнейших работ по стандартизации цифровых данных о почвах.

SISSVoc (Spatial Information Service Stack Vocabulary Service) (S. Cox). Технические аспекты современных веб-технологий открывают удивительные возможности для интеграции данных, создаваемых при выполнении работ различными учреждениями, и реализации проектов, направленных на междисциплинарное взаимодействие. Это взаимодействие может быть адекватным лишь в том случае, если приведены в соответствие не только технические параметры такой интеграции, но и содержательная часть, определяемая семантикой предметной области. Это подразумевает использование единых классификаторов и словарей или применение семантических корреляций для увязки схожих классификаторов из различных источников. В среде веб для этого используются стандартные словари, организованные в виде веб-хостинговых сервисов. SISSVoc (Spatial Information Service Stack Vocabulary Service) являются словарным сервисом, построенным с использованием семантических веб-технологий. Стандартный интерфейс SISSVoc и стандартный запрос основан на классах и свойствах системы организации знаний SKOS (Simple Knowledge Organization System), поэтому SISSVoc словари должны быть формализованы с использованием SKOS, при этом важно, что свойства, связанные с семантикой более конкретной лексики, также могут быть включены и будут отражаться в результатах. Каждый словарь опубликован с помощью четырех различных интерфейсов для обеспечения разнообразных типов использования:

- в виде единого файла;
- в виде реализации для стандартного языка запросов SPARQL (SPARQL Protocol and RDF Query Language);
- через SISSVoc;
- из URI для каждого элемента (термина) словаря.

Сервис SISSVoc обеспечивает представление словарей для геологических и водных ресурсов.

IGSN – International Geo Sample Number (K. Lenhert и J. Klump). Физические образцы горных пород и данные, полученные при их исследованиях, составляют первичную основу всех наук о Земле, были ключевыми для наших знаний о динамических системах Земли и эволюции нашей планеты. Цифровой век предлагает новые перспективы для совместного и повторного использования образцов горных пород, предоставляет

возможность увязывать и интегрировать различные типы аналитических данных, полученных при изучении одного образца. Для этого необходим единый (скоординированный на международном уровне) подход для идентификации и регистрации физических образцов в науках о Земле. Международная некоммерческая организация IGSN e.V. (www.igsn.org) была основана в декабре 2011 г. для внедрения и распространения стандартных методов описания мест хранения и регистрации образцов горных пород, основанных на использовании международного номера геологического образца (IGSN – International Geo Sample Number). Эта организация также обеспечивает надежное функционирование Международной операционной регистрационной службы по IGSN, которая действует в распределенном режиме и предназначена для обслуживания всех своих членов. IGSN – это уникальный идентификатор образца вещества Земли, который разработан для использования в Системе регистрации образцов горных пород – SESAR (www.geosamples.org), чтобы преодолеть проблему по неоднозначности именования образцов. IGSN признается в качестве основного решения для идентификации образцов, де факто это решение поддержано растущим числом пользовательского сообщества, включая крупные проекты, такие как Международная программа по континентальному бурению (International Continental Drilling Program), Программа США по бурению на шельфе (US Extended Continental Shelf Program), европейские и американские репозитории образцов горных пород и др. В докладе австралийских геологов (С. Foster и др.) отмечается, что за счет широкого использования компьютеров в области наук о Земле в последние годы произошли фундаментальные изменения, позволившие ученым приблизиться к решению глобальных проблем, связанных с изменением климата, устойчивым развитием энергетических, минеральных и водных ресурсов. Если в «доцифровую» эпоху преобладали качественные методы исследований, которые фокусировали свое внимание на сборе и описании физических образцов преимущественно на местном, локальном уровне, то сейчас картина принципиально меняется. Многие отрасли геологической науки стали значительно более компьютеризированными и оперируют уже не реальными образцами, а «интерпретированными» данными, представленными сеточными покрытиями (grid) и «образами», продуцированными дистанционными инструментами, либо вообще являются результатом моделирования и многократной переобработки данных. Таким образом, физические образцы пород, становятся репером, «золотым стандартом» в виртуальном мире, которые осуществляют его привязку к миру реальному – они имеют решающее значение для калибровки, тестирования и проверки цифровых наборов данных. Стоимость сбора физических образцов горных пород значительно возрастает и может стать слишком дорогой для исследователя. К счастью, в музеях, университетах, геологических службах и горнодобывающих компаниях по всему миру существует огромное количество коллекций, которые в цифровую эру могут быть многократно исследованы, а результаты стать доступными для широкого круга пользователей. В докладе также подчеркивается, что для обеспечения уникальности идентификации образцов и унификации стандартов их описания по всему миру необходимо всемерно развивать инициативу International Geo Sample Number (IGSN).

Унификация способов представления и передачи цифровой геологической информации открывает широкие перспективы для ее дальнейшей совместной обработки и построению комплексных информационных систем, включающих элементы «облачных» технологий. Элементы этих новых подходов уже разрабатываются австралийскими коллегами R. Fraser, T. Rankine, J. Vote, B. Evans и L. Wyborn при реализации проекта «Virtual Geophysics Laboratory (VGL)». VGL является результатом сотрудничества между CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation), Geoscience Australia (GA) и Национальной вычислительной инфраструктурой (National Computing Infrastructure – NCI). VGL предоставляет геологам простое средство, обеспечивающее применение сложных технологий, представленных «eResearch» и «Облачной технологией» в пользовательском интерфейсе. VGL была разработана в геофизическом пользовательском сообществе и сегодня используется внутри него. С экспоненциальным ростом объема наборов данных, их разрешением и пространственным охватом многие организации сейчас испытывают следующие пробле-

мы: хранение данных для динамического доступа к ним; вычислительные мощности для обработки этих данных; наличие простых способов совместного использования множества получаемых результатов. Для пользователей уже невозможно лично управлять данными, передавать их, делать выборки, обработку и их хранение. VGL обеспечивает решение этих проблем и представляет собой распределенную систему, в которой пользователь может через онлайн-интернет-доступ войти со своего компьютера в виртуальную лабораторию, беспрепятственно получать доступ к подмножеству данных, проводить необходимые вычисления и сохранять полученные результаты.

VGL предоставляет конечным пользователям доступ к интуитивному, ориентированному на простого пользователя веб-интерфейсу, построенному на основе хранилища пространственной информации с использованием «облачного» хранения и «облачной» обработки, выполненной NCI и Amazon (рис. 54).

Через этот действующий портал исследовательское научное сообщество получило возможность многократного использования имеющихся данных, совместном моделировании и координации работ. Разработанные модели и технологии могут быть легко переориентированы и на другие варианты использования, в том числе и за пределами геофизики, например, оценка стихийных бедствий, обработка спутниковых данных и в других областях, связанных с пространственными данными и их обработкой.

Наиболее полно тенденции к интеграции данных (уже выходя за рамки геологической отрасли) прослежены в докладе австралийских коллег (L. Wyborn, R. Woodcock и R. Fraser и др.). Как отмечают авторы, в последние годы ограниченный вычислительный потенциал и, казалось бы, непреодолимые барьеры в доступе к данным приводили к выводам, что международное научное сообщество едва ли способно реализовать создание реалистичных моделей прогнозирования, компьютерного моделирования развития ресурсов, прогнозов

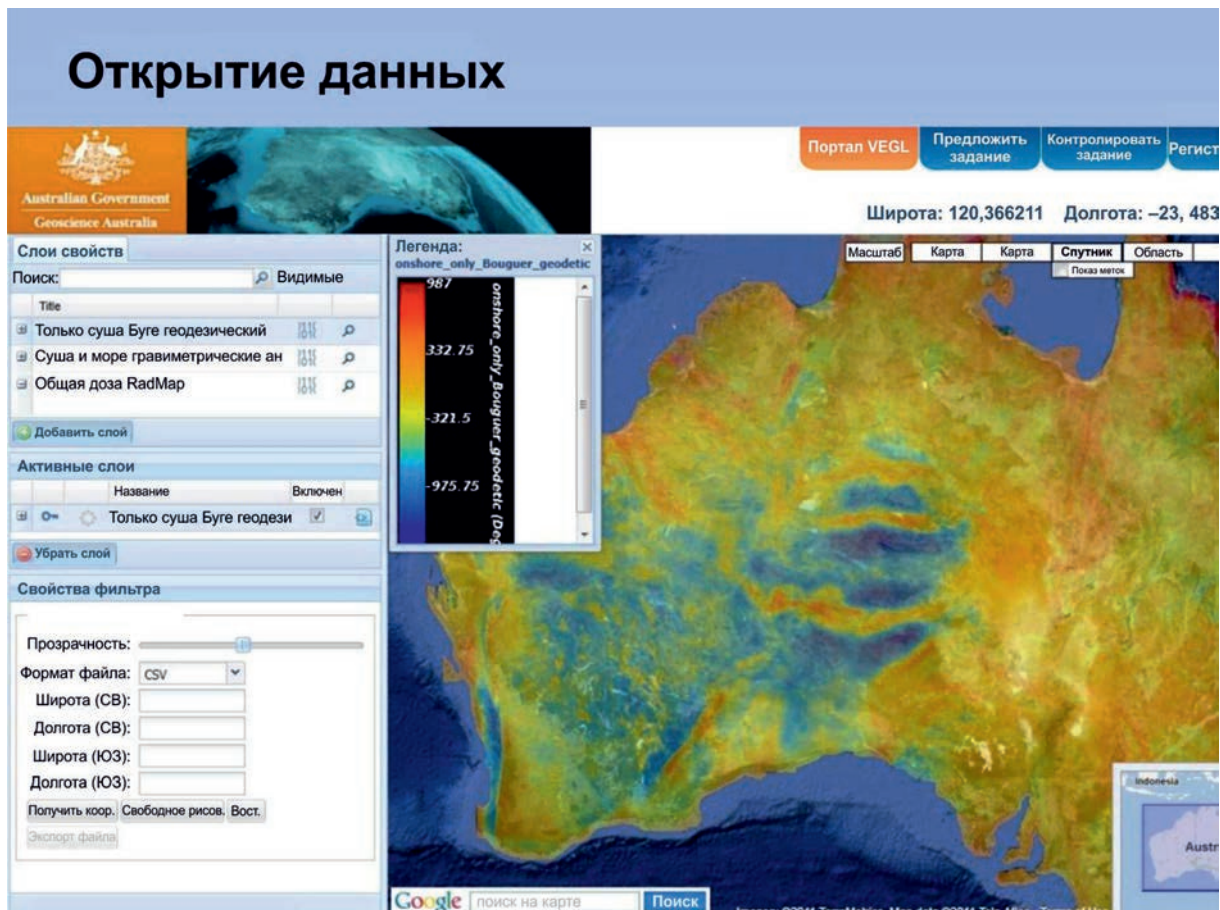


Рис. 54. Хранилище пространственной информации проекта Virtual Geophysics Laboratory

опасного загрязнения природы, не говоря уже об эффективной интеграции данных из других смежных научных областей, таких как биоинформатика, гидроинформатика, климатология и т. д. С 2007 г. в рамках инициатив Австралийского департамента промышленности, инноваций, научных исследований и высшего образования (DIISRTE) были построены некоторые информационные порталы, в том числе AuScore (науки о Земле), Австралийская океанографическая сеть данных (AODN, морские данные) и Атлас живой Австралии (ALA, биоинформатика). В рамках этих проектов по существу построены «виртуальные библиотеки» цифровых данных, которые в основном соединяют существующие распределенные хранилища данных везде, где это возможно (а в ряде случаев централизованные хранилища данных создавались в ходе реализации проектов). Для обмена информацией при создании этих сетей были использованы общепринятые международные стандарты инфраструктуры, каталогов и описания самих данных. Проведенный уровень унификации позволяет полноценно использовать данные из отдельных сетей, проводить кросс-доменный анализ цифровых материалов (использовать данные из распределенных источников) и их интеграцию. Следующим шагом является создание виртуальных лабораторий, которые соединяют данные отдельных библиотек (хранилищ данных) с библиотеками интернет-приложений и позволяют использовать для обработки различные новые онлайн-вычислительные ресурсы, которые быстро растут в объеме (в том числе «облачная» технология, HPC, GPU). Таким образом, совершенно не имеет значения, где физически на планете размещены данные, где находятся приложения для их обработки и где запускаются сами вычисления. Создание этих лабораторий должно способствовать интеграции данных наук о Земле с научными достижениями в других областях знаний, что позволит обеспечить процессы управления охраной окружающей среды Земли и развитием ее природных ресурсов.

Рассмотрение этого вопроса в международном масштабе выполнено в докладе «Международная конвергенция в киберинфраструктуре наук о Земле», подготовленном группой ведущих специалистов геологических служб США, Австралии, Великобритании, Италии M. Lee Allison, R. Atkinson, D. Arctur, S. Cox, I. Jackson, S. Nativi и L. Wyborn, представленном директором геологической службы Аризоны Ли Алисэном. Как осторожно отмечают авторы, намечается международная согласованность в решении важных задач в строительстве киберинфраструктуры наук о Земле. Эти задачи включают создание общих стандартов и протоколов, привлечение огромного числа распределенных информационных ресурсов, создание практики признания и уважения к интеллектуальной собственности, развитие хранилищ первичных данных и ресурсов открытых систем, создание механизмов стимулирования развития веб-сервисных инструментов и технологических процессов для анализа данных, создание устойчивых бизнес-моделей для поддержания и развития информационных ресурсов, интеграцию данных по управлению жизненным циклом продукта в научной практике. По сути дела на современном этапе все общемировые процессы в области геоинформатики сводятся к созданию единой интегрированной глобальной цифровой сети передачи данных геонаук на основе общих стандартов и протоколов доступа к ним, веб-интерфейсов для их интеграции, отображения и использования. Общие подходы включают в себя использование OGC и ISO спецификаций и стандартизированных механизмов обмена данными. Существует возможность обеспечить ускоренный рост этой глобальной сети путем усиления координационной деятельности среди руководителей и практиков в области наук о Земле на национальном и международном уровне в направлении целевого развития — технического, организационного, социального содействия объединению разрозненных сетей. Как отмечают авторы доклада, это позволит более эффективно использовать цифровые ресурсы и программные разработки, продвигать и расширять новые технические и структурные достижения, содействовать взаимодействию между различными научными областями, поддерживать принятие и институционализацию согласованных стандартов, протоколов и практических примеров, способствовать созданию постоянной и устойчивой киберинфраструктуры для наук о Земле.

ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Геолого-экономические проблемы обсуждались на научной сессии (2.6) «Роль геологических служб в развитии и рациональном использовании природных ресурсов, подземных вод и уменьшении опасности природных катастроф».

Было представлено 13 докладов. Из них к геолого-экономическим можно отнести только три. Два из них были сделаны профессором С.А. Кимельманом (ВСЕГЕИ, Россия): «Геологическая разведка и добыча полезных ископаемых в глобальной политике» (соавторы А.В. Волков, Е.А. Пилюгин); «Горная рента и минерально-сырьевые аспекты глобальной экономики».

В первом докладе подчеркнуто, что геологическая отрасль – ключевой элемент развития мировой экономики в XX и наступившем XXI в. Важнейшей целью развития геологической отрасли является удовлетворение мировых потребностей в минеральном сырье, что напрямую влияет на уровень и качество жизни всего населения нашей планеты. Стратегическое глобальное направление в развитии отрасли – создание организаций и союзов для координации деятельности и выработки общей минерально-сырьевой политики стран-участников.

Во втором докладе показано, что российская экономика с учетом модернизации условий недропользования вполне способна приобрести социально направленный вектор развития за относительно короткий промежуток времени. В первую очередь за счет использования горной ренты. Ее сырьевой сектор способен и должен обеспечить не только социальные аспекты (образование, медицинское обслуживание, пенсионное обеспечение и т. п.) жизни российского общества, но и создать надежную основу высокотехнологичного инновационного развития страны.

В докладе «Управление георесурсами для устойчивого развития» Ф. Шварц (Германия) отметил, что георесурсы, к которым относятся полезные ископаемые (энергетические ресурсы, воды и почвы) – важные части средств существования людей на Земле. Чрезмерное или ненадлежащее использование георесурсов во многих странах является причиной социальных и экологических проблем. Устойчивое использование георесурсов станет важным вкладом в борьбе с нищетой, в улучшение экономического развития и охраны окружающей среды. Несколько докладов геологов из развивающихся стран были посвящены проблемам развития национальных геологических служб и минерально-сырьевых баз:

- Геологическая служба и ее деятельность в области наук о Земле в Бангладеш. Перспективы развития (А. Ахтар);
- Роль геологической службы Словакии (Б. Зек);
- Оценка опасных геологических процессов и программа картографии Департамента охраны окружающей среды и природных ресурсов – Бюро шахт и наук о Земле (МОПР-МГБ), Филиппины (Л. Роллан и др.);
- Горное право в Танзании: анализ его эволюции и влияния на земельное право (Е. Касимбо);
- Агроминеральные ресурсы Нигерии (С. Маломо, О. Окунлола);
- Управление минеральными ресурсами Государственной геологической и горной службой Украины (Л. Гончарук и др.);
- ССОР's-стратегия – развитие и рациональное использование природных ресурсов, подземных вод и уменьшение опасности природных катастроф (К. Хи и др., Таиланд).

Интересный доклад «Современные технологии: хорошо или плохо для геологической службы?» сделал К. Ривз (Нидерланды). Он отметил, что более чем 40-летний опыт работы с геологическими службами в Африке и других регионах дает повод для озабоченности. Аэрогеофизические исследования с высоким разрешением позволят ускорить геологические исследования страны и получить геологические данные, необходимые для мировой ГРП индустрии, а также компьютерные технологии, которые практически мгновенно помогают создавать карты, базы данных и распространять отчеты о ГРП по всему миру.

В докладе отмечается, что многие молодые специалисты-геологи не находят работы в родных странах и становятся эмигрантами. Отсутствие квалифицированных кадров угрожает самому существованию геологических служб не только в развивающихся странах, но и других регионах.

В докладе К. Ватсона (ГС Британии) рассмотрена необходимость открытого обмена моделями геологических баз данных. Автор полагает, что хорошо управляемые и легкодоступные информационные ресурсы наук о Земле — один из ключевых компонентов стратегии сокращения бедности в развивающихся странах. А модель базы данных — ключевой элемент успешного управления информацией, поскольку она обеспечивает централизованное описание данных и взаимосвязи информации. Проект «Открыть геологические модели данных», начатый в июне 2011 г., направлен на создание свободного доступа в интернете к ресурсному обеспечению и документации, а также устойчивой поддержке сети.

Г. Рудько (Украина) дал геолого-экономическую оценку месторождений минерального сырья в Украине. Её долгосрочное экономическое развитие неразрывно связано с использованием и воспроизводством национальной сырьевой базы и сырьевого комплекса, которые представляют собой комплекс разведанных и оцененных запасов минерального сырья и соответствующих компонентов, являющихся рыночной ценностью для различных секторов промышленности. Добывающий сектор составляет более 40% промышленного потенциала Украины, в нем задействовано до 20% ее рабочей силы. Геолого-экономическая оценка месторождений минерального сырья предполагает систематическое изучение результатов геологического и технико-экономического анализа запасов и ресурсов, чтобы установить или изменить их промышленную ценность, определив экономическую эффективность горнорудного производства. Полученная фактическая информация изучается и анализируется в соответствии с плановыми или действующими технологическими схемами, технико-экономическими показателями, фактическими результатами производства минерального сырья. Геологическое изучение ресурсов включает определение вещественного состава, геологических, гидрогеологических и других условий проявления.

Главной целью оценки месторождений является распознавание инвестиционно привлекательных геологических объектов для их дальнейшего развития, установления промышленной ценности и экономической эффективности освоения.

D.A. Singer (Австралия) рассматривает вероятностные оценки числа неоткрытых месторождений с позиции метода моделирования плотности месторождений. Такие модели, построенные на различных типах хорошо разведанных месторождений, в большинстве случаев дают объективные и обоснованные оценки. Для разведанных месторождений модели были построены с соблюдением систематически применяемых правил: расстояний внутри месторождений, моделей качества и объема руды на допустимых участках. Так, имеются модели плотности для меднопорфировых, VMS и линзообразных хромитовых типов. На осадочно-вулканогенном железосодержащем перспективном участке эксперты оценили 4, 5 и 10 неоткрытых месторождений на 90-, 50- и 10%-ом уровнях по сравнению с оценками плотности 2, 3, 14 и более месторождений. При оценке покровных орогенных золотоносных отложений эксперты оценили 15, 25 и 32 неоткрытых месторождения на 90-, 50- и 10%-ом уровнях по сравнению с оценками плотности 6, 18, 51 и более. Эксперты оценили 9, 13 и 50 или более неоткрытых меднопорфировых месторождений на участке по сравнению с оценками по модели плотности 8, 16 и 34 или более на 90-, 50- и 10%-ом уровнях. В случаях, когда участки, как предполагается, лишь частично допустимы из-за геологических условий, неотличимых от недопустимых условий, частичные площади могут использоваться для оценки плотности. Если карты не допускают оконтуривания, оценок делать не следует.

МЕЖДУНАРОДНЫЕ ПРОЕКТЫ, ВКЛЮЧАЯ КОНТИНЕНТАЛЬНОЕ И ОКЕАНИЧЕСКОЕ БУРЕНИЕ

Состояние и результаты работ по наиболее важным международным проектам как в России, так и за рубежом в области геологического изучения и недропользования довольно подробно освещены. Поэтому здесь представлены результаты по проектам, включающим международные программы океанического бурения (International Ocean Drilling Program – IODP), континентального бурения (International Continental Drilling Program – ICDP) и международную литосферную программу (International Lithosphere Program – ILP).

Международная программа океанического бурения (IODP) – большой международный океанический буровой проект, в котором принимают участие США, Япония, Европейский консорциум, Канада, КНР, Республика Корея, Австралия и Индия (сайт Integrated Ocean Drilling program (IODP): <http://www.iodp.org>). Программа направлена на изучение истории Земли и ее структуры, осадков морского дна и пород с использованием разнообразных буровых платформ и новых технологий. Одновременно IODP осуществляет мониторинг экологии морского дна и придонной части моря. IODP финансируют четыре основателя, действующие как международные партнеры:

- Национальный научный фонд США (NSF) и Министерство образования, культуры, спорта, науки и технологии Японии (NEXT) – ведущие агентства;
- Европейский консорциум по океанскому исследовательскому бурению (ECORD) – член-вкладчик;
- Министерство науки и технологии КНР (MOST) – ассоциированный член;
- Корейский институт геонаук и минеральных ресурсов (KIDAM) – ассоциированный член.

Офис ODP в NSF выполняет функции администрирующего органа для оценки стоимости научных операций (SOC) и всех операций IODP. Взносы поступают от международных партнеров и используются для проведения операций IODP.

Совет IODP осуществляет наблюдение за деятельностью IODP, эффективное планирование, менеджмент и операции IODP и содействует широкому присоединению к программе международного сообщества. Члены совета представляют каждую страну, оказавшую поддержку IODP. В состав членов совета входят представители Японии, США, (ECORD агентство Катрин Мевел), Австралии, Австрии, Бельгии, Канады, Дании, Финляндии, Исландии, Италии, Ирландии, Нидерландов, Норвегии, Португалии, Испании, Швеции, Швейцарии, Великобритании.

В программе 34-й сессии МГК был заявлен ряд докладов, относящихся к программе IODP.

Об экспедиции 331 программы IODP в тропе Окинава сообщается в докладе группы английских и австралийских геологов (Yeast, Hollis et al.). Скважинами вскрыты гидротермальные изменения и сульфидная минерализация в вулканических породах и гемипелагических осадках, перекрывающих дацитовые и риолитовые вулканы.

В рейсе 318 бурение проведено в пределах Земли Уилкса в Восточно-Антарктическом леднике. Изучены (McKay, Patterson et al.) раннеплиоценовый «теплый» период: плиоцен – ранний плиоцен (4,4–1,8 млн лет) и циклическая седиментация на Земле Уилкса в течение позднего неогена.

В докладе международного коллектива геологов (Williams et al.), осуществивших исследование в экспедиции 318 по программе IODP на Земле Уилкса континентальной окраины Восточной Антарктиды, дана характеристика Западной Антарктиды, отличающейся преимущественно безледниковыми условиями в период потепления в позднем миоцене – плейстоцене.

В докладе группы итальянских и шведских геологов (Ciumelli, Ratti, Backman) описан разрез скв. U1388, пробуренной в глубоководной экваториальной части Тихого океана

(рейс 320/321). Изучена неогеновая известковистая нанофоссилия *Discoaster*, обитающая в массах теплых тропических вод.

В докладе японских геологов (Makamura, Kusunaki et al.) (рейс 317) приводится характеристика изменений уровня моря в плио-плейстоценовых отложениях бассейна Кантербери (окраина Новой Зеландии) на основании изучения остракодовых ассоциаций, коррелирующихся с гляциальными и интергляциальными циклами. Рассмотрены результаты изменений уровня моря на континентальном шельфе бассейна Кантербери, где выделено 17 трансгрессивно-регрессивных циклов.

В докладе коллектива геологов Jimenez-Espeja, Etourneau et al. (Испания, Япония, Франция, США, Германия, Англия) в ходе экспедиции 318 программы IODP изучена уникальная 200-метровая последовательность с годовой слоистостью голоценовых осадков (последние 11 700 лет), разбуренная на Земле Адели (Восточная Антарктида). Слоистые осадки содержат диатомеи, радиолярии и грубые детритовые слои в основании разреза. Вариации состава и строения разреза связываются с существованием близрасположенного ледника.

В статье Koppers et al. сравниваются материалы рейса 330 программы IODP и система подводных гор хр. Луисвилл и Императорского хребта и на основании анализа комплекса данных отмечается некоторая ограниченность перемещения мантийного плюма Луисвилл по сравнению с Гавайским плюмом.

Результаты исследований в трогее Нанкай и Коста-Рика (рейсы 319 и 334 программы IODP) представлены в докладе австралийских геологов (Hufle et al.), в котором указано, что деформация пород в нелитифицированных осадках обусловлена не тектоническими движениями, а палеосейсмическими событиями.

История роста Большого Барьерного рифа Австралии рассматривается по результатам бурения рейса 325 в докладе большого международного коллектива геологов (Webster et al.) в связи с проявлением позднего ледникового максимума (LGM).

В докладе N. Echon (Австралия) показаны роль и участие 28 австралийских геологов в осуществлении программы IODP на Большом Барьерном рифе, на Земле Уилкса (Антарктида), хребте Луисвилл (Тихий океан), желобе Тонга (2008 г.).

Представленные на конгресс доклады по программе IODP, начатой в 2003 г., конечно, не отражают в целом масштабов ее научной и практической значимости. Ее материалы в режиме Preliminary Reports доступны в интернете на сайте <http://www.iodp.tamu.edu/publications/PR.html>.

Международная программа континентального бурения (ICDP). Более двадцати важных международных буровых проектов выполнено в рамках Международной программы научного межконтинентального бурения (International Continental Scientific Drilling Program – ICDP). Программа сосредоточена на сложных и интересных темах, имеющих геологическую научную и социально-экономическую значимость: геодинамика и природные опасности, вулканические системы и термальные режимы, история Земли и изменение климата, импактные структуры, нетрадиционные ресурсы и глубинная биосфера. ICDP финансирует буровые работы из членских взносов 16 стран-участниц. В дополнение программа ICDP обеспечивает техническую поддержку через практическую группу поддержки (Operational Support Group), в то время как исследовательские гранты обеспечиваются другими агентствами. Эта концепция смешанных фондов и международного совместного использования средств, в дополнение к объединенной международной роли науки и обмена технологическими возможностями, обещает высокие результаты научных исследований.

Ключ к успеху программы –необходимое начальное финансирование дорогостоящих масштабных проектов в местах, имеющих глобальное значение, и совершенно новые технологические подходы, которые могут быть применены для достижения высокоприоритетных для Земли научных целей. Показательные примеры программы – бурение и получение керна из зон активных разломов с целью выяснения фундаментальных процессов цикличности землетрясений на разломах Сан-Андреас в Калифорнии, Челунгпу в Тайване и в Коринфском заливе, Греция. Другие исследования *in situ* нацелены на изучение активных вулканических процессов на вулкане Унзен в Японии, на Гавайях и сверхкритического состояния вулканических флюидов в Исландии. С помощью бурения изучается эволюция

палеоклимата в таких озерах, как Титикака, Малави, Босумтви, Кинхай и Петен-Ица, и кратерообразование и реакции окружающей обстановки (Чиксилуб, Босумтви и Чесапикский залив).

Темы исследований ICDP на предстоящие годы:

- динамика климата и глобальная окружающая среда, в том числе изучение эволюции палеоклимата при бурении в озерах Титикака, Малави и др., прогноз глобального изменения климата и окружающей среды;
- импактные кратеры и процессы, в том числе комплексное изучение и экологические следствия метеоритных ударов (Чиксилуб, Босумтви и Чесапикский залив);
- геобиосфера;
- активные разломы, изучение сейсмически активных разломных зон;
- вулканы горячих точек и большие изверженные провинции, бурение вулканических жерл (в Японии, на Гавайях и в вулканических лавах Исландии);
- конвергентные границы плит и зоны коллизии;
- природные ресурсы.

Будущими технологическими проблемами континентального бурения являются повышение безопасности бурения, получение неповрежденного ядра нестабильных формаций, развитие и применение средств долговременного мониторинга в нестабильных обстановках на глубине.

Цели исследований ICDP, согласованные с решениями Потсдамской конференции:

- выполнение фундаментальных научных проблем глобальной важности, включая конкретные элементы геологических и геофизических исследовательских программ;
- систематизация сведений по геологическим скважинам мира и вовлечение в этот процесс международного сообщества ученых для оптимизации результатов бурения.

На 34-й сессии МГК в рамках программы ICDP представлен доклад коллектива китайских (Wang, Dong), американских (Graham), австрийских (Koeberl) и английских ученых об одном из проектов программы ICDP – программе континентального научного бурения нефтегазоносного бассейна Сунляо. Проект ориентирован на получение записи климатических изменений высокого разрешения в меловой период – в период проявления «парникового» эффекта и в связи с углеродным циклом. Пробурено 2485 м в средне-верхнемеловых отложениях. Совместно с климатологическими данными изучалась изотопия кислорода и палеонтологические данные, свидетельствующие о четырехкратной смене гумидного климата периодами похолодания.

Xi, Wan, Zhao, Huang представили доклад о позднемеловых трансгрессиях и дельтовых условиях бассейна Сунляо – крупнейшего континентального рифтового бассейна мира.

Китайские геологи Song, Ren с использованием комплекса геофизических, геологических и геохронологических методов рассмотрели эпизоды пострифтовой тектоники бассейна Сунляо, связав эпизоды инверсии в меловом бассейне с пульсирующей субдукцией тихоокеанской плиты.

В докладе норвежских и французских геологов Lepland, Gu et al. по материалам проекта FAR-DEEP (Fennoscandian Arctic Russia – Drilling Early Earth Project) по изучению ^{12}C в углеродистом веществе палеопротерозойской заонежской формации показано, что $\delta^{13}\text{C}_{\text{орг}}$ (отрицательная величина) может быть объяснена регионально-бассейновыми процессами.

Группой исландских ученых (Elders et al.) представлен доклад по программе IDDP (Исландский проект глубинного бурения), входящий в общий проект ICDP. Проект ориентирован на оценку возможностей использования глубинного тепла для производства электроэнергии, разрабатываемый международным консорциумом с участием Исландии. По проекту заложены три глубокие скважины: Крафла в СВ Исландии, Хенгилл и Рейкьянес в СЗ Исландии. Бурение скв. IDDP-1 (Крафла) начато в 2009 г. и остановлено на глубине 2,1 км в базальтах, где температура 900 °С. Планируется бурение скважины Рейкьянес на глубину 4,5 км. Есть реальные перспективы использования глубинного тепла в областях молодого вулканизма.

В докладах на МГК освещены только отдельные проекты программы ICDP, полная информация о них содержится на сайте [http://www.icdp-online.org/front_content.php?idcat =](http://www.icdp-online.org/front_content.php?idcat=)

315. Подробные сведения о программе ICDP можно найти и на сайте ICDPGermany http://www.geo.uni-potsdam.de/ICDP_Homepage/english/abouticdp.html.

Международная литосферная программа (ILP) рассматривает природу, динамику, образование и эволюцию литосферы путем постановки проектов международных, мультидисциплинарных геонаучных исследований и учреждения координирующих комитетов. Программа МЛП согласована с мультидисциплинарными исследованиями, проводимыми в интересах Международного союза геологических наук (IUGS) и Международного союза геодезии и геофизики (IUGG) (Россия – член этих союзов).

МЛП стремится соблюсти баланс между адресными нуждами общества. Под этим понимаются природные катастрофы и другие процессы, которые воздействуют на биосферу, а также способствуют получению информации о результатах ресурсных исследований, защите окружающей среды и «удовлетворяют научное любопытство».

МЛП организовано в 1980 г. Международным советом научных союзов на основе IUGS и IUGG.

Перспективы исследования литосферы Земли – миссия МЛП, которая реализуется посредством постановки следующих положений:

- литосфера связывает глубины Земли и земную поверхность;
- литосфера – узел, где сфокусирована возможность для кооперации геологии, геофизики и геотехнологий (т. е. существуют интерфейсы IUGS и IUGG);
- прорыв в изучении литосферы может быть достигнут только путем интеграции воображения и мониторинга, реконструкций и моделирования.

Фундаментальные исследования литосферы должны привести к появлению концепций, касающихся процессов, ориентированных на понимание Земли в целом.


Специальное внимание уделено Северной Америке (Earthscope), а также Китаю, Индии, Южной Америке и т. д.

Информация о действующих проектах МЛП может быть получена на сайте <http://www.sclilp.org/>


В рамках проекта МЛП на 34-й сессии МГК был заслушан ряд докладов.

В докладе группы индийских геологов (Chadha, Srinagesh) сообщалось о разработках по минимизации последствий природных опасностей: землетрясений и цунами с учетом последствий значительных землетрясений 1991, 1993, 1997 гг. В 2004 г. в Индии создана служба по предупреждению цунами, в то же время Индия присоединилась к программе МЛП, осуществляющейся в рамках Международного совета научных обществ (ICSU). В докладе перечисляются инициативы ГС Индии по предупреждению геологических опасностей.

В докладе группы аргентинских геологов (Casa et al.) сообщается об изучении четвертичных деформаций в Аргентине, проведенных с использованием данных GIS и выполненных в рамках программы МЛП применительно к задаче выявления природных опасностей. Систематизированы данные наблюдений и измерений. Разработаны критерии классификации и картирования, основанные на типах структур деформаций, их геометрии и возрасте наиболее поздних тектонических движений: исторических, голоценовых, четвертичных. Проведены их типизация по признакам доказанной и возможной активности, а также в первой версии в масштабе 1 : 2 500 000 картографирование 296 структур с их геоморфологической и тектонической характеристиками в сочетании с данными по стратиграфии кайнозоя. Все это служит вкладом ГС Аргентины в оценку масштабов анализа четвертичных деформаций.



Роль РОССИЙСКОЙ
ГЕОЛОГИИ В МИРОВОЙ
СИСТЕМЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО
ИЗУЧЕНИЯ, ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
И ОХРАНЫ НЕДР



Определены основные мировые тенденции развития региональных геологических исследований:

- формирование на основе национальных и международных стандартов цифровых баз данных и электронных каталогов и атласов карт, выполненных в технологии ГИС либо в растровом виде;
- целевое и программное планирование региональных геологических работ для решения проблем некондиционной изученности, раскрытия минерагенического потенциала целевых видов минеральных ресурсов или обеспечения безопасного использования геологической среды;
- активное внедрение и совершенствование 3D моделирования для прогноза и поисков МПИ на основе соответствующих моделей и ГИС-технологий;
- поиск и внедрение принципиально новых технологий надежного прогнозирования и обнаружения месторождений полезных ископаемых;
- создание глобальных информационных систем – одно из главных направлений развития геологической науки;
- повышение степени доступности и общественной значимости результатов геологических исследований.

К особенностям организации региональных работ в развитых зарубежных странах можно отнести то, что вплоть до конца прошлого века основным направлением исследований являлось картографирование территории страны с целью открытия месторождений минерального и энергетического сырья. Но в последние годы акценты все больше смещаются в сторону решения вопросов охраны окружающей среды, обеспечения водными ресурсами, безопасности проживания и др.

В области региональных геологических исследований большинство стран придерживается концепции устойчивого развития (sustainable development), которая предполагает разумный баланс экономической, социальной и экологической сфер активности общества.

В отечественной и мировой практике сложилась достаточно сходная система геологического изучения недр. Работы по региональному изучению недр в зарубежных ГГС соответствуют принятым в России, и масштабы их проведения тоже близки. Поисковые и разведочные работы выполняются по специальным поручениям правительства на определенных территориях и носят больше прогнозный, чем поисковый характер. Кроме того, ГГС в разных странах выполняют различные, иногда достаточно обширные работы не геологического профиля. Так, ГГС США ведет топографо-геодезические работы, ГГС Канады, ЮАР и других стран выполняют лицензирование геологоразведочных работ и др. Однако в сравнении с развитыми зарубежными странами комплектность и содержание сводных и обзорных карт, уровень унификации и совместимости их цифровых представлений в России остаются все еще низкими.

Несмотря на значительную диверсификацию геологических служб, их основным видом деятельности по-прежнему остается геологическое картирование, но именно для улучшения взаимопонимания с общественностью происходит сдвиг в сторону создания трехмерных геологических карт.

Современная методика полевых исследований при проведении отечественных геологосъемочных работ близка к зарубежной, но сильно отличается по техническому оснащению. В США полевой геолог использует персональный цифровой помощник (PDA) и планшетный ПК, что позволяет фиксировать широкий спектр геологических данных и облегчает построение геологической карты на месте в полевых условиях. Российский геолог, как правило, точки маршрутных наблюдений фиксирует с помощью GPS, затем загружает их на карту фактического материала в ПК. Используемые программные средства те же, что и за рубежом (ArcGIS). Дальнейшая подготовка геологической карты ведется на основании данных полевого дневника компьютерными средствами, но традиционным путем. Наряду с активным внедрением информационных технологий, в большинстве стран Европы ведется систематическая работа по пересъемке территорий и обновлению крупномасштабных геологических карт с учетом появления новых методов изучения и переосмысления геологических данных.

Разработка и внедрение принципиально новых технологий надежного прогнозирования и обнаружения месторождений полезных ископаемых в России на сегодняшний день практически не осуществляются (по крайней мере в области создания аппаратной части технологий). Во всем мире такие работы выполняются узкоспециализированными сервисными компаниями, крупными университетами, такими организациями, как NASA, и сосредоточены в основном в области разработки аппаратных средств для геофизических, геохимических (включая изотопно-геохимические) и космических исследований. Основные принципы разработок: расширение количества принимаемых и обрабатываемых каналов, повышение их чувствительности и выработка алгоритмов и показателей, надежно локализирующих места скопления целевых аномалий минерального вещества. В России реализуется ряд перспективных проектов и разработок, направленных на комплексную обработку и интерпретацию получаемых с помощью аппаратных средств материалов. Другим перспективным направлением развития конкурентоспособных отечественных разработок является создание аппаратных средств 3D и 4D моделирования.

Основное направление сводного картографирования за рубежом – усиление международного сотрудничества при составлении карт на крупные регионы и отдельные континенты. При создании таких карт обязательно используются ГИС-технологии.

Деятельность российских геологов в области создания ГГС изначально развивалась как неотъемлемая часть мировой картографии. Она вобрала в себя лучшие достижения зарубежной геологической науки, в свою очередь оказывая на нее существенное влияние. Так, во второй половине прошлого столетия советские, а затем и российские геологи принимали активное участие в создании Международной геологической карты Европы масштаба 1 : 5 000 000 под эгидой ЮНЕСКО.

В последнее десятилетие российское международное сотрудничество в области геологии интенсивно развивается. Значительно расширились спектр актуальных проблем, методология их решения. Международная деятельность в области геологического изучения недр направлена на закрепление приоритетов российской геологии на международном рынке работ и услуг, повышение степени унификации геологической информации, интеграции и кооперации в геологическом изучении и использовании минеральных ресурсов. Система мероприятий предусматривает активное участие Минприроды России в международных выставках и совещаниях по вопросам геологических исследований и использования недр. Российские геологи принимают участие в международных проектах и программах. Так, согласно сведениям Российского комитета Международной программы ЮНЕСКО по геонаукам, в 2012 г. в рамках программы МПГК (IGCP) научная деятельность осуществлялась по 29 проектам, в 12 из них принимали непосредственное участие российские геологи.

Российские ученые являются руководителями и соруководителями трех проектов:

– МПГК № 540 «Золотоносные гидротермальные флюиды орогенных месторождений» (2007–2012 гг.), соруководитель проекта д. г.-м. н. В.Ю. Прокофьев, Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии (ИГЕМ РАН);

– МПГК № 587 «Явление, фации и время – загадка эдиакарского (вендского) периода» (2010–2014 гг.), руководитель проекта академик РАН М.А. Федонкин (ГИН РАН);

– МПГК № 596 «Изменение климата и биологическое разнообразие в среднем палеозое», соруководитель проекта д. г.-м. н. Н.Г. Изох (ИНГГ СО РАН), г. Новосибирск.

Следует особо отметить успешную работу геологов ГИ КНЦ РАН по проекту IGSP-510, руководителем которого является научный сотрудник этого центра Д.Р. Зозуля. Много и плодотворно работали российские ученые по проекту IGSP- 506. Подтверждают это обилие и содержательность докладов наших ученых в материалах 8-го Международного конгресса по юрской системе «Морская и неморская юра» (Китай, 2010 г.). Явно усилена работа российской стороны в рамках проекта МПГК-512 «Неопротерозойские ледниковые периоды» – стратиграфия, геодинамика и нефтегазоносность территорий представляют практический интерес.

Российские специалисты активно участвуют в работе различных организаций ЮНЕСКО, в проектах МПГК по проблемам глобальной геологии, обеспечивают учет отечественных разработок при реализации международных проектов, участвуют в составлении международных карт по линии Комиссии по геологической карте мира (КГКМ), а также по другим международным программам.

Такое сотрудничество дает возможность своевременно внедрять международные стратиграфические и картографические стандарты в практику картосоставительских работ на территории России. Результатом такого сотрудничества является выполненная для европейской части России геологическая карта м-ба 1 : 4 000 000, которая вошла в геологическую карту Северо-Западной Европы, изданную ГС Норвегии по заказу ряда нефтяных компаний. Составлен макет карты территории российской части Восточно-Европейской платформы для МГК Европы м-ба 1 : 5 000 000, подготовленный к 32-й сессии МГК в Италии в 2004 г. Координатор проекта – ГС Германии. Опыт участия в составлении сводных карт дает возможность проведения межрегиональных корреляций геологических процессов и событий, что крайне важно при определении границ и объемов важнейших тектонических и металлогенических эпох.

В России сложилась давняя традиция подготовки карт международного уровня на основе синтеза карт, изданных в различных регионах России и в разных странах. Опыт российской стороны по их реализации, достигнутый уровень международного сотрудничества, новые технологические решения и накопленная информация позволили нам при поддержке зарубежных партнеров и руководства CGMW выступить с инициативой новых международных проектов.

В рамках 34-й сессии МГК, в которых принимали непосредственное участие специалисты Роснедра, демонстрировались результаты трёх крупных международных проектов:

- Атлас геологических карт Центральной Азии и прилегающих территорий (масштаб 1 : 2.5 М);
- Международная геологическая карта Азии масштаба 1 : 5 М;
- Международный проект «Атлас геологических карт Циркумполярной Арктики масштаба 1 : 5 М».

Участие российских геологов в этих проектах позволило не только уточнить особенности геологического строения приграничных территорий России, но и обеспечить представление геологической информации в соответствии с современными международными стандартами. В последние годы появилась возможность интегрировать российские картографические материалы в интернациональные системы, в частности в проект OneGeology. Как отметил О.В. Петров на заседании Учёного совета ВСЕГЕИ: «В условиях тесного международного сотрудничества в области геологических исследований недр и глобализации мировой экономики границы между национальными школами геологической картографии фактически стираются. На основе реализации крупных международных проектов происходит интеграция этих школ и формируется новая научная школа геологической картографии как ответ на требования времени. Она базируется на глобальном информационном ресурсе разномасштабных геологических карт, созданных многими поколениями геологов».

Главным преимуществом российской геологической школы в области международного сотрудничества является опыт, накопленный в процессе создания и выполнения та-

ких международных проектов, как Центрально-Азиатский и Циркум-Арктический. Получен системный опыт разработки совместимости различных научных геологических школ в создании геологических, геофизических, глубинного строения и металлогенических карт в глобальном масштабе, охватывающих огромные территории, находящиеся в юрисдикции многих стран Европы, Америки и Азии.

И всё же в России по сравнению со странами Западной Европы, Северной Америки, Австралии и даже Китая и Индии отмечается низкий уровень интеграции в систему международных геологических информационных ресурсов. Это отставание объясняется многими причинами, в том числе и низкой активностью в реализации международных проектов.

Характеризуя итоги выполнения программы международного бурения в Мировом океане (IODP) и международную программу континентального бурения (ICDP), можно еще раз сожалеть о том, что российские геологи в силу разных обстоятельств оказались лишены возможности в них участвовать. Кроме того, в тезисах докладов МГК не представлены результаты глубинного и параметрического бурения, проведенного в последние годы в разных регионах России (Уральская, Онежская параметрические скважины). Такой материал, конечно, должен был вызвать интерес международного геологического сообщества (обнаружение солей в разрезе и др.).

Со временем становится все более лаконичной информация на сайтах международных программ бурения в океане и на континенте. Раньше материалы каждого рейса программ бурения в Мировом океане публиковались в виде томов, содержащих вначале фактический материал (Initial Reports), а затем по тому же рейсу предварительную интерпретацию результатов (Preliminary Reports). Содержательность отчетов по программе IODP, осуществляемой с 2003 г., заметно уменьшилась: отсутствуют первичные сведения об описании керна и т. д. Возможно, ограниченный доступ к информации в интернете связан с ограниченностью доступа для тех, кто не участвует в финансировании и разработке программ бурения. С учетом того, что намечается продвижение программ бурения в Арктические регионы, наверное, следует ставить вопрос о возобновлении участия России в программах глубоководного бурения в Мировом океане.

Отличается от российской практики апробация отчетных материалов и картографической продукции. В их приемке отсутствуют такие коллегиальные органы, как научно-технические, ученые, научно-редакционные и другие советы. За качество проведенных исследований отвечает автор работ, фамилия которого стоит на карте наряду с фамилией директора отделения ГГС, а в коллективных работах добавляется фамилия редактора.

В зарубежных странах картирование сходных масштабов по листам стандартной разграфки практически не осуществляется, но сходное специализированное картирование целевых проектов – обычная практика.

Результаты РГИ и их материалы используются по трем основным направлениям: научное – развитие наук о Земле, прикладное – планирование и использование геологических ресурсов и геологической среды, образовательное – системы средних и высших учебных заведений и средства массовой информации с целью разъяснения обществу сведений о геологической среде, геологических ресурсах и опасностях.

Российская геологическая служба всегда сохраняла паритет между развитием фундаментальной геологии, синтезирующей различные ветви естествознания, и прикладной, направленной на воспроизводство минерально-сырьевой базы.

При сопоставлении достижений в научно-исследовательских разработках и фундаментальных геологических исследованиях отчетливо видно, что российские ученые не только не отстают в вопросах, решаемых на уровне классических подходов и методов лито- и биостратиграфического анализа, научных построений и интерпретаций, но в некоторых областях и опережают зарубежные исследования.

С другой стороны, некоторые инструментальные и аналитические методы до сих пор являются некой экзотикой для российских учёных и используются только в исключительных случаях. Это ведет не только к общему отставанию во многих областях геологии, но

и в исследовании и решении фундаментальных тектонических, петрографических, палеонтологических научных проблем и реконструкции геологического прошлого.

В области стратиграфии и палеонтологии на создание глобальной хроностратиграфической шкалы (МСШ) позднего докембрия и фанерозоя нацелены усилия стратиграфов мирового сообщества. Создание шкалы осуществляется путем выбора разрезов и обоснования точек глобального стратотипа границ (ТГСГ) систем, отделов и ярусов. Задачей российских исследователей – специалистов по стратиграфии и палеонтологии – является сохранение наименований отечественных ярусов, а также изучение и поддержка стратотипических разрезов, которые исторически находятся на территории России. Это главным образом относится к кембрийской, каменноугольной и пермской системам. При выборе ТГСГ возникает очевидная конкуренция разрезов, расположенных на нашей территории, с разрезами, изученными в других странах. Некоторые новые разрезы, расположенные на территории России, могут претендовать на роль глобального стратотипа границы ярусов, предложенных в последние годы или не связанных с Россией историей их выделения и становления.

Одной из причин отсутствия отчетливого прогресса в выборах стратотипов на территории России является недостаточное и несфокусированное на этих проблемах финансирование. Эти разрезы на требуемом современном уровне изучаются главным образом за счет научно-исследовательских грантов (в частности, грантов РФФИ). Для целого ряда геологических организаций РФ обоснование границ Международной стратиграфической шкалы является непрофильной тематикой.

Широко используется интеграция различных методов стратиграфических исследований. Основным методом остается биостратиграфический, данные которого служат надежной хроностратиграфической основой. В России очевидна недостаточность исследований по хемо- и магнитостратиграфии, изотопному датированию и секвенс-стратиграфии. Теоретическая база комплексирования методов достаточно хороша в рамках событийной стратиграфии, однако ее реализация сталкивается с организационными и финансовыми трудностями.

На конгрессе достаточно убедительно были показаны успехи России в разработке общей палеомагнитной шкалы, особенно с применением метода инверсий полярности геомагнитного поля в геологическом прошлом. На многих стратиграфических уровнях осуществлена привязка к стандартной шкале с помощью радиогеологических датировок и палеонтологических данных. Из двух основных направлений в разработке шкалы магнитной зональности – магнитохронологического и магнитостратиграфического – в России преобладает последний. Перспективны и необходимы дальнейшие исследования по увязке магнитозон с подразделениями стратиграфических стандартов различных систем.

Национальные кодексы в области стратиграфии, созданные в последние годы, в значительной мере способствуют разработке международного стратиграфического языка, что облегчило взаимопонимание стратиграфов разных стран, в частности, привело к полезному плодотворному обмену на конгрессе богатой геологической информацией по многим стратиграфическим проблемам. К ним относятся общность и специфика изучения стратиграфических подразделений различного ранга – от слоя до стратисферы, уточнение ярусного и совершенствование зонального расчленения фанерозоя, значение и возможности экостратиграфии в изучении палеобассейнов седиментации, типы и критерии обоснования стратиграфических границ и стратиграфия зон фациальных переходов.

Выделенные направления **литологических исследований** и соотнесение их с состоянием отечественных исследований по литологии показывают, что их качество и уровень не отличаются от качества и уровня зарубежных исследований.

Можно отметить некоторые перспективные разработки и достижения зарубежных исследований в области литологии. Необходимо подчеркнуть, что в понимании зарубежных геологов термин «литология» нередко используется применительно к кристаллическим магматическим и метаморфическим породам, традиционно относимым в отечественной геологии к эндогенным кристаллическим горным породам – разделу «петрология».

В отечественных исследованиях заметно убавилась доля работ, посвященных корам выветривания. Такого рода исследования были широко распространены в отечествен-

ной геологии в середине и конце прошлого века, но в начале этого века коры выветривания, судя по публикациям в отечественных периодических изданиях и материалам сессий МГК, изучаются недостаточно. Учитывая металлогеническую значимость кор выветривания, отечественный опыт и неоднократное их упоминание в трудах зарубежных специалистов, рекомендуется возобновить их систематические исследования, которые можно организовать на базе отдела литологии ВСЕГЕИ, создав специализированный одноименный сектор.

Отечественная школа петрологических и петролого-изотопно-геохимических исследований (в частности Центр изотопных исследований ВСЕГЕИ) ни в чем не уступает зарубежному уровню. Российские геологи регулярно участвуют в международных совещаниях и симпозиумах.

Следует отметить некоторые перспективные разработки и достижения зарубежных исследований в области петрологии, прежде всего наметившуюся за рубежом схему изменения парадигмы петрологических исследований. Ранее петрология рассматривалась в комплексе с экспериментальной петрологией как основа оценки термодинамических (P–T–X) условий образования и преобразования кристаллических (магматических и метаморфических) пород. Сегодня, как показывает опыт анализа докладов зарубежных исследователей на 34-й сессии МГК, активно развивается другая парадигма – использование результатов петрологических исследований в комплексном анализе петрологических и изотопно-геохимических данных. Они используются, интегрируются с целью оценки характера и масштабов мантийно-корового взаимодействия применительно не только к задачам генезиса и времени становления петрологических объектов, но и к задачам генезиса и условий размещения ассоциированного с этими объектами разнообразного оруденения. Они же используются для уточнения геодинамических условий становления определенных структурных комплексов. Особо следует подчеркнуть активное внедрение зарубежными исследователями в области петрологии изверженных, метаморфических и метасоматических пород, совокупное использование результатов широкого спектра прецизионных изотопных исследований и изучение геохимии редкоземельных элементов для решения региональных и локальных вопросов генезиса петрологических объектов и связанного с ними эндогенного оруденения.

В области тектоники разнообразие и теоретическая новизна представленных работ не отличаются от отечественных разработок, они неоднократно освещались в специализированных геологических периодических изданиях и у нас, и за рубежом. Уровень теоретических разработок по этим вопросам в зарубежных и отечественных публикациях примерно одинаков. Выделим две проблемы, имеющие прикладное значение, на разработку которых необходимо обратить особое внимание:

- кинематика тектонических (пликативных и дизъюнктивных) деформаций;
- радиологическое датирование тектонических деформаций – определение периодичности и длительности различных стадий и типов тектонических деформаций, скорость их формирования и продолжительность их становления.

Значительную часть зарубежных участников конгресса составляют молодые исследователи, которые активно привлекаются к решению проблемных вопросов и разработке новых направлений геологических работ.

Основным видом геологосъёмочных работ в России является мелко- и среднемасштабное картирование. Созданы геологические основы масштабов 1 : 2 500 000 и 1 : 5 000 000, отвечающие по комплектности и содержанию самым высоким международным требованиям. В последние годы исправлено положение с формой их представления. Основные карты переведены в цифровые форматы ГИС.

Реализация полимасштабности ГИС разработки в России и зарубежных странах находится примерно на одном технологическом уровне (при оговорке, что в России используются в основном типовые зарубежные программные разработки).

Мелкомасштабная региональная геолого-геофизическая и геологосъёмочная изученность России обеспечивается комплектами Государственной геологической карты масштаба 1 : 1 000 000. В ведущих зарубежных странах современные цифровые карты этого уровня

созданы для 100% территории. В России этот показатель составляет 37,9%. Для остальной территории существуют карты лишь в устаревшем аналоговом виде.

Среднемасштабная региональная геолого-геофизическая и геологосъёмочная изученность России обеспечивается комплектами ГГК масштаба 1 : 200 000. В ведущих зарубежных странах близкий масштабный уровень изученности (1 : 250 000) обеспечен картами для 100% территории. В России этот уровень составляет 80,6%, а для современной изученности 16,7%.

Обеспеченность территории России геологическими картами более крупных масштабов в 1,5–2,5 раза ниже, чем в США и Канаде. Сейчас геологические карты масштаба 1 : 50 000 в России практически не составляются.

В области мелкомасштабного картирования (1 : 500 000 и 1 : 1 000 000) необходимо отметить высокое качество российских геологических карт, которые по своему содержанию и степени унификации значительно превосходят карты большинства стран. Такие карты созданы и в большинстве упомянутых выше зарубежных стран и являются необходимым элементом эффективного обеспечения недропользователей информацией.

Особенностью ГК-1000/3, отличающей ее от зарубежных аналогов, является резко выраженная прогнозно-минерагеническая направленность с необычной (для предшествующих карт этого масштаба) локализацией минерально-ресурсного потенциала, комплексированием геологических, геофизических, геохимических, дистанционных материалов, использованием компьютерных технологий при анализе данных. Реализация целевого планирования мелкомасштабных геологических работ в ходе начавшихся работ по созданию ГГК-1000/3 в России позволяет выявить и переоценить значительное количество перспективных площадей, представляющих по международным требованиям значительный интерес для инвестиционных проектов. Многие из них могут быть востребованы зарубежными инвесторами в случае создания благоприятного инвестиционного климата.

В отличие от Госгеолкарты-1000 (новая серия) современная Госгеолкарта-1000/3 построена на принципиально новой концептуальной основе, в рамках которой ГГК выступает как информационно-аналитическая система, базирующаяся на принципах ГИС, что позволяет расширить информационную емкость карт и сопровождающую базу фактографических и картографических данных. На картах ГК-1000/3 отображены данные о строении дна акваторий внутренних бассейнов, континентального шельфа и зоны перехода от суши к морю, включая острова. Выросло значение прогнозно-минерагенических исследований по оценке сырьевого потенциала территорий суши и акваторий и локализации новых перспективных площадей.

На инвестиционную привлекательность площадей оказывают влияние и масштабы геологической изученности территории России, с которой напрямую связана обеспеченность комплектами современных геологических карт масштаба 1 : 1 000 000.

Геологосъёмочные работы поддерживаются составлением легенд серий листов Госгеолкарты-1000/3 (21 легенда по территории и дну акваторий Российской Федерации). Совершенствование серийных легенд Госгеолкарты и методов ее составления и корреляции на основе единой схемы геолого-структурного и минерагенического районирования остается актуальнейшей задачей, без удовлетворительного решения которой невозможно нормальное функционирование ГИС-технологий картографирования.

В последние годы существенно выросла информационная насыщенность комплектов Госгеолкарты-1000/3. Работы по их созданию обеспечены опережающей базой, включающей серийные легенды (СЛ), цифровые топографические (ЦТО), геофизические (ГФО), геохимические (ГХО) и дистанционные (ДО) основы.

Среднее количество карт в комплекте на 45% выше, чем в картах новой серии. Наличие отечественной ГИС Интегро (ВНИИгеосистем), являющейся программно-технологическим комплексом, обеспечивает интеграцию всех видов информации о земной поверхности и недрах. Комплекс обеспечивает поддержку специализированных форматов геолого-геофизических данных и синхронизацию разнородной пространственной информации одновременно в нескольких окнах; содержит развитые средства электронной картографии, аналитической обработки и 3D моделирования; включает в себя готовые

технологии решения прикладных задач; обеспечивает поддержку электронной базы геологических знаков масштабов 1 : 1 000 000 и 1 : 200 000; содержит картографический редактор. Эта система построения геологической карты на основе предварительно созданной базы данных с использованием мощной стационарной рабочей станции или ПК не уступает зарубежным аналогам.

В то же время этот масштабный уровень должен по аналогии с ведущими зарубежными странами стать базовым для формирования национальной геологической ГИС, должна отстраиваться стратегия развития этих работ и совершенствоваться методическая база их проведения.

Анализ докладов, представленных зарубежными учеными на 34-й сессии МГК, показал, что значительно увеличилось количество *морских геологических исследований* в прибрежно-шельфовых областях. Эти работы связаны с изучением истории развития шельфов и береговых зон в позднем плейстоцене – голоцене с целью определения зависимости процессов рельефообразования и осадконакопления от глобальных изменений климата и региональных факторов. В качестве основных факторов, контролирующих осадконакопление и положение береговых линий в постледниковое время, рассматриваются изменение уровня моря, температурный режим, влажность климата, частота штормов и т. д. Активно внедряются технологии создания палеогеографических моделей с прогнозными моделями развития различных по генезису шельфовых седиментационных систем и береговых зон. Активизация работ в прибрежно-шельфовых областях связана не только с расширением хозяйственной деятельности, но во многом и обеспокоенностью приморских государств негативными тенденциями развития природных явлений, глобальным изменением климата Земли и спровоцированными ими опасными геологическими процессами.

Комплекс методов, используемых зарубежными странами для исследования прибрежно-шельфовых зон, не претерпел за последние годы существенных изменений и включает в себя гидролокацию бокового обзора, многолучевое эхолотирование, сейсмоакустическое профилирование высокого разрешения, различные системы подводных видеонаблюдений и донный пробоотбор. Можно отметить лишь совершенствование вышеперечисленных цифровых геофизических комплексов, систем высокоточной навигации и средств пробоотбора донных отложений. Те же тенденции отмечаются и в российских научных и производственных организациях, где последовательно улучшается аппаратная обеспеченность исследований. Однако теперь уже малочисленные геолого-геофизические научно-исследовательские суда, оставшиеся в наследство от СССР, практически исчерпали свой ресурс, изношены и морально устарели.

В России практически отсутствуют государственные специализированные научно-исследовательские суда для проведения геологоразведочных работ на мелководье. Как правило, используются арендованные рыболовецкие, прогулочные и буксировочные суда, не соответствующие современным требованиям проведения геологических работ (нет оборудованных лабораторий, возможности стабилизации судна, навигационного обеспечения и многого другого). Исключением являются некоторые частные специализированные фирмы, обладающие небольшими хорошо оборудованными плавсредствами и проводящие в основном промерные морские работы, связанные со строительством портов и других гидротехнических сооружений. Разработка отечественного геолого-геофизического оборудования для изучения шельфовых и глубоководных областей в России находится на крайне низком уровне. Производятся лишь макеты или опытные образцы, в лучшем случае небольшие партии оборудования, отстающего по уровню разработок и надежности от зарубежных аналогов. Это касается даже простейших устройств для отбора проб донных отложений или проведения гидрохимических измерений в осадках.

На зарубежных судах широко используется разнообразная аппаратура для проведения сканирующих измерений ненарушенных кернов отложений до их извлечения из грунтовых трубок. Это и рентгеновские установки для изучения текстур отложений по разрезу, и различное магнитометрическое оборудование, и т. д. В России подобного оборудования не производят. Имеет место и отставание в использовании при морских геологических исследованиях различных методов изотопных анализов, необходимых для датировки отложений и опреде-

ления их генезиса. Практически отсутствуют плавучие буровые установки для проведения морских научных работ, а также современное оборудование для таких установок.

Наблюдается интенсивное насыщение зарубежных ГИС геофизической, геохимической и изотопно-геохимической информацией, полученной на современной аппаратурной базе. В этом вопросе (за исключением изотопной геохимии, в области которой наметился видимый прогресс) Россия значительно отстает, хотя имеются все технологические предпосылки для создания соответствующих мировому уровню покрытий.

При изотопно-геохронологических исследованиях одним из ведущих аналитических методов в мире является уран-торий-свинцовый метод, использующий накопление радиогенных изотопов свинца ^{206}Pb , ^{207}Pb и ^{208}Pb при естественном радиоактивном распаде ^{238}U , ^{235}U и ^{232}Th . Возраст при этом может быть рассчитан по соотношениям $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$, $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ и $^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$. Возраст исследуемого образца можно вычислить по четырем изотопным отношениям, три из них независимые. Большое преимущество уран-торий-свинцового метода по сравнению с другими изотопными методами позволяет оценить степень надёжности получаемых значений. Близость или совпадение значений, вычисленных по различным изотопным отношениям, говорит о достоверности возраста, так как все эти отношения связаны с различными рядами радиоактивного распада, различными промежуточными продуктами и их концентрациями, и, следовательно, соответствие между ними – веское доказательство хорошей сохранности образца и надёжности вычисленного значения возраста.

В последние три десятилетия за рубежом получили бурное развитие локальные методы изотопного анализа минералов, в частности U-Pb датирования цирконов. Это позволяет надёжно датировать индивидуальные зоны роста цирконов размером до 10–15 мкм. Основные методики такого анализа – вторичноионный микрозонд (SHRIMP, Cameca) и системы лазерной абляции, совмещённые с масс-спектрометром с индуктивно связанной плазмой (ThermoScientific Neptune, GVI instruments, NU Plasma и др.). Вторичноионные приборы превосходят системы лазерной абляции как по локальности, так и по точности анализа, поэтому для прецизионных геохронологических исследований используются именно они.

Большое внимание уделяется проблеме подготовки и калибровки новых минеральных стандартов, поскольку наиболее полное соответствие параметров матрицы, геохимических и изотопных характеристик стандартных образцов, как и в датироваемых минералах, является ключевым фактором точности и достоверности получаемых результатов.

Продемонстрировано преимущество приборов SHRIMP в области геохронологии перед другими инструментами, работающими на принципах микрозондирования. Признана необходимость скорейшего завершения разработки новой конфигурации SHRIMP-SI (IV), специально предназначенной для точечного анализа стабильных изотопов. Финансирование такой разработки осуществляется государственными научными фондами совместно с горнодобывающими компаниями.

Сопоставление результатов работ по локальным методам изотопного и элементного анализа, в частности вторичноионная масс-спектрометрия (SIMS), системы с лазерным пробоотбором в комбинации с масс-спектрометрами с ионизацией в индуктивно-связанной плазме (LA-ICPMS), выполняемые в ЦИИ и в лабораториях других стран, указывает на сходство подходов к изучаемым объектам и уровней получаемых результатов.

Новые тенденции в развитии химико-аналитических и геолого-геохимических работ поддерживаются интенсивным внедрением инновационных образцов техники. Это необходимо учитывать при анализе и оценке состояния изотопных химико-аналитических исследований в России, что подразумевает обязательное оснащение лабораторных подразделений высокопроизводительной техникой или модернизация существующей.

Анализируя информацию по геофизическим работам, представленную в докладах, следует отметить, что методика и технология интерпретации потенциальных полей прогрессируют в русле развития общемировых тенденций. Как и во всем мире, в России совершенствуются методы обработки цифровых геофизических данных для решения региональных геологических задач. Большое внимание уделяется производству цифровых карт потен-

циальных полей. Гравиметрическая изученность России в масштабе 1 : 200 000 достигает 93%, а в США, Канаде и Австралии 100%. Для территории этих стран построено уже не одно поколение карт аномального магнитного поля и поля силы тяжести на региональном и локальном уровнях.

За рубежом развитыми странами выполняются большие объёмы съёмочных работ не только на своих территориях, но и на территориях слаборазвитых стран. Объёмы цифровых данных весьма внушительны. Все цифровые геофизические данные, а это только съёмочные исходные материалы, формируют различные банки цифровых геофизических данных, которые хорошо структурированы и удобны для пользования. Материалы, полученные за государственные деньги, доступны для любого налогоплательщика.

Что касается методов, подходов к вопросам интерпретации геофизических данных, Россия не уступает мировым стандартам, а в некоторых случаях и превосходит их по глубине и широте проработки поставленных геолого-геофизических задач. В то же время наша страна значительно отстаёт от таких стран, как Канада, Австралия, США, Норвегия, Франция по темпам и качеству аэрогеофизических работ из-за отсутствия единой политики и системного подхода к их производству, к процессу обработки геофизических данных, хранению и использованию.

Что касается государственного банка геофизических данных, то в России, кроме БД Гравимаг, включающей оцифрованные карты магнитных аномалий и аномалий силы тяжести масштаба 1 : 200 000, созданных в прошлом веке, ничего больше на общегосударственном уровне нет. Материалы, полученные в результате аэрогеофизических съёмок, хранятся в отчётах Росгеолфонда и территориальных фондах. Далеко не все материалы сданы в фонды в полном объёме. Геофизическую информацию нужно извлекать из многочисленных отчётов, в которых не так просто найти необходимые данные. Мало того, затруднительно отыскивать отчёты, в которые входит цифровая геофизическая информация.

Значительный объём аналоговой аэрогеофизической информации, хранящейся в Росгеолфонде, требует ревизии. Большинство этих данных устарело, некоторая часть в открытом доступе по непонятным причинам отсутствует. Нет доступных оперативных электронных баз данных, устроенных по унифицированной методике и имеющих единую цифровую структуру.

Цифровые геофизические материалы должны храниться в специализированном банке данных, имеющем статус национального банка. Это касается не только аэрогеофизических данных, но и сейсмических, электроразведочных и др.

Что касается отечественного производства геофизической аппаратуры — практически аппаратная база в стране находится в состоянии упадка. Система производства аппаратуры, метрологического обеспечения и обслуживания не поддерживается на нужном уровне. Производятся небольшие партии приборов, но это оборудование отстает по уровню разработок от зарубежных аналогов, а также весьма ненадежно в эксплуатации.

По-прежнему невозможно приобретение таких зарубежных программных средств для обработки и интерпретации геофизических данных, как Geosoft. Не проработан в должной мере в России также вопрос о размещении региональной геофизической информации на веб-порталах, особенно картографических материалов.

Создание государственной сети опорных геофизических профилей, параметрических и сверхглубоких скважин для глубинных геологических исследований. Вполне очевидно, что российская система представляет собой единую программу, включающую три основных элемента: глубинные опорные профили на суше, глубинные опорные профили на акваториях, ориентированные на изучение глубинного строения параметрические скважины. В мировой практике каждый из этих элементов представлен самостоятельной программой, что ведет к определенной разобщенности как технологии работ, так и получаемых результатов. Различаются и постановочные задачи. При проектировании трансектов (опорных профилей) мировая практика в целом ориентирована на изучение конкретных геологических либо геодинамических ситуаций при относительно небольшой протяженности трансектов (300–1000 пог. км), в то время как российская государственная сеть

предполагает изучение надрегиональных структур (древняя платформа, молодая плита, система складчатых поясов и т. д.) и зон их сочленения на основе сверхдлинных (более 1000 пог. км) трансектов (опорных профилей). Еще одной отличительной особенностью российской государственной сети является реализация широкого комплекса геофизических методов при полевых исследованиях на опорных профилях, в частности двух основных сейсмических методов — ГСЗ и МОВ-ОГТ, в то время как подавляющее большинство полевых экспериментов по созданию геотраверсов в других странах ориентировано только на работы МОВ-ОГТ.

Наиболее продолжительная история системного изучения глубинного строения — отличительная черта российской школы. При создании сети опорных профилей используется широкий комплекс методов, включая глубинные сейсмические зондирования (ГСЗ). Огромный накопленный материал и богатый опыт специалистов позволяют создавать крупные (близкие к глобальным) обобщения. Однако темпы наращивания континентальной части сети за последние годы существенно снизились. Сегодня уровень изученности территории России (с учётом шельфа) современными опорными профилями составляет 1,005 км/тыс. км², а в США, Канаде и Австралии этот показатель равен 1,463 км/тыс. км². При сохранении имеющихся тенденций в будущем велика опасность потери нами статуса одной из самых передовых стран в изучении глубинного строения Земли.

Что касается постановки задачи и проведения полевых геолого-геофизических работ, российская система может рассматриваться как наиболее передовая. Однако вопросам проработки полученных полевых материалов уделяется недостаточное внимание по сравнению с мировым опытом. Наиболее ярким примером этому служат профили по Фенноскандинавскому щиту, где на российской части выполнен профиль 1-ЕВ, а на территории Финляндии программа профилей FIRE. Полевые исследования методом МОВ-ОГТ в том и другом случаях выполнены ОП «Спецгеофизика», однако качество глубинных разрезов МОВ-ОГТ существенно хуже (по материалам ОП «Спецгеофизика»).

В российской практике временной интервал, отпущенный на обработку полевых материалов, крайне ограничен (трехлетний цикл работ, включающий их постановку, проведение всего комплекса полевых исследований, постполевую обработку, интерпретацию материалов и создание окончательного отчета). Это приводит к выводу (неоднократно отмеченному в решениях различных совещаний по глубинным исследованиям) о необходимости второго этапа исследований по опорным профилям, отделенного от этапа проведения полевых экспериментов и направленного на углубленную обработку всего широкого комплекса новых глубинных геофизических данных и последующую их геологическую интерпретацию.

Сегодня наиболее системной и комплексной, охватывающей наиболее широкий спектр проблем по изучению глубинного строения, является программа SinoProba, стартовавшая пять лет назад в Китае. Наиболее важные и прогрессивные элементы, отличающие ее от остальных программ, — введение двух регулярных сетей исследований — МТ и геохимической, охватывающих всю страну. Не менее важно и серьезное внимание, уделяемое интеграции разнородных данных (подпрограмма SinoProba-08), что сулит в будущем получение высокой общегеологической и сугубо прагматической отдачи. Успешное развитие программы обеспечивается и постановкой на самом первом этапе ее реализации задачи обучения и подготовки нового поколения ученых.

Наиболее высокие темпы реализации программ по созданию глубинных профилей являются отличительной чертой австралийской программы. Представленные на конгрессе результаты работ продемонстрировали высокий уровень полевых материалов и результатов их обработки. Опыт создания австралийской сети наглядно свидетельствует об эффективности использования различных источников финансирования (государственные и территориальные программы, имеющие различную специализацию) при условии согласованности в проведении работ.

С российской стороны на конгрессе был продемонстрирован прогресс в области использования традиционных геологических методов и интерпретации *материалов дистанционного зондирования*. Это касается разработки методики картографирования результатов

дешифрирования аэро- и космических снимков и составления новых карт геологического содержания в разных масштабах, использования различных методов линеamentного анализа и получения разных типов трансформирования изображений для более детального и объективного структурного анализа, создания различных геолого-геофизических моделей кольцевых структур с целью анализа глубинного строения и разработки концепций прогнозирования и поисков полезных ископаемых.

Во ВСЕГЕИ создан программно-аппаратный комплекс приема и обработки много-спектральных данных Landsat 7, библиотека объемом свыше 12 терабайт, формируется банк данных ДО на всю территорию России. Все действующие объекты ГК-1000/3 обеспечиваются этими основами. Кроме того, имеется реальная возможность существенно повысить их информативность за счет привлечения данных гиперспектральных съемок.

По заданию Роснедра во ВСЕГЕИ проводятся работы в горно-складчатых регионах России по картированию минералов-индикаторов геологических обстановок, перспективных на выявление полезных ископаемых, по данным ASTER. Разработана технология на базе программного комплекса ENVI с использованием методов обработки гиперспектральных данных Spectral angle mapper и Spectral feature fitting. На участках в пределах территории Дальнего Востока выявлены минералы-индикаторы твердых полезных ископаемых, что позволяет локализовать площади проведения поисковых работ. Например, на площади с известными рудопроявлениями золота, серебра и молибдена, по результатам обработки данных ASTER, идентифицированы минералы-индикаторы в составе рудных тел и околорудных изменений: кварц, серицит, турмалин и сульфиды. Они локализируются в комплексные поля, расположенные в экзоконтактах рудных тел кислого состава, а также концентрируются вокруг известного золотомолибденового рудопроявления. На другой площади рудные тела кварцевого, кварцево-турмалинового состава сопровождаются проявлениями благородных металлов и молибдена. Идентифицированы минералы-индикаторы кварц, касситерит, пирит, халькопирит, арсенопирит, галенит. Они также образуют скопления в экзоконтактах интрузивов, причем точки касситерита локализируются в ореолах контактового воздействия магматитов.

За рубежом, в отличие от России, значительное внимание уделяется перспективному направлению – использованию данных гиперспектральной аэро- и космической съемки (имеющей десятки и сотни узких спектральных диапазонов) при картировании литолого-петрографического состава горных пород с целью поисков полезных ископаемых. Многие минералы и горные породы имеют уникальные спектры отражения и поглощения и выделяются по ним. Индикаторами рудных тел являются либо нерудные компоненты залежей, либо околорудные изменения рудовмещающих пород, которые фиксируются на гиперспектральных изображениях. Например, алунит, арсенопирит, гематит, гипс, карбонаты, каолинит, кварц, лимонит и др. Наиболее широко применяются данные, получаемые спектрометрией ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) в 14 спектральных диапазонах с размером кадра 60×60 км.

В меньшей степени используются данные Hyperion, которые имеют 220 каналов в спектральном диапазоне $0,43\text{--}2,40$ мкм с размером кадра $7,5 \times 100$ км.

Опыт работ за рубежом показывает, что гиперспектральные данные, имеющие высокое пространственное и спектральное разрешение и большее количество каналов, охватывающих широкую часть электромагнитного спектра, обеспечивают возможность составлять более точные геологические карты и более дешевые, чем с помощью традиционных наземных геологических методов. Многократно возросла возможность получения новой геологической информации о геологических объектах, имеющих важное прогнозное значение. Такие работы проводятся геологическими службами многих стран – в США, Великобритании, Австралии, Бразилии, Индии, Китае, Норвегии, Нидерландах, Турции, Греции, Иране, Йемене, Перу, Чили и др. Отечественные съемочные гиперспектральные системы на орбите отсутствуют, а аппаратура находится еще в стадии разработки.

За рубежом широко применяются радиолокационные данные при мониторинге опасных геологических процессов (ОГП) и при построении цифровых моделей рельефа. При обработке радиолокационных данных учитываются структурные и текстурные характе-

ристики изображения, используется радарная интерферометрия, позволяющая не только получать высокоточные модели рельефа, но и выявлять незначительные изменения высот земной поверхности, которые могут быть использованы при изучении просадок земной поверхности над месторождениями углеводородов. Использование радиолокационных данных является также одной из перспективных разработок для мониторинга ОГП, в том числе для выявления их дешифровочных признаков на ДДЗ; районирования территории по условиям развития ОГП и выделения участков, наиболее подверженных их воздействию; для качественной и количественной оценки площади поражения территории ОГП и ее изменений, а также параметров развития ОГП за цикл наблюдений; оценки последствий их воздействия на населенные пункты и хозяйственные объекты; прогноза развития ЭГП (долгосрочного, краткосрочного) и создания рекомендаций по предотвращению катастрофических последствий ОГП.

В России для ведения работ по мониторингу опасных геологических процессов космические радиолокационные снимки пока не нашли должного применения, за исключением методических работ «Южморгеологии» и мониторинга нефтегазовых месторождений ООО «Газпром «ВНИИГАЗ». Находят применение только зарубежные данные радиолокационных съемок (TerraSAR, TandemSAR-X (Германия) и RADARSAT 1, 2 (Канада), так как отечественные радиолокационные космические съемочные системы отсутствуют, а аппаратура находится еще в стадии разработки.

Проблемы совершенствования *мониторинга состояния и охраны геологической среды в России* следуют в кильватере развития общемировых тенденций. Как и во всем мире, в России развиваются локальные сети сейсмостанций, составляются карты геологических опасностей на локальном, региональном и общероссийском уровнях, выполняются значительные объемы полевых режимных наблюдений, развивается уровень технического оснащения организаций отрасли, обеспечивающих мониторинг геологической среды и оценку геологических опасностей.

Если с точки зрения теоретических разработок российские организации и специалисты находятся еще на более или менее высоком уровне, то аппаратное обеспечение по-прежнему отстает. В частности, при проведении мониторинга за состоянием геологической среды на суше в развитых странах широко используются лазерные съемки с помощью различных аппаратных комплексов, как наземных, так и монтируемых на летательных аппаратах. Эта методика, базирующаяся на высокоточном GPS позиционировании, позволяет с высокой точностью (до нескольких сантиметров при сплошной съемке) картировать рельеф земной поверхности и создавать высокоточную основу для любых видов картирования. На основании повторных съемок в режиме мониторинга производятся расчеты реальных изменений объемов каменного материала, перемещенного за счет гравитационных и других процессов. Данная методика позволяет перейти от все еще качественной оценки к точной количественной при мониторинге опасных геологических экзогенных и эндогенных процессов. Это относится и к процессам, происходящим при землетрясениях и вулканических извержениях, при сходах лавин и оползней, при размыве берегов морей и рек и т. д. Сходные по конечному результату данные получают также при проведении работ в акваториях с использованием многолучевого эхолота и бэкскатера. В последнее время эти методики применяются и в России, хотя и в масштабах, явно недостаточных для целей мониторинга состояния геологической среды. Слабое использование этих методик определяется в основном тем, что для их производства необходимы весьма дорогостоящие зарубежные аппаратные системы. Впрочем, современных отечественных геолого-геофизических комплексов для проведения работ, в том числе и мониторинга состояния геологической среды, в России практически не производится. Как правило, эти макеты, опытные образцы или прототипы непригодны для реальных производственных работ. Небольшие серийные партии этого оборудования отстают от зарубежных аналогов, а также весьма ненадежны в эксплуатации. Даже простейшие приборы для экспресс-аналитических исследований, как рН-метры, Eh-метры, оксиметры и термометры, закупаются за рубежом. Дистанционные (космических) данные высокого разрешения при проведении работ по мониторингу состояния геологической

среды также практически полностью основываются на использовании снимков, сделанных зарубежными спутниками. Крайне редко можно встретить упоминание о работе с данными, полученными от российских космических аппаратов. По-прежнему мало научно-исследовательских судов для выполнения геолого-геофизических работ на шельфе, в том числе и в рамках мониторинга состояния геологической среды. Имеющиеся суда изношены и морально устарели.

Однако наиболее существенно отставание прежде всего в отсутствии системного подхода к оценке и прогнозу природных опасностей, в том числе и геологических. По сопоставимым элементам сети наблюдений за опасными эндогенными геологическими процессами изученность территории США превышает аналогичную изученность в России на 30–35%, а за опасными экзогенными процессами и участками загрязнения подземных вод в 1,5–2 раза. Существуют организации Министерства природных ресурсов и экологии РФ, например ВСЕГИНГЕО, «Гидроспецгеология», Госцентр «Геомониторинг», ВСЕГЕИ, «Севморгео» и другие организации или их подразделения, специализирующиеся в области экологической геологии. Накоплен значительный опыт по изучению и мониторингу опасных геологических процессов, собраны большие объемы информации. Этими же проблемами занимаются Институт геоэкологии РАН, Институт вулканологии, Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта (ИФЗ РАН), ААНИИ, отчасти структуры МЧС и т. д. Даже в Министерстве регионального развития РФ в соответствии с мероприятиями по реализации федеральной целевой программы «Повышение устойчивости жилых домов, основных объектов и систем жизнеобеспечения в сейсмических районах Российской Федерации на 2009–2013 годы» создан портал единой информационной системы (ЕИС) «Сейсмобезопасность России». На основе сейсмической энтропии создан центр прогнозирования землетрясений «ГеоКвейк».

Отсутствует единая политика и система мониторинга состояния геологической среды. Многочисленные организации дублируют друг друга. Нет единых доступных оперативных электронных баз данных по опасным геологическим процессам. Как следствие, информация отрывочная, часто устаревшая, частично закрытая. В лучшем случае в открытом доступе находятся карты какого-либо районирования, связанного с теми или иными геологическими опасностями, причем не обновляемые оперативно, и общая информация о процессах и методах наблюдений, но не сами данные. Отсутствует доступная, понятная и оперативная связь между организациями, проводящими работы по мониторингу состояния геологической среды, и потребителями, в том числе и управляющими органами.

Отдельно следует остановиться и на проблеме взаимодействия между различными ведомствами, функционирующими даже в рамках одного министерства. Геологические службы развитых стран при проведении работ по мониторингу геологических опасностей и состояния геологической среды тесно взаимодействуют со смежными организациями и ведомствами, такими как гидрометеорологические службы, биологические институты, агентства по проблемам окружающей среды и т. д. Реализация подобных совместных проектов позволяет получить необходимую и реальную информацию о состоянии природной среды и угрозах, связанных с природными и в первую очередь геологическими опасностями. Цели исследований лежат в пограничных областях геологии, биологии, океанографии и др., охватывают не только геологическое строение, но и ландшафты, биоразнообразие, археологию и мн. др. Результаты таких проектов распространяются посредством информационных систем на веб-порталах. Увеличивается количество информации открытого доступа, включая и картографические материалы, что необходимо для максимально широкого использования получаемых материалов различными типами потребителей. Это в значительной мере повышает эффективность исследований и приводит к весьма существенной экономии бюджетных затрат на исследования и на решение практических задач. Сокращается дублирование исследований различными организациями, повышается их эффективность на государственном уровне. В России реализация таких межведомственных проектов в настоящий момент практически невозможна.

Геолого-геофизические исследования по прогнозу землетрясений за рубежом и в России:

- изучение физики очагов землетрясения;
- исследования в области моделирования процессов возникновения землетрясений;
- прогноз сейсмической опасности путем сейсмического и микросейсмического районирования;
- изучение сейсмических, гидродинамических (включая ГГД-мониторинг), газогидрохимических, геофизических, акустических, деформационных, метеорологических и прочих факторов, являющихся предвестниками землетрясений.

Работы по прогнозу землетрясений предусмотрены на территории 26 субъектов Российской Федерации:

- глубинные геофизические исследования (профили ГСЗ, МОВЗ, МТЗ, ГМТЗ, АМТЗ), выполняемые для целей регионального сейсмического моделирования и районирования сейсмоопасных территорий, оценка регионального поля напряжений и выбор объектов для детального сейсмического районирования;

- профильно-площадные комплексные геофизические исследования в масштабе 1 : 500 000 с целью создания геофизической основы детального сейсмического районирования в сейсмоопасных районах с интенсивностью сотрясений 8–10 баллов (MSK–64) и районах прогнозируемых сейсмических событий с применением долговременных локальных сетей наблюдений за слабой (местной) сейсмичностью и регистрацией предвестников землетрясений электромагнитными и электрическими полями, геоакустическими шумами, флюидодинамикой и приливными деформациями;

- мониторинг гидрогеодеформационного поля (ГГД) ведётся в основных сейсмоопасных регионах России и представляет собой непрерывные гидродинамические наблюдения напорных подземных вод с ненарушенным режимом по сети пьезометрических скважин, совмещенных с наблюдениями атмосферного давления. Развитие сети до 2020 г. будет осуществляться путем наращивания количества объектов наблюдений в сейсмоопасных регионах до 100%-го охвата территорий;

- мониторинг геофизических и газ-гидрогеохимических полей сейсмоактивных зон и очагов активизации сейсмического процесса проводится по ряду локальных комплексных полигонов. Предполагается увеличить их количество до 13 (территориально контролируют основные сейсмоопасные области).

Сегодня в составе геолого-геофизических работ по прогнозу землетрясений Роснедра ведут скважинные и наземные наблюдения за вариациями геофизических полей (в том числе ГГД-мониторинг) в четырех наиболее геодинамически активных регионах России: Северо-Кавказском, Алтае-Саянском, Байкальском и Дальневосточном (полигоны Кавминводский, Геленджикский, Кармадонский, Дагестанский, Верхнекубанский, Байкальский, Тывинский, Южно-Сахалинский, Охинский, Петропавловск-Камчатский). В этих районах в различных сочетаниях и объемах проводятся измерения вариаций геомагнитного поля, электрического сопротивления, естественного электромагнитного излучения, гидрогеодеформационного поля, содержания гелия в воде изливающихся скважин, температуры, электропроводности подземных вод, атмосферного давления, полей упругих волн, как удаленных, так и местных землетрясений. Созданные сеймопрогностические разработки значительно отличаются как по детальности и обоснованности предлагаемых решений, так и по физическим возможностям и достоверности их реализации.

Наиболее значимые шаги по прогнозу землетрясений в России предпринимаются в области мониторинга гидрогеодеформационного поля. Последние разработки в области ГГД-мониторинга можно условно разделить на технические (модернизация сети), технологические (усовершенствование накопления, хранения и обработки данных) и методические (разработка современных подходов к анализу ГГД-поля и прогнозу сеймогеодинамической ситуации).

«Гидроспецгеология» проводит модернизацию технологического и приборного обеспечения мониторинга ГГД-поля – переоснащение сети современными приборами, организацию телеметрии и последующего управления информационными потоками в режиме реального времени.

Технологические разработки ВСЕГИНГЕО – создание экспериментального банка данных, предназначенного для отработки технологий сбора, хранения, текущего и ретроспективного анализа данных, – призваны обеспечить единый подход к сбору, обработке, анализу и представлению конечных результатов мониторинга, что приведет к повышению оперативности и надежности прогнозов развития геодинамической обстановки.

Обработка результатов мониторинга (ВСЕГИНГЕО, Гидроспецгеология, региональные центры) проводится в соответствии с методическими указаниями 2000 г., в значительной степени устаревшими и не соответствующими состоянию современной изученности вопроса.

Информационное обеспечение. Выделены четыре основных перспективных направления в развитии информационных систем в геологии:

- совершенствование подходов к управлению информацией, унификация способов организации, представления, передачи и обработки цифровой геологической информации;
- развитие и модернизация национальных геолого-картографических систем, создание бесшовных карт;
- развитие инфраструктуры пространственных данных для геологической информации;
- развитие глобальных и субрегиональных международных проектов, международная кооперация в области интеграции цифровых картографических интернет-ресурсов.

Совершенствование подходов к управлению информацией, унификация способов организации, представления, передачи и обработки цифровой геологической информации.

Работы по системной организации геологических данных с использованием международных стандартов по классификации цифровой геологической информации – одно из приоритетных направлений в деятельности геологических служб всех развитых (и не очень – Колумбия, Мексика, Чехия, Словения) государств мира. Российская геологическая служба за последние четыре года существенно продвинулась в этом направлении и выходит на средний общемировой уровень. В 2008–2010 гг. разработаны основные теоретические и методические основы построения сводной геолого-картографической системы, подготовлена общая концепция полимасштабной модели и схема классификации цифровой информации ГК масштабов 1 : 200 000 – 1 : 1 000 000 для территории России. На этом научно-методическом фундаменте в 2009 г. специалисты ВСЕГЕИ приступили к созданию макета национальной геолого-картографической системы (НГКИС), обеспечивающей возможность интеграции геологических карт в единую программно-технологическую среду и создание полимасштабного покрытия территории Российской Федерации и ее континентального шельфа. В 2011 г. в результате выполненных работ создан макет НГКИС, представленный интегрированной единой базой данных четырех бесшовных фрагментов (Северо-Западный, Уральский, Среднесибирский, Дальневосточный) и полимасштабной моделью (1 : 200 000 – 1 : 1 000 000 – 1 : 2 500 000) на территорию северо-запада России: 27 номенклатурных листов Госгеолкарты-1000/3, три листа Госгеолкарты-200/2, девять серийных легенд и более 1500 растровых карт различных масштабов и поколений. Опытная эксплуатация системы выполнена с использованием удаленного доступа из различных городов России (Москва, Санкт-Петербург, Красноярск, Ессентуки) и показала высокую устойчивость и производительность системы. В 2009–2010 гг. специалистами ВСЕГЕИ и ВНИИгеосистем проведены тестовые работы по развертыванию отдельных элементов программного обеспечения для реализации задачи по обмену геологической информацией между двумя крупными отраслевыми информационными системами «Макет НГКИС» и «СОБР Роснедра» на основе международных стандартов взаимодействия. Существуют объективные трудности, связанные с огромной территорией России со сложным и разнообразным геологическим строением. Уникальная геологическая школа (уникальная в том смысле, что не имеет аналогов в англосаксонских странах) из-за нестабильного финансирования работ, основанной на разделении единой задачи и дробном включении отдельных составляющих этой проблемы во множество проектов (дабы избежать «информационности» направления), не дает возможности выйти на лидирующие позиции в этой области.

Приведенный пример, пожалуй, единственный образец системного и планомерного подхода к решению задачи унификации цифровых материалов. В России за рамками основных общемировых тенденций развития находится достаточно большое количество информационных систем, создаваемых на основе «частных» классификаций (в виде создания требований, инструкций, разработки форматов и структур без учета единых международных стандартов) базовых цифровых информационных ресурсов, таких как государственные геологические карты, выполняется только внутри своей системы, без оглядки на возможность их использования для каких-либо целей за пределами этих систем, приводит к необходимости существенной переработки данных для их использования в рамках каких-либо интеграционных ресурсов либо значительно снижает информационную емкость геологических карт в составе таких сложных систем (интеграция только на уровне цвета и крапа, например).

Ведущие геологические службы зачастую уже прошли этот этап (этап «частных» классификаций), а зачастую, внимательно изучая общемировой опыт, вообще исключили нестандартные подходы на уровне проектирования системы. Создание информационных систем на основе «частных» классификаций имеет устойчивую тенденцию — в рамках различных государственных контрактов Роснедра разрабатывает достаточно большое количество ИС, основная цель которых — накопление данных, их мониторинг и актуализация.

Целесообразно включение в требования к выходной продукции для крупных информационных систем пункта, регламентирующего подготовку цифровых материалов в соответствии с российскими (в случае их отсутствия) общемировыми стандартами взаимодействия. Иначе результаты работ будут значительно обесценены, поскольку не будет технологий для их использования и интеграции с другими ресурсами.

Развитие и модернизация национальных геолого-картографических систем, создание бесшовных карт. Работы по созданию базы данных макета национальной геолого-картографической системы начаты в России в 2009 г., значительно позже, чем в США, Канаде (2003–2004 гг.) и Австралии (2000 г.), Китае (если учесть, что на конгрессе заявлено, что работы ведутся уже 10 лет, то их начало приходится на 2002 г.). За это время разработаны концепция, логическая и физическая структура БД, проведена адаптация программно-технологических средств, обеспечивающих ее ведение, наполнение и использование, развернуты сервисы для использования международных стандартов WMS и WFS, загружен значительный объем цифровых геологических данных. В 2011 г. завершены работы первого этапа и с 2012 г. проводится наращивание территории бесшовной карты, наполнение БД материалами геологических карт масштаба 1 : 1 000 000/3, легендами серий листов и растров в пределах бесшовных фрагментов, совершенствуются программно-технологические блоки. В 2012 г. в базу данных Госгеолкарты были интегрированы еще 25 номенклатурных листов ГК-1000/3 и цифровые бесшовные карты масштаба 1 : 1 000 000 по группам листов в пределах Южно-Европейского, Средне- и Южно-Уральского, Южно-Сибирского, Восточно-Забайкальского фрагментов.

Предполагается, что к 2014 г. база данных Госгеолкарты национальной геолого-картографической системы России будет содержать цифровые модели государственных геологических карт масштаба 1 : 1 000 000 по территории 90 номенклатурных листов, все легенды серий листов по территории России и ее континентальному шельфу, 8 бесшовных фрагментов ГК масштаба 1 : 1 000 000 на общую площадь около 8 млн км² и актуализированную по состоянию на 01.01.2014 геологическую карту России масштаба 1 : 2 500 000 (рис. 55).

Кроме того, специалистами ВНИИГеосистем и ВСЕГЕИ разрабатывается конфигурация веб-сервера и программно-технологических средств для подготовки и представления базовой геолого-картографической информации Российской Федерации в интернете на основе нормативно-методических документов Роснедра с использованием международных веб-форматов данных (GeoSciML, MineralOccurrences, EarthResourceML, XMMML и др.). Они обеспечивают совместимость с международными проектами по созданию глобальных геолого-картографических информационных ресурсов, использующих принятые международные стандарты обмена и передачи данных, преобразование данных геологических карт

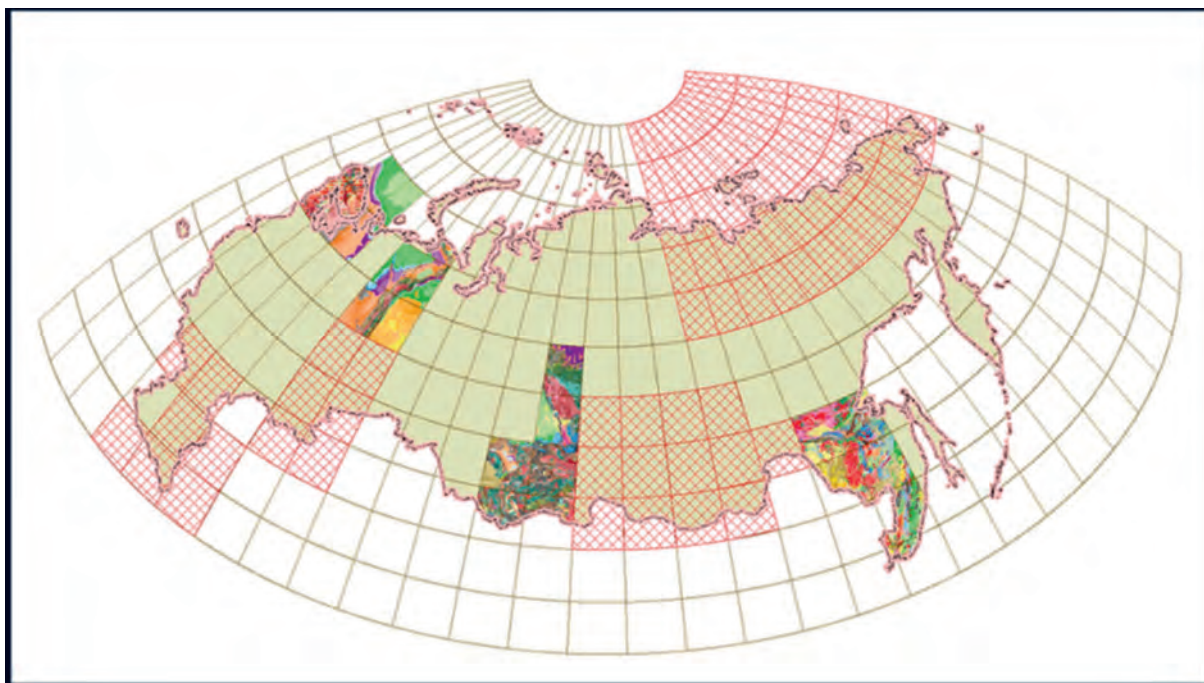


Рис. 55. Цифровые модели Государственных геологических карт масштаба 1 : 1 000 000 к создаваемой базе данных госгеолкарт национальной геолого-картографической системы России в 2009–2012 гг.

в формат GeoSciML и подготовку к визуализации на портале OneGeology; развертывание и функционирование веб-сервисов и интерфейсов для формирования многоуровневой (в зависимости от масштаба) системы доступа к растровым и векторным геологическим данным (в том числе цифровым комплектам Госгеолкарт-200/2 и -1000/3); возможность многопользовательского доступа через сайт Роснедра к материалам базы данных госгеолкарт, возможность поиска, оформления и визуализации геолого-картографической информации по комбинированным запросам пользователей, визуализацию и оформление геолого-картографической информации в среде интернета на основе эталонной базы условных знаков.

Развитие инфраструктуры пространственных данных (ИПД) для геологической информации. В Российской Федерации отсутствует документ, непосредственно обеспечивающий нормативно-правовое регулирование деятельности по созданию и функционированию ИПД РФ. Концепция создания и развития инфраструктуры пространственных данных РФ, утвержденная распоряжением правительства РФ от 21 августа 2006 г. № 1157-р, не имеет правового статуса, аналогичного директиве (регулирование ИПД в рамках Евросоюза), и рассматривает значительно более широкий круг общих вопросов. Ряд вопросов инфраструктуры пространственных данных определен в Распоряжении Правительства РФ от 17 декабря 2010 г. № 2378-р «О концепции развития отрасли геодезии и картографии до 2020 года», Распоряжении Правительства РФ от 7 июля 2011 г. № 1177-р «Об утверждении прилагаемого плана мероприятий по реализации Концепции развития отрасли геодезии и картографии до 2020 года».

Фактически регулирование оборота пространственных данных в РФ пока еще входит в процессы создания, предоставления, интеграции и использования широкого круга тематических данных, нормативно регулируемых по линии тематических видов деятельности, геодезической и картографической, кадастра недвижимости, ведения лесного и водного реестров и др. Процесс организационного выделения из деятельности органов-администраторов функций и услуг деятельности по их информационному обеспечению еще только начинает выходить на следующий этап – этап выделения регулирования оборота данных, имеющих инфраструктурное значение, в самостоятельную область.

Общая координация работ поручена Минэкономразвития и подведомственной ему Федеральной службе государственной регистрации, кадастра и картографии (Росреестр). К полномочиям Росреестра относятся функции по организации единой системы государственного кадастрового учёта недвижимости, государственной регистрации прав на недвижимое имущество и сделок с ним, а также инфраструктуры пространственных данных Российской Федерации.

Теоретические разработки в области ИПД для геологической информации ведутся в рамках программ фундаментальных исследований РАН – программы 24 «Научные основы инновационных энергоресурсосберегающих экологически безопасных технологий оценки и освоения природных и техногенных ресурсов», проекта «Разработка фундаментальных основ инфраструктуры пространственных данных (ИПД) в области наук о Земле с использованием интернет-ресурсов». Очевидно, что непосредственное практическое использование и внедрение этих теоретических разработок потребует постановки опытно-конструкторских и научно-исследовательских прикладных отраслевых проектов.

Развитие глобальных и субрегиональных международных проектов, международная кооперация в области интеграции цифровых картографических интернет-ресурсов. В последнее время ГС России участвует или планирует свое участие в нескольких крупных международных проектах, но их кооперация в области интеграции цифровых картографических интернет-ресурсов не предусматривается. Наиболее интересный в плане информационных технологий является выполненный ВСЕГЕИ и ВНИИгеосистем в инициативном порядке проект по подготовке и публикации через портал OneGeology набора ГГК масштаба 1 : 1 000 000 (новая серия) по России и территории прилегающих стран СНГ. Подготовка ресурса реализована во исполнение решений 15-й сессии Межправительственного совета по разведке, использованию и охране недр, состоявшейся 12–16 сентября 2011 г. в Чолпон-Ата, Кыргызская Республика. В соответствии с современными технологическими подходами набор электронных карт сформирован в виде базы данных, содержащей геопривязанные растры полотен изданных карт в системе WGS-84 и сопровождающие их элементы зарамочного оформления (легенда, разрезы, схемы и т. п.). Технологической основой для реализации удаленного доступа к базе данных геолого-картографических материалов стал стандарт WMS открытого геопространственного консорциума (OGC)

Важные результаты по системной организации геологической информации достигнуты при реализации международного проекта OneGeology, в частности его панъевропейского фрагмента, объединившего в рамках единой «гармонизированной» геологической карты

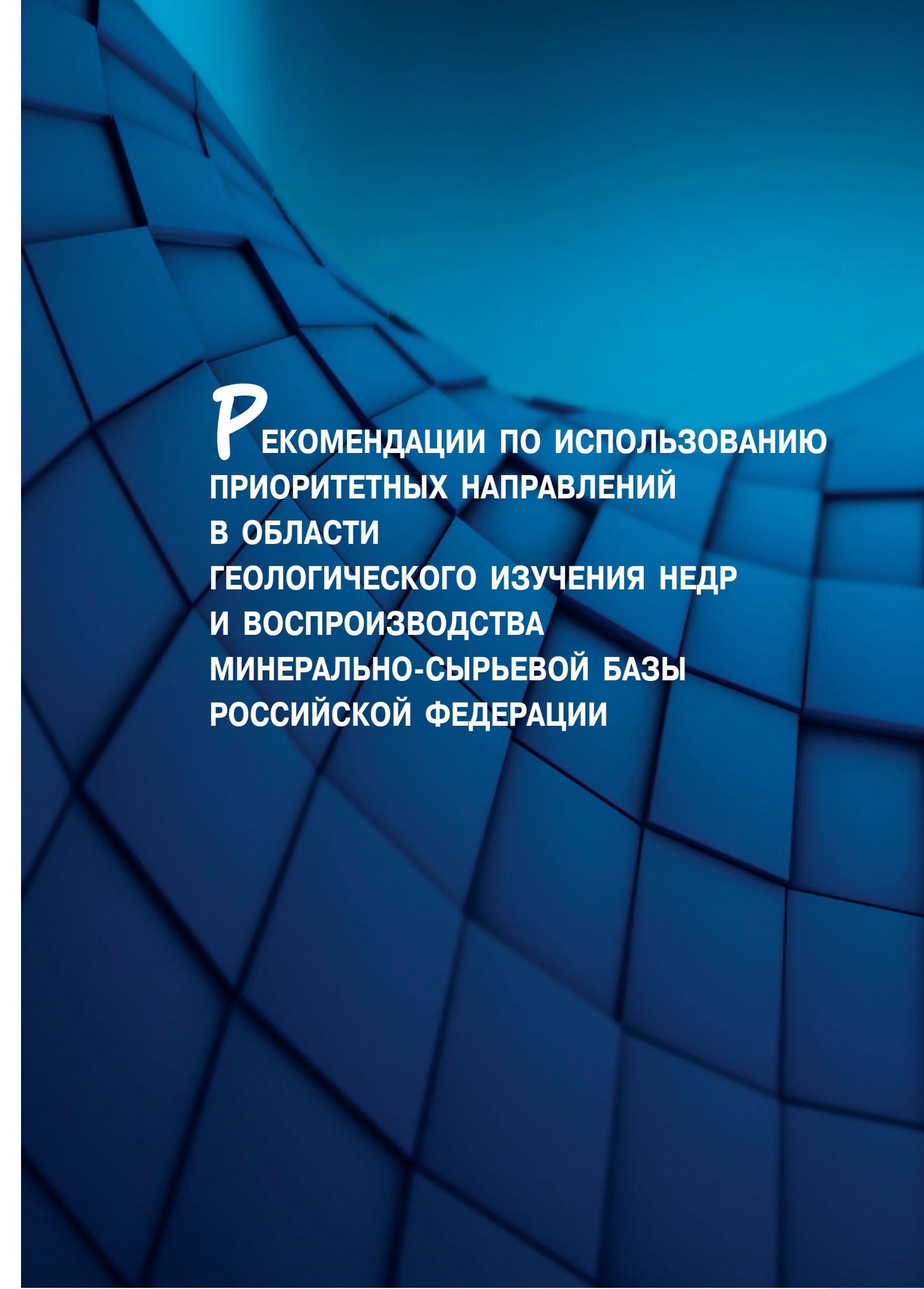


Рис. 56. Европейские страны-участницы проекта OneGeology (OneGeology-Europe) и уровень их поставок данных

20 национальных баз данных картографической информации, построенных на основе унифицированных структур описания (рис. 56). Первая фаза проекта закончилась в 2010 г., все геологические службы, участвовавшие в проекте, приняли решение продолжать предоставление своих услуг, а Ассоциация европейских геологических служб (EGS) согласилась продолжить сокращенное (промежуточное) финансирование портала и каталога.

Работы по системной организации геологических данных с использованием международных стандартов по классификации цифровой геологической информации являются одним из приоритетных направлений в деятельности геологических служб всех развитых государств мира. Российская геологическая служба за последние четыре года существенно продвинулась в этом направлении и выходит на уровень передовых общемировых решений.

Доступ к указанному ресурсу осуществляется с портала OneGeology <http://portal.onegeology.org/>, а также по ссылке http://wms.vsegei.ru/VSEGEI_Bedrock_geology/wms? с использованием любых WEB-клиентов, поддерживающих спецификации Web Map Service, в том числе такими, как ArcMap 10, ArcCatalog, Dapple, NASA World Wind, Google Earth и т. д.



РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ
ПРИОРИТЕТНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ
В ОБЛАСТИ
ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ НЕДР
И ВОСПРОИЗВОДСТВА
МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Анализ мирового опыта и состояния геологоразведочных работ позволяют определить ближайшие и перспективные задачи их ведения по основным направлениям, включая и фундаментальные исследования:

– установление обоснованного возраста стратиграфических подразделений, в особенности домезозойских, на базе взаимоувязанных палеонтологических, изотопных, палеомагнитных данных, формационного и фациального анализа литологических комплексов для совершенствования существующих стратиграфических схем. В конечном итоге это обеспечит актуализацию серийных легенд и составление отвечающих современному уровню нового поколения Госгеолкарт-200/2 и -1000/3;

– изучение тектонических структур регионального значения, в том числе с подключением к работам по международным программам и проектам, расшифровка и обоснование векторов тектонических движений, их возраст, выявление корневых зон предполагаемых шарьяжей, изучение сдвиговых и пликтивных деформаций;

– получение обобщенных данных по магматизму, позволяющих создать корреляционные схемы магматических комплексов с системой всесторонне охарактеризованных эталонных объектов;

– петрологическое изучение продуктов регионального метаморфизма с определением фациальной принадлежности метаморфических пород, зональности распределения фаций, генетической связи с тектоническими событиями определенного возраста и проявлениями магматизма. Геодинамические модели эволюции отдельных регионов существенно отличаются, а иногда являются взаимоисключающими;

– развитие металлогенических исследований с акцентом на металлогению конкретных рудных районов с надежными критериями количественной прогнозной оценки минерагенического потенциала территорий, тесно связанных с состоянием геологической изученности рудных районов.

Рекомендации направлены на формирование и реализацию государственной политики в области геологического изучения недр, на решение многих проблем, влияющих на реализацию геологических программ, в основном на региональное геологическое изучение территории России.

Неопределенной составляющей всех этапов работ, выполняемых в геологической отрасли (работы общегеологического и минерагенического назначения, поиски, оценка, разведка и освоение месторождений), является научно-методическое сопровождение, которое обеспечивает повышение воспроизводства фонда недропользования, его ликвидной и остродефицитной частей и создание единой системы отраслевых научных знаний.

Необходимые условия для создания единой системы отраслевых научных знаний:

– сохранение существующих и создание новых научных школ, совершенствование подготовки специалистов высшей квалификации;

– развитие теоретических основ мониторинга, моделирования и прогнозирования опасных геологических процессов и явлений, обеспечивающих повышение точности риска и снижение ущерба от опасных геологических процессов и явлений;

– проведение на постоянной основе опережающих проблемно ориентированных фундаментальных геологических исследований, обеспечивающих решение современных и перспективных прикладных задач геологической отрасли;

- обоснование новых подходов к минерагеническому районированию территории страны и оценке прогнозных ресурсов полезных ископаемых, а также разработка моделей глубинного строения рудных районов;

- разработка фундаментальных основ оценки ресурсного потенциала глубоких горизонтов осадочных бассейнов, прогноза уникальных и крупных месторождений углеводородов, в том числе на континентальном шельфе Российской Федерации и акваториях внутренних морей.

В связи со значительными достижениями теоретической геологии (глобальная геодинамика, глубинное строение) и новыми технологиями следует увеличить объём специальных работ:

- целевые работы по геологическим структурам (не в рамках номенклатурных листов, а по бассейнам, металлогеническим зонам, рудным районам) с различным их составом в зависимости от геологического строения и геологических задач;

- стратиграфические, палеоклиматические, геодинамические, петролого-минералогические, тектонические, металлогенические исследования, позволяющие произвести переоценку площадей, даже ранее считавшихся неперспективными;

- современные геоинформационные исследования, основанные на создании банков данных с использованием GIS- и GRID-технологий, направленные на более полное использование накопленных фактических данных. Готовить за счет совмещения слоёв информации новые виды карт, осуществлять в комбинации с геофизическими данными моделирование геологического строения провинций, районов, узлов, месторождений, различные компьютерные программы – от распознавания образов до нейронных сетей.

Дальнейшее развитие геологических наук требует тщательного наблюдения и изучения природных объектов с использованием всего арсенала научных и технических средств, постановки целенаправленных экспериментальных исследований и крупных обобщений накопленного огромного фактического материала.

Стратиграфия и палеонтология. Современная геология должна давать не только качественную, но и количественную характеристику происходящих явлений и процессов. Это подтверждается и практикой проведения геологоразведочных работ последних десятилетий во многих регионах мира.

Широкий охват картосоставительских и прочих геологических исследований в России в советское время привел к относительно высокому уровню общей стратиграфической и палеонтологической изученности ее территорий. Внедрение новых групп в микропалеонтологические исследования, таких как конодонты и хитинозои, только начиналось и было в значительной степени прервано в 90-годы прошлого века из-за оттока кадров. Хотя в некоторых регионах, безусловно, ощущался недостаток изученности именно микрофаунистических групп, расчленение и корреляция палеонтологически охарактеризованных осадочных последовательностей осуществлялись достаточно успешно. Для большинства палеобассейнов были разработаны литофациальные, циклостратиграфические, палеогеографические модели и реконструкции. Однако комплекс методов классической лито- и биостратиграфии часто недостаточен в случае обедненной ископаемой фауной преимущественно терригенных или метаморфизованных последовательностей. Практически отсутствуют исследования по детальной цикло- и секвенс-стратиграфии, особенно увязанные с детальной биостратиграфической основой.

Для российских стратиграфов приоритетным направлением исследований является дальнейшее совершенствование ОСШ докембрия и фанерозоя, используемой на территории России, и ее сближение с МСШ, разработку которой планируется завершить в ближайшие годы. По мере совершенствования корреляции становятся реальными перспективы использования единой глобальной стратиграфической шкалы докембрия и фанерозоя на всем геологическом пространстве.

В процессе этих исследований скоррелированы наиболее полные и хорошо изученные последовательности, которые обсуждались в качестве кандидатов для выбора стратиграфических разрезов ГСРТ той или иной границы. Предстоит более сложная и не всегда решаемая задача прослеживания глобальных ярусных границ за пределами утвержден-

ных ГСРТ в регионах с другим фаціальным и геологическим развитием на территории России.

По мере разработки МСШ вводимые в нее новшества учитывались комиссиями МСК по соответствующим системам, но по объективным причинам не всегда принимались в постоянно совершенствуемую ОСШ. С различной точностью для различных стратиграфических интервалов проведена корреляция основных подразделений ОСШ и МСШ (2004–2010 гг.). В основных чертах она отвечает требованиям к точности корреляций стратиграфических единиц, необходимой для создания мелкомасштабных геологических карт (1 : 2 500 000, 1 : 5 000 000). Однако для разработки более детальной стратиграфической основы палеогеографических и геодинамических реконструкций конкретных осадочных бассейнов и складчатых областей необходимо дальнейшее совершенствование корреляции. Рекомендуется выделение региональных стратотипов и точек (РСРТ) глобальных ярусных границ в наиболее полных и хорошо изученных разрезах различных геологических регионов России. При определении РСРТ могут быть использованы биозональные маркеры в комплексе с глобальными и региональными событийно-стратиграфическими уровнями. Такие разрезы должны апробироваться комиссиями по системам и утверждаться МСК. Детальное изучение региональных последовательностей пограничных отложений ярусов и других подразделений МСШ позволит выявить дополнительные диагностические характеристики границ и будет способствовать лучшему распознаванию стандартных подразделений в различных регионах и фациях. В свою очередь выбор РСРТ обеспечит более широкое использование МСШ и создание единого стратиграфического пространства.

Кроме того, возрастает необходимость в более точной и детальной стратиграфической корреляции изученных осадочных толщ, которая зачастую находится за пределами разрешения биостратиграфических методов. Требуется более активное развитие и внедрение в стратиграфию как инструментальных, так и аналитических методов исследований. К первым главным образом относится комплекс тонких геохимических и изотопно-геохимических анализов стабильных изотопов – изотопия углерода ($\delta^{13}\text{C}$) и кислорода ($\delta^{18}\text{O}$), стронция ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) и неодима ($^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$). Именно интеграция изотопно-геохимических и классических методов лито- и биостратиграфии повышает надежность межрегиональных корреляций, которая является самым слабым местом современной отечественной стратиграфии. Среди аналитических методов практически отсутствуют отечественные математические и статистические модели обработки данных по стратиграфии и палеонтологии. Это направление стратиграфических работ, наряду с созданием и накоплением отечественных банков информационных данных, требует дальнейшего и активного развития.

В области стратиграфии для обеспечения региональных геологических и прогнозно-металлогенетических работ наибольшее значение, по-видимому, может иметь решение трех приоритетных задач:

- широкое использование в палеонтологии и стратиграфии математических и литологических методов и создание на этой базе локальных информационно-поисковых систем, позволяющих хранить описание различных групп фауны и флоры, осуществлять поиск информации по заданным признакам, решать задачи классификации и диагностики таксонов, выполнять математическую обработку материала;
- создание специализированных банков данных по стратиграфии и геохронометрии;
- создание на базе современной техники автоматизированной оперативной системы «Стратиграфическая схема России», позволяющей выдавать информацию по любым возрастным срезам и регионам страны.

Решение этих задач будет способствовать значительной интеграции усилий специалистов в различных областях стратиграфии, что послужит заложению основ единого рынка стратиграфических знаний.

Литология. В течение длительного времени основой отечественной литологической школы была концепция типов литогенеза, в которой во главу угла осадочного породо- и рудообразования ставился климатический фактор. Сегодня, в том числе и в материалах по литологии и седиментогенезу 34-й сессии МГК, получена принципиально новая информация о характере геологической осадочной летописи за последние 150 млн лет. Об-

ектом всестороннего изучения, наряду с осадочными породами и формациями, являются осадочные палеобассейны, поскольку осадочный бассейн рассматривается как литогеодинамическая система, трансформирующаяся в ходе геологической истории. Первоочередная задача — выяснение конкретных соотношений скоростных характеристик таких процессов, как тектоногенез, осадконакопление, магматизм и, наконец, рудогенез. В связи с тенденциями, наметившимися в материалах по литологии 34-й сессии МГК, главным образом решаются задачи построения тектоно-седиментологических моделей осадочных бассейнов типологических геодинамических обстановок, и в первую очередь нефте- и газоносных бассейнов континентального шельфа и пассивных окраин континентов, внутриконтинентальных (внутриплитных) осадочных бассейнов с разнообразной минерагенической специализацией. Принципиально важно включить в минерагенический анализ таких бассейнов совокупное рассмотрение процессов осадконакопления, син- и постседиментационных изменений, времени и последовательности их проявления (с использованием методик секвенс-стратиграфии, изотопной геологии, геохимии).

Перспективные направления и достижения зарубежных исследований в области литологии:

- создание региональных и локальных баз литологических данных применительно к решению задач унификации номенклатуры пород и литологического (геологического) картирования;
- периодическое издание справочников и практических руководств по петрографии осадочных горных пород;
- широкое внедрение в практику геологосъемочных и поисковых работ дистанционных методов для выявления и картирования различных литологических разновидностей пород;
- исследования закономерностей литогенеза и седиментогенеза и в связи с месторождениями углеводородного сырья (нефть, газ, газогидраты) в шельфовых областях пассивных окраин континентов.

Другая важная задача в области литологии — воспроизводство и использование минерально-сырьевой базы, возобновление на системной основе исследований кор выветривания — резервуаров крупных, легкообогатимых, минеральных скоплений полезных ископаемых с использованием комплекса новейших литологических и прецизионных изотопно-геохимических методов исследований.

Петрология. За рубежом систематически публикуются монографии, посвященные петрографии кристаллических, магматических, метаморфических и метасоматических пород. Отечественная петрографическая литература представлена сегодня классическими трудами по петрографии магматических пород академика А.Н. Заварицкого, изданными в середине прошлого века и не переиздававшимися с 1955 г., и Атласом структур и текстур магматических и метаморфических пород Ю.Ир. Половинкиной (последнее издание 1966 г.). Современный уровень и объемы геологического картографирования в России, в том числе и программа Госгеолкарт-1000/3 и -200/2, не соответствуют необходимому уровню подготовки геологов в области описательной петрографии кристаллических пород. Необходима разработка (желательно на электронной основе) руководств по описательной петрографии, доступных большинству геологов в полевых и камеральных условиях. Значительное количество материалов зарубежных петрологических исследований посвящено детальной петрологической характеристике конкретных петрологических объектов — магматических интрузий, метаморфических комплексов, в то время как в отечественных материалах преобладают сведения обобщенных геолого-петрологических исследований и мало места уделено конкретному содержательному геолого-петрографическому описанию таких объектов. Прецизионные аналитические исследования выполняются во многих случаях на ограниченном и не всегда надежном коллекционном петрографическом материале, собранном много лет назад.

В связи с уточнениями Международной шкалы геологического времени докембрия и Международной стратиграфической шкалы и соответствующими уточнениями используемых в России Общей стратиграфической шкалы докембрия и Общей стратиграфической шкалы фанерозоя необходима ревизия данных, касающихся определений возраста маг-

матических и метаморфических комплексов, которые были сделаны разными методами в предыдущие годы, и приведения этих датировок к современному уровню. Осуществление такой задачи возможно путем составления электронных кадастров результатов геохронологических и изотопно-геологических данных, совместимых с ныне существующими серийными легендами к Госгеолкартам.

Глубинное строение Земли, петрология мантии и земной коры, вертикальная и латеральная неоднородность мантии сегодня приобретают все более важное значение для понимания природных геологических явлений, включая магматизм, метаморфизм и метасоматоз. Изученные природные объекты (коматииты, современные базальты, мантийные ксенолиты, офиолитовые комплексы и др.) позволили построить количественные модели, выявившие гетерогенность состава мантийного вещества. Несомненно, в дальнейшем это будет способствовать разработке и детализации петрологической модели эволюции коры и мантии Земли, а также других планет.

С учетом материалов зарубежных петрологических исследований может быть сформулирован ряд предложений по дальнейшему совершенствованию работ в области петрологических исследований в России. Эти предложения касаются нескольких аспектов развития петрологических исследований, ориентированных на актуализацию петрологической основы различных видов геологоразведочных работ, в том числе геологической съемки мелкого и среднего масштабов, геологического картографирования, особенно в областях широкого развития изверженных и метаморфических пород, а также прогнозирования полезных ископаемых, связанных с магматическими и метаморфическими породами.

Соответствующие предложения относятся к трем следующим взаимосвязанным приоритетным направлениям:

- научно-методическое петрологическое обеспечение геологического картирования и картографирования для целей ГГК-1000 и ГГК-200, создание в первую очередь руководств по практической петрографии для оперативного использования в полевых и камеральных условиях;

- совершенствование на примере конкретных петрологических объектов методик рационального сочетания современных прецизионных аналитических методов изучения вещества изверженных и метаморфических пород.

Возможна разработка следующих актуальных петрологических проблем:

- структурно-петрологическое моделирование типовых магматических и метаморфических объектов в м-бах 1 : 1 000 000 – 1 : 200 000;

- разработка и совершенствование петрологических критериев рудоносности разнотипных ассоциаций изверженных и метаморфических пород применительно к отдельным территориям их распространения;

- петрологическое изучение разновозрастных мафических дайковых поясов и ассоциирующих с ними диатрем;

- петрологическое изучение гранитоидных ареал-плутонов с применением 3D анализа и анализа временного тренда;

- совершенствование и внедрение в практику петрологических исследований прецизионных аналитических методов, в том числе изучение и датирование горных пород по соотношениям изотопов благородных газов, изучение флюидных включений и их состава, новые лабораторные методы изучения пород, породообразующих минералов и т. д.

Работы должны быть увязаны с различными другими направлениями геологических исследований, проводимых в интересах расширения минерально-сырьевого потенциала и углубления знаний о среде обитания. Успех может быть достигнут только при комплексном подходе к изучению ассоциаций магматических, метаморфических и метасоматических пород, возникающих в регионах с различной геодинамической обстановкой. Известно, что результаты регионально-петрологических исследований обеспечивают создание современной петрологической основы для составления геологических и других специальных карт различных масштабов, а также дают возможность прогнозной оценки областей широкого развития магматических и метаморфических пород на связанное с ними минеральное сырье. Системный анализ ассоциаций этих пород (или формаций), в том числе исследование их

парагенезов, выявление их временной и конструкционной структуры, как и другие аспекты изучения – предпосылка для более совершенных представлений о связи с ними различных рудных формаций, закономерностях их локализации и т. д. Актуальны проблемы совершенствования и разработки методов регионально-петрологических исследований применительно к картированию различных типов ассоциаций кристаллических пород, формирующихся в разных обстановках, а также разработки, регламентирующие использование систем понятий и терминов, номенклатуры изверженных и метаморфических пород.

Тектоника. За рубежом активно развиваются направления, относящиеся к тектонике деформаций, ориентированные на детализацию ряда положений тектоники плит, процессов рифтогенеза и андерплейтинга. В отечественных общегеологических и специализированных изданиях типизация (номенклатура) пликативных и дизъюнктивных деформаций (особо дизъюнктивных) разработана недостаточно и находится на уровне прошлого века. Излишне «прямолинейное» определение типа деформаций (XX в.) – сброс, взброс, сдвиг, надвиг и пр. – не совсем корректны оттого, что в разные промежутки времени могут меняться знак и тип деформации. Все это может служить основой для разделения стадии оруденения и совершенствования рудоконтролирующих факторов.

Необходимы создание (с учетом зарубежного опыта) современной типизации *пликативных и дизъюнктивных дислокаций*, внедрение в практику геологического картирования и составления Госгеолкарты-200; -1000/3 современных методов типизации тектонических деформаций (дислокаций) с непременным использованием *рудоконтролирующих и рудолокализирующих* факторов.

Исполнителями такой работы могут быть вузы (СПбГУ), отраслевые (ВСЕГЕИ) и академические институты (ИЗК СО РАН, ГИН РАН и др.).

Важная проблема отечественной тектонической науки и практики – отсутствие методических разработок радиологического датирования разнотипных и разновременных тектонитов. Сегодня, когда методы радиологического датирования активно внедряются в геологическую практику (ЦИИ ВСЕГЕИ), нужна разработка мероприятий по кинематике тектонических деформаций, которые нужно проводить одновременно с радиологическими исследованиями. Кроме выявления продолжительности собственно пликативных и дизъюнктивных дислокаций, необходимо уточнение геохронологическими методами деятельности восходящих (эрозия) и нисходящих (осадконакопление) тектонических движений. Все это имеет значение для оценки длительности и масштабов разнотипного полигенного и полихронного эндогенного оруденения, а также масштабов осадочной (экзогенной) минерализации.

Для решения этой задачи требуется следующее:

- разработка методов радиологического датирования применительно к различным типам *монокронных и моногенных* тектонических структур («простой» сдвиг, надвиг, взброс и т. д.);
- датирование *полигенных и полихронных* тектонических структур, в первую очередь дизъюнктивных структур;
- определение «абсолютных» скоростей осадконакопления и эрозии (денудации);
- определение длительности тектонических движений (процессов).

Эффективность использования результатов фундаментальных работ в прикладных направлениях геологии зависит от ряда причин, в первую очередь от технологичности разработки, психологической подготовленности геологов-исполнителей к восприятию концептуальных новаций. Немаловажную роль играют соответствие положений фундаментальных исследований имеющемуся фактическому материалу и возможность опытного подтверждения новых положений, а также быстрое их внедрение в практику региональных геологических и прогнозно-поисковых работ.

Как показывает мировой опыт, тектонические и геодинамические исследования развиваются в русле идей тектоники литосферных плит, прежде всего переход от преимущественного накопления эмпирического материала и описания геологических явлений к теоретическому моделированию важнейших природных процессов. Модельные разработки должны охватывать не только процессы развития основных структурных элементов литосферы, но и сопровождающие их процессы петро-, лито- и металлогенеза.

Есть основания прогнозировать существенное усложнение исходных, базовых моделей тектоники плит при вовлечении в анализ процесса исследования новых характеристик глубинного строения и состава мантии, учета изотопно-геохимических данных, результатов физико-химических экспериментов при высоких давлениях и температурах, изучения вероятностных тектонических последствий конвективных течений в мантии. Наряду с дальнейшим углубленным изучением структур земной коры, все большее внимание будет уделяться процессам, происходящим в верхней мантии, в частности, зависимости мантийного теплопереноса от характера фазовых переходов. Латеральные реологические неоднородности мантии могут рассматриваться не только как фон, на котором разворачиваются геодинамические процессы, но и как прямое следствие этих процессов.

Важнейшие направления теоретических исследований:

- изучение условий формирования структурно-вещественных комплексов в иерархическом ряду границ между плитами, микроплитами и полями, моделирование тектонического расслоения литосферы в процессе континентальной коллизии и физических условий полигенеза;

- изучение соотношения тектоники и магматизма на основе моделирования процессов глубинного теплопереноса, данных сравнительной субдуктологии и комплексной (петрологической, изотопно-геохимической, геофизической) характеристики спрединговых центров;

- построение геодинамических моделей рудогенеза (металлогенической специализации геодинамических обстановок прошлого, региональной металлогенической зональности, порождаемой процессами на границах литосферных плит, а также рудонасыщенности территории как функции флюидного режима и условий формирования крупнейших и уникальных рудных узлов и месторождений в пределах длительно функционирующих астеносферных ловушек).

Принятие новой геологической парадигмы – мобилистической концепции – позволит создать реальные предпосылки для резкого повышения эффективности всех видов региональных геологических исследований. В полной мере это относится к геологической картографии, включая и крупномасштабную съемку.

В соответствии с основными проблемами и требованиями, предъявляемыми к картографической продукции, с учётом современных научных, методических и технологических разработок геологических служб зарубежных стран и основных направлений дальнейших исследований при проведении **региональных геолого-геофизических и геологосъемочных работ**, следует считать приближение уровня и качества отечественной мелко- и среднемасштабной геологической и глубинной геолого-геофизической изученности к уровню и качеству изученности ведущих зарубежных стран, в частности:

- создание ГГК масштаба 1 : 1 000 000, формирующих банк фундаментальной геологической информации и обеспечивающих развитие геологической науки, общих знаний о геологическом строении и минерагеническом потенциале суши, динамике геологических процессов и явлений для разработки и реализации стратегических вопросов изучения и рационального использования недр;

- создание ГГК масштаба 1 : 200 000 как основного источника информации для обоснования прогнозных ресурсов всех видов полезных ископаемых, решения федеральных и региональных проблем развития минерально-сырьевой базы, экологии и др. на территории Сибири и Дальнего Востока;

- повышение уровня и качества прогнозирования месторождений полезных ископаемых в наиболее перспективных минерально-сырьевых центрах и сближение по этому показателю с прогнозированием, проводимым ведущими зарубежными странами;

- научно-методическое обеспечение региональных исследований путем проведения тематических работ стратиграфического, петрологического и других направлений. Для дальнейшего развития государственного геологического картирования требуется актуализация стратиграфо-палеонтологической и петрологической основ серийных легенд, унификация и актуализация серийных легенд по результатам региональных геолого-геофизических работ, технологического обеспечения согласованного мониторинга серийных

легенд. Примером такой работы на перспективу являются методические рекомендации по построению унифицированных серийных легенд Госгеолкарты-1000 арктического шельфа и прилегающей континентальной части Российской Федерации (ВНИИОкеангеология).

При создании геологических карт масштаба 1 : 1 000 000 также целесообразно:

– разработать силами ведущих предприятий геологической отрасли целевую программу по использованию всех информационных ресурсов, систем телекоммуникационных связей, новых компьютерных GIS- и GRID-технологий для совершенствования методов регионального геологического изучения и повышения их эффективности;

– завершить работы по созданию и переводу в режим мониторинга цифровой геолого-картографической информационной системы (на базе ГИС-Атласа) по всей территории России, расширению ее комплектности и интеграции ее ресурсов в международную систему геологической информации, направленных на создание цифровых бесшовных геологических основ масштаба 1 : 1 000 000 с врезками масштаба 1 : 200 000, пригодных для перевода государственного геологического изучения страны от режима полистных съемок в режим мониторинга.

Для внедрения в практику региональных геологических исследований новых технологий проведения полевых работ необходимы создание инициативной группы и постановка опытно-методических работ. Рекомендуется приобрести несколько карманных компьютеров Trimble GeoXM или Xplore iX104C, опробовать их и разработать методические рекомендации по их использованию. В дальнейшем, возможно, потребуются организовать курсы обучения пользователей. Новое поколение геологов, в небольшом числе поступающих в производственные организации, как правило, владеет компьютерными, в том числе ГИС-технологиями, но обладает чрезвычайно слабыми геологическими знаниями (часто не могут правильно приложить компас для измерения элементов залегания). Наряду с обеспечением полевого геолога новыми техническими средствами, не менее актуальна задача повышения профессионального уровня геологов-съемщиков. В противном случае существует опасность, что эффект от внедрения новых технических средств сведется к нулю.

Возможным направлением повышения отдачи мелкомасштабного геологического картографирования по результатам завершенных работ являются увязка и анализ геологического строения и минерализации крупных геологических структур. Такие основы созданы в большинстве стран и являются необходимым элементом эффективного обеспечения недропользователей информацией.

Повышению эффективности РГИ и ГСР также способствовал бы обмен опытом и современной информацией с зарубежными геологическими службами, в том числе с соседними государствами, на территории которых прослеживаются перспективные структуры. Совместные исследования и кооперация по различным направлениям геологических исследований показали высокую эффективность использования программ федерального, регионального и образовательного уровней. Совместные разработки способствуют овладению геологическим картированием и построению трехмерных моделей.

Сотрудничество могло бы носить различные формы по различным направлениям геологической деятельности: совещания, конференции, проведение совместных исследований по фундаментальным вопросам геологии, разработка унифицированных стратиграфических схем, увязка геологических структур по смежным территориям, создание сводных работ и др.

В отличие от большинства зарубежных стран в России сохраняется довольно низкий уровень обеспеченности государственных и муниципальных органов управления, корпоративных и частных потребителей данными о состоянии геологической среды, что в значительной степени приводит к существенным негативным социально-экономическим последствиям.

С целью повышения эффективности региональных геологических исследований в России и информирования населения о результатах работ было бы полезно провести анализ потребителей региональной геологической информации, повысить тиражи карт геологического содержания, уточнить направления их использования.

К числу нерешенных вопросов нормативного характера относится вопрос об использовании при составлении комплектов ГК-1000/3 геологической информации, получаемой за счет средств недропользователей (недоступна, неопределенна или сложна процедура получения такой информации). Несомненно, что её использование обеспечит более полный анализ геологической информации по изучению геологического строения, происхождения и эволюции Земли и приведёт к повышению достоверности прогнозов выявления месторождений полезных ископаемых.

При геологоразведочных работах особая роль принадлежит принципиально новым конструкторским решениям по созданию технических средств для поисков и разведки.

Для внедрения передовых научно-технических достижений в *области региональных геофизических исследований* необходимы следующие мероприятия:

- в связи с развёртыванием работ по ГДП-200, поскольку притока новой цифровой геофизической информации в ближайшее время не ожидается, провести инвентаризацию аналоговых материалов крупномасштабных аэрогеофизических съёмок и картографических материалов гравиметрических наземных съёмок, хранящихся в Росгеолфонде, с оценкой качества отчётных материалов, разбраковкой и рекомендациями к последующему использованию. Эта работа обеспечит правильное планирование создания опережающей геофизической основы ГДП-200 и истинное качество крупномасштабного аэрогеофизического материала. Результаты ревизии смогут стать основанием для успешного планирования современных аэрогеофизических работ;

- выделить цифровую геофизическую информацию в специфический вид информации, имеющей самостоятельное значение;

- выработать стратегию организации хранения цифровой геофизической информации, полученной как в ходе непосредственных геофизических измерений в цифре, так и в ходе оцифровки данных, выполненной в процессе ведения различных тематических работ. Это необходимо для пресечения дублирования оцифровочных работ, оперативного пользования и обмена данными;

- поддержать (на конкурсной основе) отечественных разработчиков и производителей геолого-геофизической аппаратуры для проведения наземных геофизических измерений и наблюдений с воздуха;

- создать новые геофизические средства для поисков и разведки месторождений полезных ископаемых на основе достижений смежных наук – математики, физики, автоматики, телемеханики и приборостроения, криогенной и микропроцессорной техники.

Основным видом геофизических исследований в экономически развитых зарубежных странах являются аэрогеофизические методы, сейсморазведка, электроразведка, радарные съёмки.

Постоянно улучшаются и расширяются характеристики оборудования, совершенствуются технологии обработки снимков. Достаточно сказать, что новейшие зарубежные аэрофотокамеры любых производителей, по результатам различных исследований, дают разрешение на местности менее 5 см. Все больше применяются беспилотные летательные аппараты. Очевидно, и в России следует более активно развивать беспилотную авиацию, дополняя и заменяя пилотируемые средства. При всех плюсах беспилотников (мобильность, дешевизна и т. д.) основными проблемами их использования является неустойчивое положение аппарата в воздухе, легализация и безопасность полетов.

Необходимо дальнейшее развитие аэрогеофизических аппаратурно-технологических комплексов, многоканальных телеметрических систем регистрации, геофизической аппаратуры на основе сверхпроводящих квантовых интерференционных датчиков и ряда других направлений. Применение аэрокосмических методов разведки, как правило, приводит к урезанию 80–90% контрактной площади для разведки стандартными средствами на последующих этапах.

Анализ региональных геофизических исследований, проводимых за рубежом, показывает, что геологические службы, сервисные компании во многих странах (Канада,

Финляндия, Великобритания, США, Австралия и др.) при изучении земных недр широко применяют комплексирование разных геофизических методов.

Необходимость комплексирования геофизических методов обусловлена тем, что каждый из них, во-первых, теоретически некорректен, т. е. малым изменениям сигналов от изучаемых объектов могут соответствовать большие изменения их физико-геометрических параметров. Закономерность эта известна как принцип эквивалентности. Во-вторых, по мере увеличения глубинности разведки уменьшается отношение величины сигнала к уровню геологических и технических помех. Несмотря на совершенствование методов, отношение сигнал/помеха увеличивается слабо. По этим причинам определение геометрических и физических параметров аномалиесоздающих объектов неоднозначно. Для ограничения некорректности необходима дополнительная информация – применение ряда методов с разными физическими основами, уровнем некорректности и точности разведки. Необходимо использование параметрических скважин, с помощью которых можно определить петрофизические характеристики объектов, уточнить их геометрические размеры. Повышение точности съемок, использование накопления сигналов, применение сложных компьютерных способов обработки и комплексирование методов обеспечивают рост роли геофизики в региональных исследованиях. Несмотря на высокую стоимость, особую роль в зарубежной практике играют банки данных петрофизической информации. Определение физических свойств пород позволяет устранить или уменьшить действие принципа эквивалентности.

Целью геофизического комплексирования является выбор такого комплекса методов, который может обеспечить однозначное решение поставленной геологической задачи, т. е. получение минимальной погрешности в определении местоположения, геометрии разведываемых объектов и достоверной расшифровки их физических свойств.

При выборе комплексов руководствуются определенными методологическими приемами, т. е. наиболее рациональной методикой проведения работ и интерпретацией материалов, а именно, проведением работ от общего к частному; от мелких масштабов к более крупным; от изучения больших площадей (попланшетное картирование) к разведке перспективных участков; от сравнительно быстрых (аэрокосмических, морских) к детальным полевым и подземно-скважинным методам; повторением съемок более точной аппаратурой по более густой сети наблюдений; переходом от интерпретации данных каждого отдельного геофизического метода к комплексной компьютерной обработке всех материалов; от качественного геологического истолкования материалов к количественному с использованием петрофизической информации.

Разработка теории и методологии комплексирования (разнометодной, многоуровневой, геолого-геофизической) – проблема сложная и решается на основе разнообразных информационно-компьютерных технологий.

На первый план выдвигается системный подход к изучению недр, который предполагает формулировку решаемых геолого-геофизических задач; оценку физико-геологических условий района и установление связей геолого-геофизических свойств; выбор рациональной методики, техники, систем наблюдения, масштаба, точности всей совокупности геолого-геофизических работ, необходимый для достижения целей и решения поставленных задач; разработку стадийности, последовательности как геофизических, так и проверочно-эталонных геологических работ; построение физико-геологических моделей для изучаемого района, их последовательное уточнение в ходе интерпретации; выдачу конечных материалов с оценкой их точности, геологической и экономической эффективности и т. п.

В соответствии с основными проблемами и требованиями, предъявляемыми к картографической продукции, с учётом современных научных, методических и технологических разработок геологических служб зарубежных стран и основными направлениями дальнейших исследований при проведении региональных геолого-геофизических и геологосъемочных работ, следует продолжить разработку рационального комплекса геологических, геофизических и геохимических методов поисков, а также аппаратуры, обеспечивающей увеличение глубинности исследований, точность и достоверность структурных построений.

Основной тенденцией в мире современного этапа геологического изучения является переход к объемному картографированию. Решение этой проблемы в России невозможно без широкого привлечения материалов, полученных при создании государственной сети опорных профилей. Методико-технологические схемы полевых работ, обработки и интерпретации геофизических материалов по опорным профилям за последнее десятилетие вышли на принципиально новый уровень. Постоянно совершенствуются методико-технологические приемы создания и представления глубинных структурно-физических моделей, в том числе и в объемном варианте. Большинство этих разработок апробировано на материалах по фрагментам опорных профилей, характеризующих различные геологические ситуации. В то же время весь этот богатый опыт и принципиально новые результаты рассредоточены в производственных отчетах, частных публикациях и т. д. и не находят широкого применения при создании ГГК-1000 и -200 и мелкомасштабном геологическом картографировании, поэтому необходима тесная увязка результатов работ по опорным профилям и мелкомасштабному геологическому картографированию.

Основным видом выполняемых работ являются геофизические методы: сейсмическое профилирование МОВ ОГТ, непрерывное сейсмоакустическое профилирование, многолучевое эхолотирование и донное опробование для изучения верхних горизонтов чехла, оценки неотектонических движений, а также проведение ГСЗ по профилям, пересекающим области с аномально пониженной мощностью земной коры, которые могут дать сведения об океанической коре, что представляется принципиально важным.

Для определения положения профилей могут быть использованы структурно-тектоническая и геодинамическая модели Арктического бассейна и концепция его развития, составленные сотрудниками ВСЕГЕИ. Необходимо создание интегрированных моделей глубинного строения рудных районов и формирования земной коры.

В результате теоретических и экспериментальных исследований, выполненных организациями Минприроды России и РАН по разработке современной методики глубинных сейсмических исследований, сформулированы технологические требования и критерии оптимальных систем наблюдений, источников возбуждения и регистрирующей аппаратуры при профильных работах. Получены уникальные экспериментальные данные по динамике состояния горных пород. Выявлены существенные отличия сейсмического волнового поля, наблюдаемого в трещиноватой зоне и вне её, определены параметры, однозначно характеризующие особенности процесса консолидации среды. Обработанный полевой материал показал, что основная информация сосредоточена в вариациях динамических параметров сейсмической записи как в условиях активного, так и пассивного мониторинга.

Новая технология исключает негативные стороны традиционной технологии, обеспечивает возможность широкого развития этих работ в любых условиях, в том числе в промышленных зонах, на территориях заповедников, ГЭС, АЭС и пр. Она основана на многоволновых детальном глубинных сейсмических исследованиях по системам наблюдений с многократными перекрытиями, с использованием мощных вибрационных источников, обеспечивающих генерацию сейсмических волн с высокой стабильностью излучения, а также автономных регистраторов. Мощные 40–60-тонные вибраторы обеспечивают получение вибросейсмических записей на удалениях до 300–350 км, не уступающих по качеству записям от мощных взрывов весом в 2–3 т тротила в скважинах и водоемах. Они прошли строгую проверку и успешно используются для изучения глубинного строения земной коры и верхней мантии на геотраверсах востока России. При использовании описанных вибраторов при проведении геолого-геофизических работ получен ряд новых сведений о детальном распределении скоростей в земной коре и верхней мантии, гипсометрии поверхности Мохоровичича, позволяющих делать важные выводы о строении и эволюции структуры региона, о соотношении глубинных горизонтов земной коры и поверхностной структуры, обосновать глубинную модель региона и оценить с этих позиций металлогенический потенциал территории востока России.

Именно внедрение современных технологий сегодня – первоочередная задача развития региональных, геологосъёмочных, поисковых, тематических исследований. Новые технологии, методы геологических исследований глубинного строения, изотопно-геохи-

мические исследования возраста, времени образования, длительности, последовательности формирования руд определяют возможности значительного увеличения эффективности региональных геологосъемочных, поисковых, специализированных геофизических, геодинамических, металлогенических и тематических работ, ориентированных на оценку перспектив рудоносности территорий.

В мировой практике нарастающими темпами происходит переход к аппаратуре пятого поколения, широчайшему использованию компьютерных технологий, возможностей спутниковой GPS и ГЛОНАСС навигации, волоконно-оптических систем и других научно-технических достижений.

Большое значение за рубежом имеет разработка аппаратуры для прямых методов поисков, в том числе объемной сейморазведки с применением принципов голографии. Для изучения глубинного строения земной коры создаются мощные источники возбуждения, такие как МГД-генераторы, лазерные системы и новые принципы детектирования параметров физических полей. С целью совершенствования передачи геофизической информации разрабатываются новейшие системы телеметрии, в том числе спутниковая связь.

В то же время в России опытно-конструкторские работы по созданию новой техники для геологической отрасли практически прекращены. Подавляющее большинство аппаратурно-технических средств, применяемых при производстве основных видов глубинных геофизических исследований, закупается за рубежом. Причина такого положения – состояние нашей экономики конца 80 – начала 90-х годов, приведшее практически к развалу отечественного геофизического приборостроения.

Засилье импортной техники в области технико-технологического оснащения глубинных геофизических исследований порождает целый ряд серьезных проблем различного характера, в том числе и касающихся вопросов обеспечения государственной безопасности в сфере природных ресурсов. Преодолеть имеющееся отставание и зависимость от зарубежных поставщиков, создающих угрозу экономической безопасности страны, и одновременно обеспечить себе передовые позиции на мировом уровне можно и нужно за счет государственных инвестиций в НИОКР и развертывания в кратчайшие сроки промышленного производства лучших отечественных разработок.

Обязательные условия успешного выполнения проводимых геологосъемочных работ:

- развитие интегрированных информационно-аналитических систем на базе ГИС-технологий;
- внедрение в практику морских геологосъемочных работ неглубокого бурения (до 100 м) на ключевых участках, что позволит приблизить задачи геологической съемки к ресурсной составляющей.

Морское бурение является основным способом геологической заверки материалов геофизических исследований и получения информации о составе, возрасте, свойствах пород и связанных с ними полезных ископаемых.

Для продолжения работ в океане требуются проектирование и строительство трех-четырёх современных научно-исследовательских судов (НИС), способных выполнять геологические работы в глубоководных областях. В качестве временной меры может быть коренная модернизация имеющихся судов, если она возможна с технической точки зрения. Для работ на мелководье необходима серия малотоннажных многоцелевых научно-исследовательских судов, стационарно оборудованных комплексом геолого-геофизического оборудования, соответствующих современным требованиям проведения геолого-геофизических работ. Для повышения эффективности использования и удешевления стоимости содержания таких судов целесообразно рассмотреть возможность их использования с другими ведомствами, к примеру, Росгидрометом, РАН и др.

Необходимо существенное совершенствование методики геологической съемки шельфа. Требуется переход к базовой роли существующих методов площадного геофизического сканирования морского дна на ключевых участках шельфа с последующей заверкой их прямыми геологическими методами. Современное развитие цифровых геофизических комплексов (высокоразрешающая сейсмоакустика, гидролокация бокового обзора, многолучевые эхолоты (с использованием бэкскатеров), подводные необитаемые роботизированные

аппараты, усовершенствованные навигационные системы, новые средства пробоотбора коренным образом изменили методику геологических работ на шельфе. Узаконенная инструкциями, требованиями, методическими рекомендациями и т. д., принятыми в настоящее время в Российской Федерации, она в значительной мере устарела. Производство собственного навигационного, промерного и геолого-геофизического оборудования для изучения шельфовых областей в России находится на крайне низком уровне. Лишь единичные мелкие частные компании, к примеру, Интершельф (видеотехника), Геотехника (средства пробоотбора), Спектр-Геофизика (сейсмоакустические комплексы) и др. производят небольшие партии оборудования, в целом отстающие по уровню разработок и надежности от их зарубежных аналогов.

Необходимо на конкурсной основе стимулировать проектирование, разработку и внедрение современных отечественных геолого-геофизических комплексов для изучения геологии шельфовых и глубоководных областей. Потребителями такой аппаратуры могут стать не только геологические организации, но и подразделения МЧС, ВМФ, а также частные компании и т. д.

В России в стадии разработки находится методика геологического изучения и картографирования береговых зон. Геологическая съемка шельфа, как правило, ограничивается изобатами моря 5–10 м, а геологическая съемка суши естественно ограничивается береговой линией. Таким образом, во многом береговая зона остается малоизученной или вообще неизученной. Это связано также с юридическими и законодательными проблемами в береговых зонах, когда территория суши относится к субъектам Федерации, а морское дно от уреза воды находится в ведении федерального правительства. Геологические работы в береговой зоне тормозятся также разграничением полномочий между Роснедра и Росводресурсы. Совершенно очевидна необходимость проведения специального районирования прибрежного шельфа России и ее приморских территорий с выделением первоочередных для освоения площадей проведения среднемасштабных (крупномасштабных), новых по содержанию геологосъемочных работ. Будут созданы принципиально новые комплекты ГГК в рамках «береговой серии» в масштабах 1 : 50 000 – 1 : 100 000. При сохранении минерально-сырьевой значимости такой работы круг ее потребителей выйдет далеко за пределы геологоразведочной отрасли.

В России сегодня практически исчерпан фонд легкооткрываемых месторождений. Открытие новых месторождений с каждым годом становится все более сложным и дорогим. Поиск новых месторождений – это рискованные, высокочрезвычайно затратные в финансовом отношении проекты со сроками реализации 10–15 лет. Все это не привлекает иностранных и отечественных инвесторов.

Главной проблемой прогнозно-поисковых *геохимических работ* стала необходимость опознания закрытых и полужакрытых территорий, на которых традиционные методы поисковой геохимии недостаточно информативны или вообще неэффективны. Необходимо развитие прогнозно-поисковых геохимических технологий в направлении увеличения глубинности прогноза и поиска месторождений, особенно при наличии экранов, перекрывающих рыхлые отложения, а также для повышения надежности оценки типа и параметров прогнозируемых рудных объектов.

И в России, и за рубежом в последние годы отчетливо проявляется тенденция развития таких модификаций геохимических методов, которые используют прецизионный высокочувствительный анализ специфических, подвижных и слабозакрепленных форм нахождения элементов в верхней части геологической среды. Основополагающую роль при проведении геохимических исследований играет возможность оперативных аналитических работ.

В мире существует более 150 инструментов или минералогических анализаторов типа QEMSCAN. Минералогический анализатор QEMSCAN эффективно используется при проведении региональной геохимической съемки, покрывающей 100 000 км² Северного Пакистана. Отобранные пробы анализировались традиционными методами ICP-MS и XRF и проводились детальные исследования любых зерен золота, найденных в намытых концентратах. Проанализированы на QEMSCAN 16 проб и около 6000 зерен в каждой пробе при разреше-

нии 6 мкм. Определены процентное содержание каждого минерала, матрица, показывающая ассоциацию с другими минералами на основе примыкающих пикселей, и размер зерен. Изображения всех зерен получены с использованием рентгеноспектрального электронно-зондового микроанализа. Результаты были представлены для 34 классов минералов, выбранных по первичному качественному SEM. Исследования отложений потоков позволяют определить области распространения вторичной минерализации.

Как только больший объем геохимических данных стал доступен благодаря достижениям в геохимическом опробовании и аналитических технологиях, включая различные сенсорные технологии и портативные устройства, которые могут создавать полуколичественные геохимические данные с высоким пространственным разрешением, геохимические данные перестали быть только данными образцов из конкретных точек. Вместо этого геохимическое покрытие ландшафта и изображений стало источником геохимической информации. Сегодня новые и специализированные аналитические технологии сильно нуждаются в обработке геохимических изображений и в пространственных моделях, содержащих огромное количество информации. Поэтому при геохимических работах должны развиваться не только новые технологии анализа данных, но и технологии, способные конвертировать многомерные геохимические данные в 2D–3D пространственные карты, показывающие пространственные взаимоотношения геохимических данных; географически взвешенную регрессию (GWR) и пространственно взвешенный анализ главных компонент (SWPCA), которые принимают в расчет местоположение и географические особенности отобранных образцов. Эти пространственно взвешенные многовариантные модели позволяют создавать локальные регрессии для характеристики пространственной изменчивости взаимоотношений между элементами и их пространственным распределением. Они работают с последовательными классификаторами, что в конечном счете позволяет интерпретировать геохимические аномалии. Новым методом интерполяции единичных данных за рубежом является также метод управления данными без допущений.

В составе материалов 34-й сессии МГК практически отсутствуют работы, выполненные без применения современных *изотопно-геохимических и изотопно-геохронологических* методов для определения возраста, происхождения и тектонической природы магматических и метаморфических комплексов.

Наиболее важные задачи: определение времени застывания магматических тел по различным изотопным системам, выявление деятельности флюидных систем, процессов всплывания метаморфических комплексов, формирования ювенильной коры и ее метаморфической переработки, тектонических деформаций.

Заслуживают внимания и новые методы датирования четвертичных геологических объектов. Были представлены возможности датирования карбонатных пород на Nu Plasma мультиколлекторном масс-спектрометре с индуктивно-связанной плазмой методом урановых серий в университете Квинсленда. Масс-спектрометр позволяет измерять исключительно молодые образцы (от 0 до 500 лет), причем показания зависят от динамического диапазона $^{232}\text{Th}/^{230}\text{Th}$, т. е. от возраста и чистоты образцов. Этот метод очень полезен для изучения палеоклимата, палеосреды и в археологии.

В том же университете датирование методом «урановых серий» применяется для определения возраста карбонатов, заполняющих трещины и брекчии, что очень важно для понимания сложного взаимодействия сейсмических циклов и флюида. История дегазации CO_2 очень важна для изучения сейсмических событий и палеоклимата. Представляется перспективным дальнейшее усиление вклада российских ученых в решение задач по палеоклимату и палеоатмосферному CO_2 (IGCP № 506) с привлечением специалистов по изотопной геохимии. Навыками работы и хорошим приборным парком для решения таких задач обладают ученые ЦИИ ВСЕГЕИ.

В университете Мельбурна проведены работы по преодолению возрастного лимита U-Th геохронометра (500 тыс. лет) и применению U-Pb схемы, позволяющей измерять возрасты древних спелеотем в диапазоне 0,3–1,5 млн лет. Спелеотемы являются уникальным архивом палеоклимата и изменений в палеосреде. Проводятся работы на Nu Plasma мультиколлекторном масс-спектрометре с индуктивно-связанной плазмой по использо-

ванию U-U (^{238}U — ^{234}U) геохронометра. Техника U-Th датирования на масс-спектрометре с индуктивно-связанной плазмой также применяется для датирования пластинок сталагмитов с возрастом 300 лет с разрешением 1 год. Этот метод, представленный Национальным университетом Тайваня, позволяет реконструировать палеоклимат с высоким разрешением. Представлены работы по уточнению шкалы инверсий магнитного поля Земли, также интегральных мультихронометрических возрастов для трех смен знака магнитного поля в плейстоцене для смены Матуяма-Брюнес и для субхронов Кобб и Реюнион.

В Австралии, Канаде, США и других странах широко используют самые разнообразные методы датирования горных пород (U-Pb, Sm-Nd, Rb-Sr, Re-Os и др.), изучаются соотношения между различными изотопами (Pb, Nd, Sr, Hf, W и др.), что позволяет определять как возраст процесса, так и природу магм. Показано, что для большей достоверности такие исследования необходимо сопровождать высокоточными геохимическими работами, например, изучением распределения редкоземельных элементов. Аналогичные исследования в объектах размером 5–10 мкм позволяют проводить исследования на уровне зон отдельных зерен, последовательно нарастающих при магматических и метаморфических процессах. Особо следует отметить изучение микроскопических включений для понимания сущности процессов, происходящих в нижней коре и мантии, что имеет первостепенное значение для металлогении.

Ускоренное развитие и расширение возможностей геохимических и изотопных методов в геологии связаны с обеспечением качества аналитических работ.

С момента создания ЦИИ ВСЕГЕИ (возраст оборудования в ЦИИ составляет более 12 лет) новое оборудование, особенно для локальных изотопных исследований, значительно изменилось. Фирмы-изготовители оборудования достигли значительного прогресса:

- улучшена локальность вторичноионных масс-спектрометров (размер пятна от 5 мкм);

- значительно изменены схемы и функции электронных блоков во всех типах приборов;

- улучшены параметры систем лазерного пробоотбора (используются более эффективные абляционные ячейки, что существенно повышает чувствительность и точность анализа). Использование новых типов (фемто-) лазеров (более короткие импульсы) также позволяет повысить точность измерений;

- значительно повышены точность и чувствительность ИСП масс-спектрометров Нептун за счет применения новых, значительно более высокопроизводительных насосов для откачки межконусного пространства, а также за счет новых решений в системе регистрации – комплектации по усмотрению заказчика разными типами (коллекторы Фарадея, вторичные электронные умножители, разные номиналы входных сопротивлений).

Это позволило зарубежным фирмам-производителям существенно улучшить аналитические параметры. На новом оборудовании значительно расширены возможности выполнения измерений в автоматических режимах, что повышает производительность работы оборудования. Необходимость модернизации и обновления парка инструментов ЦИИ становится все более актуальной.

Широко распространены за рубежом портативные рентгеноспектральные флуоресцентные приборы (XRF), необходимые для полевого анализа при геохимических исследованиях. Сегодня переносной XRF – это инструмент для разнообразных геохимических и горных исследований, от геологической разведки до анализа рудных концентраций.

Первоначально переносные XRF позволяли определять только тяжелые элементы, что ограничивало их применимость для ряда исследований. С появлением переносных XRF инструментов на основе технологии кремниевого дрейфового детектора (Silicon Drift Detector – SDD) аналитические возможности аппаратуры возросли, новые переносные XRF инструменты на основе SDD позволяют обнаруживать более низкие концентрации чем раньше и увеличивать точность анализа.

При картировании того или иного геологического образования, пласта, жилы, интрузива, разлома, структурной дислокации, гидрогеохимической или петрофизической зоны важно непосредственное изучение их пространственных и вещественных проявлений.

В «открытых» районах, где распространенность и мощность рыхлых отложений и почвенно-растительного покрова незначительны, это достигается путем сплошного полевого исследования естественных обнажений горных пород и дешифрирования данных дистанционного зондирования. Материалы дистанционной съемки в данных условиях легко применимы и дают однозначную интерпретацию.

Дистанционное зондирование. Следует продолжить активные разработки методом диагностики состава геологических комплексов по их спектральным отражательным характеристикам. Это направление открывает широкие возможности определения дистанционными методами состава горных пород, почв и геохимических аномалий растительного покрова, в том числе на участках развития околорудно-изменённых пород, что приближает решение задач прямых поисков рудных месторождений. Есть примеры успешного распознавания карбонатных, глинистых и рудных минералов с космических орбит. Важным методическим направлением этих работ является комплексирование лабораторных, наземных воздушных (с помощью самолётов-лабораторий) и спутниковых спектрометрических измерений. Необходимо совершенствовать аппаратуру многоканальной космической съёмки с высоким пространственным разрешением (до 5–10 м) и большей частью повторяемости снимков для обеспечения возможности оперативного мониторинга современных геологических процессов.

Основной целью использования ДДЗ в работах по геологическому изучению недр России является повышение информационных и прогностических качеств разномасштабных карт геологического содержания, а также обеспечение оперативного мониторинга геологической среды.

В условиях закрытости и труднодоступности большей части территории применение ГИС-технологий с использованием ДДЗ дает возможность на основе специальных обработок получать новую и детализировать имеющуюся геолого-структурную информацию с целью актуализации геологических карт, существенно снизить себестоимость прогнозно-поисковых работ за счет локализации районов прогнозных исследований и площадей поисковых работ на полезные ископаемые, поднять на качественно новый уровень геологоразведочные работы.

Рекомендуются апробированные и новые методики и технологии:

- применение инновационной технологии обработки и прогнозной интерпретации аэро- и космических гиперспектральных изображений совместно с геохимическими материалами в перспективных металлогенических районах с целью выявления зон околорудных изменений горных пород. Зарубежный опыт показывает, что наукоемкие технологии проведения геологоразведочных работ, в которых гиперспектральные космические снимки ASTER являются важным источником вещественной информации, дают положительные результаты при прогнозировании месторождений меди, свинца, цинка, вольфрама, серебра, урана, алмазов, редкоземельных минералов и т. д.;

- разработка технологии построения 3D моделей вещественно-структурных неоднородностей чехла и фундамента нефтегазоносных бассейнов на основе геоиндикационных данных несейсмических методов с целью изучения глубинного строения труднодоступных районов, слабоизученных геолого-геофизическими методами;

- создание на базе многоспектральных данных высокого разрешения (QuickBird, WorldView-1 и -2, GeoEye-1 (США), SPOT 5 (Франция), ALOS (Япония) изображений формата 3D с использованием ЦМР и компьютерной технологии исследования территории с разных направлений и под разными углами. Такая технология особенно эффективна для составления карт четвертичных отложений, геоморфологической, эколого-геологической и геологических опасностей в комплексах Госгеолкарты-1000/3 и -200/2. Цифровые модели рельефа позволяют вычислять различные количественные характеристики рельефа (крутизну склонов, экспозицию склонов и др.) и количественную оценку изменений, происшедших в результате ЭГП;

- разработка технологии выделения спектральных аномалий, отражающихся на гиперспектральных аэро- и космических данных, и выявление их связи с геохимическими аномалиями в почвах и растительности, обусловленных подтоком флюидов, мигрирующих от залежей углеводородов;

– разработка методики использования космических многоспектральных (Ресурс-ДК1 и Канопус (Россия), IKONOS, QuickBird, WorldView-1 и -2, GeoEye-1 (США), SPOT 5 (Франция), ALOS (Япония), Cartosat-1, ResourceSat (Индия), EROS (Израиль) и радиолокационных (RADARSAT-1 и -2 (Канада), ENVISAT (США), TerraSAR-X, TanDEM-X (Германия), Envisat (ESA)) снимков высокого разрешения, получаемых в оперативном режиме при ведении мониторинга геологических опасностей и экзогенных геологических процессов.

Для поисков и разведки месторождений полезных ископаемых большую роль призвано сыграть применение новых космических информационных нанотехнологий. Только их опережающее развитие способно обосновать надежный прогнозный фонд открытия месторождений, рациональное их использование и соблюдение норм охраны окружающей среды.

Определилась новая общемировая тенденция в развитии региональной геологической картографии – перевод существующих цифровых геологических карт в многоцелевые интегрированные геолого-картографические системы (проект OneGeology). Этот подход обеспечит максимальную эффективность использования картографической информации, доступ и научную гармонизацию картографических данных по всему миру. Поэтому уже сегодня требуется интеграция серийных легенд как основы для создания единой «бесшовной» полимасштабной карты территории России.

Переход к цифровому картированию и 3D моделированию во многих странах все больше охватывает непосредственно полевые работы, связанные с геологическим картографированием в крупных масштабах (Япония, Китай, Великобритания, Швейцария, Финляндия, Австралия). Оцифровка полевых данных рассматривается как составная часть развития информационных систем. Данные наблюдений и базовые карты создаются с использованием ГИС-технологий уже в поле, что позволяет быстро интегрировать их в централизованные базы данных. Очень важно при этом использование стандартизированных номенклатур и классификаций.

Выявлены основные общемировые тенденции развития *информационных технологий* в области решения теоретических и прикладных геологических задач. Для российской геологической службы приоритетными в области информационных технологий являются следующие направления:

- внедрение и локализация стандартов OGS (WMS, WFS, WPS) и IUGS (GeoSciML, EarthResursML и пр.) для создания отраслевых информационных систем;
- продолжение работ по созданию единой базы данных государственных геологических карт территории России и ее континентального шельфа;
- создание БД картируемых подразделений ГГК масштабов 1 : 200 000 – 1 : 1 000 000;
- разработка взаимоувязанной методики, технологии и комплекса программно-аппаратных средств электронного геологического картосоставления.

Внедрение и локализация стандартов OGS (WMS, WFS, WPS) и IUGS (GeoSciML, EarthResursML и пр.) для создания отраслевых информационных систем позволит, во-первых, более эффективно организовать взаимодействие между создаваемыми и ведущимися в режиме мониторинга крупными информационными системами Роснедра, во-вторых, обеспечит программно-технологическое взаимодействие с информационными ресурсами в рамках международных проектов, в-третьих, использование уже готовых стандартов и их локализация обеспечат существенное снижение затрат на их разработку.

Использование спецификаций IUGS GeoSciML v.3 и EarthResursML 2.0 обеспечит, во-первых, содержательную корреляцию российской геологической информации в рамках глобальных проектов; во-вторых, использование готовых структур в качестве прототипов и последующее формирование на их основе единой терминологической базы унификации данных крупных отраслевых информационных систем.

Продолжение работы по созданию единой базы данных ГГК территории России и ее континентального шельфа – одна из важнейших задач ГС всех развитых стран мира. Создаваемые базы данных геологических карт становятся основой для формирования бесшовных геологических покрытий и переходу к «безбумажному» представлению геологических карт. Для России, учитывая ее огромную территорию, эта задача особенно актуальна, поскольку единая

база данных государственных геологических карт территории России и ее континентального шельфа обеспечивает технологические предпосылки для формирования единого бесшовного покрытия территории страны, интеграции материалов геологических карт и легенд серий листов и переводу процесса геологического картирования от полистных съемок к режиму мониторинга. Как показывает опыт развития подобных проектов в зарубежных странах, нами выбрано нужное направление, необходимы его поддержка и внедрение.

Создание БД картируемых подразделений ГГК масштабов 1 : 200 000 – 1 : 1 000 000, как показывает анализ зарубежного опыта, существенно облегчает задачу по организации геологического картирования (и изучению) обширных территорий. Базы данных, опубликованные в виде интернет-ресурсов, есть практически у всех ведущих геологических служб мира (в Австралии, например, она ведется с 1947 г. сначала в виде картотеки, сейчас в виде раздела официального сайта Geoscience Australia). Официальная база данных картируемых подразделений обеспечит доступность, однозначность, полноту и актуальность информации по всей территории России, позволит проводить ее мониторинг и предоставит возможность использования апробированных данных о геологических подразделениях как при проведении геологического картирования, так и при создании любых информационных систем.

Взаимоувязанные методики, технологии и программно-аппаратные средства электронного геологического картосоставления, продемонстрированные на конгрессе, представляют собой законченный комплекс аппаратных, методических и программно-технологических решений, обеспечивающих получение и обработку цифровой геологической информации на всех этапах геологических исследований – от полевых работ до подготовки окончательного отчета.

Разработанные и адаптированные аппаратные средства, увязанные с ними технологические решения и методические подходы позволяют в полевых условиях, на месте, провести обработку первичной геологической информации: привязку маршрута и конкретного обнажения, его документирование, учет опробования, подготовку абрисов и зарисовок, онлайн-загрузку ДДЗ и их дешифрирование на месте, получение справочной информации и т. д. Такой комплексный подход позволяет геологу создавать цифровую информацию непосредственно в процессе полевых работ, исключает ее искажение и потерю при переводе в цифровой вид, обеспечивает существенное снижение трудозатрат при дальнейшей ее обработке. Очевидно, что технические и аппаратные решения в этой области не могут быть оторваны от технологии геологического картосоставления, методических приемов, используемых для дальнейшего анализа и обобщения материалов. Существенное повышение эффективности работ в этой области дает применение программных средств, базирующихся на единой платформе, обеспечивающих непосредственное (без предварительной/последующей конвертации) использование цифровых геологических данных на всех этапах проведения работ, унифицированных стандартов обмена геологической информацией, системной организации хранения цифровых геологических материалов.

Мониторинг состояния геологической среды. Для внедрения передовых научно-технических достижений в области мониторинга состояния геологической среды необходима разработка концепции, определяющей общую стратегию изучения опасных геологических процессов в рамках всей страны. После разработки такой стратегии (концепции, программы) целесообразно создание единого электронного пространства первичной оперативной информации данных мониторинга состояния геологической среды, а возможно, единой системы оперативной и впоследствии окончательной обработки данных. Единая система электронного пространства должна базироваться или быть соединена прямыми связями с региональными базами данных по опасным геологическим процессам, сопряженными с ГИС, которые бы учитывали геологическую, климатическую, урбанистическую и т. д. специфику регионов. В наиболее густонаселенных и (или) наиболее опасных с точки зрения проявления геологических процессов районах необходимо создание сетей постоянного наблюдения с разработкой автоматизированных систем представления в реальном времени данных наблюдений. Важнейшим фактором должны стать технологии скоростной передачи информации, например, от сейсмических станций, постоянных постов видеонаблюдения

и др., в региональные центры. Интегрированность систем разных уровней в единую необходима прежде всего для проведения автоматической обработки данных с оповещением об опасности в первые минуты.

На основе баз данных должны составляться и постоянно обновляться электронные оперативные карты опасных геологических процессов и связанных с ними рисков. Подобные базы данных в адаптированном виде должны быть открыты для потенциальных пользователей, не ограниченных рамками ведомств. На основании банков данных необходимо создание адаптированных карт геологических рисков, доступных и понятных широкому кругу пользователей, включая властные структуры, а также промышленные, строительные и т. д. компании, осваивающие территории.

Основной рекомендацией по совершенствованию работ эколого-геологической направленности является осуществление, как это делает ГС США, комплексных исследований на грани геологических, биологических, метеорологических и социальных наук. Реализация таких проектов позволяет проследить всю цепь загрязнения окружающей среды, от источника загрязнения до вымирающих биоценозов и болеющих людей. При современном положении дел такие проекты возможны только в Академии наук, за счет грантов РФФИ и в международных проектах.

Необходима поддержка (на конкурсной основе) отечественных разработчиков и производителей геолого-геофизической аппаратуры для проведения мониторинговых наблюдений за состоянием геологической среды.

Сравнительный анализ состояния работ и результатов российских и зарубежных исследований по изучению и *прогнозу опасных геологических процессов и явлений, в том числе землетрясений*, позволяет выделить в качестве приоритетных следующие задачи:

- создание новых и совершенствование существующих физических и математических моделей и технологий, отражающих быстрые и медленные изменения в природной среде;
- разработка модели процесса подготовки катастрофических землетрясений, создание моделей подготовки и развития катастрофических землетрясений должны осуществляться по двум направлениям: первое – реконструкция сеймотектонических ситуаций и механизмов очагов применительно к конкретным сейсмоактивным регионам с учетом триггерных механизмов; второе – моделирование сейсмогенных эффектов в геофизическом, гидрогеодеформационном и т. д. полях с обязательным учетом анизотропии и различной проницаемости среды;
- построение типовых геодинамических моделей для различных сейсмоактивных регионов с обязательным учетом зависимости сейсмогенных эффектов от геологического и тектонического строения;
- развитие математических моделей и экспериментальных методов анализа геофизических явлений, отражающих условия зарождения и протекания катастрофических процессов;
- изучение очагов землетрясений, поверхностно-волновая томография и исследование процессов отмирания и возникновения зон субдукции;
- изучение процесса формирования потенциального очага землетрясения: аналогия с фазовым переходом и компьютерное моделирование;
- определение оптимального комплекса наблюдаемых параметров напряженно-деформированного состояния геологической среды и потенциальной активизации землетрясений, исходя из анализа отечественного и зарубежного опыта;
- изучение в режиме реального времени тонкой структуры разномасштабных сейсмических процессов на территории России с целью создания параметрической основы для разработки и совершенствования методов прогноза землетрясений;
- разработка структурно-тектонических моделей геодинамических процессов в зонах активного орогенеза;
- изучение динамики сейсмического процесса и очагов землетрясений, моделирование и прогноз;
- разработка технологии использования комплекса перспективных предвестников катастрофических событий, долгосрочных, среднесрочных, краткосрочных (оптимальная

схема размещения пунктов наблюдений, комплекс наблюдаемых параметров, частота опроса сети, связь с обрабатываемыми центрами);

– разработка технологической схемы и комплекса исследований по прогнозу землетрясений.

Среди новых методических подходов перспективной представляется методика комплексной оценки напряженно-деформированного состояния земной коры и краткосрочного прогноза сейсмотектонической ситуации, разработанная «Кавказгеолсъемкой», содержащая несколько уровней обработки и комплексирования гидрогеологических, газогидрохимических, геофизических данных с учетом приливных и барометрических сведений, а также динамики солнечной активности. Во ФГУГП «Кавказгеолсъемка» разработаны методика выделения фоновых и аномальных прогнозных значений гидрохимических и гидродинамических показателей сейсмической активности; построения полей напряженности геологической среды; выделены некоторые виды реакции геосферы на космогенные факторы, в том числе солнечные затмения и специфические особенности предвестниковых эффектов естественного электромагнитного поля Земли и электросопротивления горных пород. Проведена типизация сейсмогенных предвестниковых аномалий с учётом влияния атмосферного давления, осадков и космогенных факторов.

В области геологоразведочного бурения усиливаются разработки новых методов разрушения горных пород, более эффективных, чем применяемые сейчас, по оптимизации и автоматизации управления технологическими процессами с помощью микропроцессоров, механизации трудоемких процессов, внедрению роботов и манипуляторов, решению проблем управления буровыми работами на объекте.

Минералогенические исследования. Современные методы прогноза, поисков и освоения минерально-сырьевых ресурсов России, когда база легкодоступных, выходящих на поверхность рудных скоплений в значительной мере уже исчерпана, требуют совершенствования всего арсенала геологоразведочных методов. Требуется углубление теоретических знаний о процессах формирования полезных ископаемых, позволяющих использовать косвенные геологические, геохимические и геофизические данные, указывающие на перспективность открытия новых, в том числе нетрадиционных скоплений рудного вещества. Наиболее полный набор предложений по использованию передовых научно-технических достижений и разработок в области геологического изучения недр России и воспроизводства минерально-сырьевой базы рудных полезных ископаемых на основе материалов 34-й сессии МГК приведены в табл. 6.

Очевидно, что фундаментальной основой минералогенического анализа по использованию передовых научно-технических достижений и разработок является изучение закономерностей образования и размещения новых и традиционных типов месторождений, разработка их генетических моделей, выявление общих тектонических геодинамических, петрологических, геохимических, минералогических признаков и критериев. Разработка современных методов прогноза и поисков, основанных на фундаментальных закономерностях формирования и размещения крупных концентраций металлов, возможна только на базе прогрессивных методик, в том числе ГИС-технологий, пространственно распределённых банков и баз данных, геолого-генетических и прогнозных моделей рудных объектов различной масштабности. Учёт закономерностей размещения рудных провинций позволит выделить новые регионы для поисков рудных объектов, повысит эффективность прогнозных исследований за счет выделения более локальных площадей. При средне- и крупномасштабных геологосъемочных и прогнозных-металлогенических работах использование моделей рудообразующих геосистем рудных районов и месторождений даст возможность наиболее обоснованно локализовать площади проведения поисков. Наконец, учет дискретности рудогенеза и смена генетических типов рудообразующих процессов вследствие исторической эволюции геологических процессов позволят четко ориентировать поиски на определенные стратиграфические уровни, структурные обстановки локализации оруденения, прогнозировать ареалы развития оруденения и его вертикальный размах.

Таблица 6

Рекомендации по использованию передовых научно-технических достижений и разработок в области геологического изучения недр России и воспроизводству минерально-сырьевой базы рудных полезных ископаемых на основе материалов 34-й сессии МГК

Приоритетные направления	Состояние проблемы в России	Предлагаемые мероприятия
<p>Прогноз и поиски месторождений на основе рудно-формационного анализа</p>	<p>Методология рудно-формационного анализа создана отечественными металлогенистами в последней четверти прошлого века, но вследствие возникшего «информационного разрыва» между поколениями геологов ограничено используется в современной практике. Из материалов МГК-34 следует, что ведущие западные геологические школы интенсивно используют методы рудно-формационного анализа в металлогенических построениях для реконструкции палеотектонических режимов накопления рудоносных (рудовмещающих) толщ</p>	<p>Интенсификация использования методов рудно-формационного анализа и соответствующих методик при среднемасштабном прогнозе и геолого-поисковых работах</p>
<p>Комплексные рудно-магматические системы</p>	<p>Понятие рудно-магматических систем и их основные характеристики давно были разработаны отечественными исследователями и широко использовались в ряде регионов, в первую очередь в вулканоплутонических поясах. На МГК-34 были продемонстрированы подобные подходы, в частности к металлогении Китая и соседних территорий, что позволило расширить перспективы рудоносности</p>	<p>В отечественных работах необходимы анализ строения конкретных рудно-магматических систем и выявление рядов латерально-вертикальной и пространственно-временной металлогенической зональности – рядов месторождений с различным составом руд</p>
<p>Рудообразующие процессы и системы</p>	<p>Проблема была выдвинута отечественными геологами на МГК-28 (1989 г.), но до сих пор актуальна. Многочисленные исследования, выполненные за истекшие 20 лет, охватывают собственно гидротермальные процессы с реконструкцией состояния флюидов все более тонкими методами и методиками. В то же время процессы недостаточно сопоставляются с элементами систем в их геологическом выражении</p>	<p>Выявление отражений рудообразующих процессов в геологических событиях, рудообразующих и рудовмещающих структурно-вещественных комплексах как критериев и признаков рудоносности</p>
<p>Металлогения докембрия</p>	<p>Проблема имеет более чем вековую историю. В зарубежных докембрийских комплексах в ряде стран выявлено значительно больше рудных месторождений, чем в совозрастных образованиях России</p>	<p>Целесообразна современная реинтерпретация металлогении докембрийских комплексов, развитых в РФ. Первоочередной интерес представляет выявление сульфидоносных фаций железистых кварцитов, а также оценка потенциала рудоносности метаморфизованных комплексов зеленокаменных поясов, в которых, как показано в серии докладов на МГК-34, локализованы архейские эпитептермальное золото-серебряные месторождения, претерпевшие глубокие метаморфические преобразования</p>

Продолжение табл. 6

Приоритетные направления	Состояние проблемы в России	Предлагаемые мероприятия
<p>Прогноз, поиски и оценка меднопорфировых и сопряженных эпитермальных месторождений на основе применения современных методов интерпретации геологической и минералого-геохимической информации</p>	<p>В отечественной практике поиски по вторичным литохимическим ореолам и потокам рассеяния с применением полуколичественных методов анализа остаются практически единственным методом опознания перспективных площадей. В зарубежной практике, как следует из материалов МГК-34, работы с целью прогноза, поисков и оценки меднопорфировых и сопряженных эпитермальных месторождений проводятся на более высоком научно-методическом уровне с использованием всего арсенала поисковых методов и современных технологий интерпретации полученных результатов. При этом широко применяются новейшие методы аналитических исследований. Наряду с традиционными геохимическими методами поисков по вторичным литохимическим ореолам и потокам рассеяния, обеспечившими открытие молибден-полиметаллического месторождения Challukou в трудных ландшафтно-поисковых условиях Северо-Восточного Китая, широко применяются новые минералого-геохимические методы на основе выявления индикационных свойств отдельных минералов, в частности алунита в аргиллизитовых покровах, обломочного магнетита в потоках рассеяния, позволяющие идентифицировать площади с высоким рудным потенциалом. Геофизические исследования с применением 3D IP (3D image processing) позволили установить аналогии открытого в последнее время молибденового месторождения Unicorn (Австралия) с крупнейшими месторождениями Climax-типа. Для уточнения геологического строения исследуемой площади (Иран) применялись методы наложения (index overlay), нечеткой логики (fuzzy logic) и анализа иерархий (АНР). Для выделения слабых аномалий Au и Cu применялся фрактальный (концентрация—число) метод. Выявленные геохимические векторы и дискриминантная функция позволяют прогнозировать минерализацию порфирирового типа в ореолах пропилитизации за пределами ее обнаружения традиционными геохимическими методами</p>	<p>Апробация и внедрение современных методов поисков, интерпретации и обработки всей совокупности полученной информации в практику геолого-поисковых работ. Широкое использование новейших аналитических технологий</p>
<p>Модели рудообразующих систем и месторождений</p>	<p>С учетом установленных палеовулканических, магматических, структурных, метасоматических и минералого-геохимических факторов локализации меднопорфировых месторождений разработана их рудно-формационная (геолого-промышленная) типизация; созданы геолого-генетические модели рудообразующих систем, геолого-промышленные, морфометрические, концентрационные, градиентно-векторные модели месторождений в качественном и количественном выражении, а на их основе прогнозно-поисковые и многофакторные оценочно-раз-</p>	<p>Совершенствование прогнозно-поисковых моделей рудных районов, рудных полей и месторождений для качественного и количественного описания верхних частей рудно-магматических систем с использованием данных по золотым и золото-серебряным месторождениям «высокой» и «низкой» сульфидизации. Внедрение новейших технологий изотопных и минералого-геохимических исследований для идентификации источников рудонос-</p>

Продолжение табл. 6

Приоритетные направления	Состояние проблемы в России	Предлагаемые мероприятия
	<p>ведочные модели, с использованием которых проводятся поиски новых объектов, а также оценка и разведка обнаруженных.</p> <p>В построенных прогнозно-поисковых моделях рудных районов, рудных полей и месторождений учтены элементы строения рудно-магматических систем, в центральных (внутренних) частях которых обычно локализована меднопорфировая минерализация, а в периферийных (фланговых и верхних) – проявления сопряженной полиметаллической, энаргит-люцитовой, золотой, золото-серебряной, и др., жильной, штокверковой и/или стратоидной минерализации.</p> <p>Для решения ряда генетических вопросов привлекаются данные специализированных петрологических, геофизических, минералого-геохимических и изотопных ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, ^{34}S, Rb/Sr, U-Pb и т. д.) исследований. В сравнении с зарубежным опытом новейшие изотопные методы определения абсолютных возрастов пород и руд, установления природы гидротермальных растворов и рудного вещества, а также методы электронной микроскопии применяются недостаточно широко</p>	<p>ных растворов и металлов, определения абсолютных возрастов рудовмещающих пород и рудной минерализации</p>
<p>Региональная и прикладная металлогения</p>	<p>Металлогенетические исследования в России характеризуются гораздо большим уровнем обобщений и включают не только специальную металлогению регионов, выделенных по административным границам. В то же время теоретические разработки не имеют практического выхода. Научные исследования на объектах госконтракта ведутся в недостаточном объеме при постановке и решении геологоразведочных задач, не привлекаются академические институты. Геологоразведочные работы не нацелены на всесторонний анализ получаемой информации, а основной задачей имеют локализацию рудных зон и тел. Составляемые модели часто формальны и не могут быть в полной мере использованы в поисковой практике. Разрабатываемые поисковые критерии недостаточно внедряются в практику поисковых работ</p>	<p>Необходимо разработать пути (механизмы) внедрения теоретических разработок в практику ведения геологоразведочных работ.</p> <p>Обеспечить повышение квалификации специалистов, ведущих геологические поиски, в том числе их ознакомление с современными рудогенетическими концепциями, особенностями выявляемых рудных объектов и методами и методиками, используемыми при поисках месторождений.</p> <p>Обеспечить геологическое сопровождение поисковых работ необходимой аналитической базой:</p> <ul style="list-style-type: none"> – высокоточными приборами, позволяющими проводить прецизионные исследования рудного вещества; – аппаратурой, позволяющей проводить экспрессные определения химического и фазового состава руд и горных пород в полевых условиях. <p>Месторождения металлов, характерных для определенного региона, но относящиеся к нетрадиционным для данного региона типам, должны стать объектами прогноза и при благоприятном прогнозе поисковых работ. Например, россыпные месторождения золота нетрадиционных типов (погребенные, древних долин и др.) могут стать одним из приоритетов при постановке и проведении поисковых работ в районах россыпной золотодобычи</p>

Окончание табл. 6

Приоритетные направления	Состояние проблемы в России	Предлагаемые мероприятия
<p>Создание и совершенствование моделей формирования месторождений благородных металлов ведущих геолого-промышленных типов в углеродистых терригенных, терригенно-карбонатных и вулканогенно-терригенных комплексах различных геодинамических обстановок</p>	<p>Проблема классификации золоторудных объектов и оценки их перспектив в черносланцевых и терригенных комплексах продолжает оставаться крайне важной для развития МСБ востока России. К настоящему моменту выявлены крупнотоннажные объекты с низкими содержаниями и мелкие золоторудные жилы с высокими содержаниями. Ни те, ни другие объекты не могут быть приоритетными при развитии территорий. Как показывает мировой опыт, только выявление крупных объектов с высокими содержаниями ведет к началу освоения регионов с прекратившейся или только начинающейся золотодобычей</p>	<p>Предложенный на конгрессе подход к образованию и поисковым моделям золоторудных объектов в зеленокаменных поясах архея – раннего протерозоя (в первую очередь перераспределение и концентрирование золота в метаморфических процессах) позволяет прогнозировать выявление богатых золото кварцевых месторождений в терригенных комплексах (терригенно-вулканогенных), накапливавшихся в узких прогибах и испытавших зональный региональный метаморфизм. Такая концентрация золотых объектов не зависит от возраста вмещающих, а только от тектонических условий накопления толщ и их метаморфизма, в том числе структурного</p>
<p>Рудоносность осадочных и зеленокаменных и измененных (вулканогенно-терригенных) пород</p>	<p>В последнее время выявляются золоторудные месторождения с невысокими содержаниями золота на архейских щитах (Алданский щит) в аналогах зеленокаменных поясов (медведевский горизонт, месторождение им. Пинигина), кроме того продолжают поисковые работы на золото в терригенных складчатых поясах различного возраста на востоке России</p>	<p>Поисковые работы в архейских и раннепротерозойских зеленокаменных поясах, а также в метаморфизованных терригенных комплексах палеозойских и мезозойских прогибов устанавливают рудоносность в них всех стратифицированных комплексов. Это позволяет ориентировать поисковые работы в терригенных складчатых поясах Востока России и в местах выходов кристаллических пород фундамента на нетрадиционные типы рудных месторождений. Важной составной частью работ является изучение структурных условий локализации золоторудных проявлений и типоморфных особенностей вкрапленных сульфидов и золота</p>
<p>Разработка программы и системы использования гиперспектральных съемок для целей картирования, поисков и оценки рудных месторождений, а также мониторинга состояния и изменения экосистем, водных пространств и водотоков</p>	<p>Применение гиперспектральных данных при геологическом картировании, поисковых работах, документации естественных обнажений и керн скважин представляет собой инновационную, сравнительно малозатратную технологию, которая находит все более широкое применение при геологических исследованиях во многих странах мира. В России в этом направлении проведены только первые пионерные работы (А. Кирсанов, Н. Вилор и др.)</p>	<p>Совершенствование существующих и разработка новых, в том числе инновационных поисковых технологий, основанных на методах гиперспектральных съемок и их комплексировании с другими методами – геологическими, минералогическими, геохимическими и геофизическими. Включение комплекса гиперспектральных методов в проекты ГРР</p>

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Минерально-сырьевой комплекс играет наиважнейшую роль в экономике России. Сегодня ее экономическая и геополитическая позиция в мире в значительной степени определяется количеством, качеством и стоимостью извлекаемого из ее недр минерального сырья. На территории нашей страны присутствуют все известные полезные ископаемые. Однако в последнем десятилетии остро ощущается недостаток дефицитных видов минерального сырья, а также объектов, подготовленных для разведки, о чём свидетельствуют отрицательные результаты лицензирования в области недропользования.

На решение этих проблем направлена работа, выполненная 04.10.2011–10.06.2013 гг. в рамках государственного контракта от 04.10.2011 № СБ–11–23/88, по базовому проекту *11-М1-01 «Разработать рекомендации по совершенствованию государственной политики в области геологии и недропользования на основе материалов 34-й сессии Международного геологического конгресса»*. Проект состоит из пяти частей.

Сравнительный анализ развития геологического изучения, использования и охраны недр в нашей стране и за рубежом позволил выявить и рассмотреть следующие тенденции:

- развитие геологического изучения недр в Российской Федерации и зарубежных странах;
- использование минерально-сырьевого потенциала недр в Российской Федерации и зарубежных странах;
- обеспечение охраны недр в Российской Федерации и зарубежных странах.

Особое внимание было уделено *тенденциям, направленным на региональное геологическое изучение территории Российской Федерации*, являющееся прерогативой и обязанностью государства и финансируемое за счет средств федерального бюджета.

Выполнен сравнительный анализ развития геологического изучения недр в Российской Федерации и зарубежных странах по основным видам региональных исследований (геологосъемочным, геолого-геофизическим и геолого-геохимическим работам), являющихся основой прогноза поисковых площадей.

Проанализирован комплекс специализированных работ: глубинные геофизические и изотопно-геохронологические исследования, информационное обеспечение и дистанционное зондирование.

Определено, что повышение эффективности работ может быть обеспечено за счет комплексности выполнения проводимых геологических исследований и усиления в их составе посредством применения опережающих и сопровождающих геофизических, дистанционных и геохимических работ прогнозно-поисковой составляющей.

Сравнительный анализ отечественных и мировых тенденций использования минерально-сырьевого потенциала недр Российской Федерации и зарубежных стран выполнен по стратегически важным полезным ископаемым: платины и металлов платиновой группы; золота, никеля, кобальта; руд хрома, марганца, титана, редкоземельных элементов и алюминия, а также крайне необходимых для народного хозяйства *железных руд*. Рассмотрены не только способы извлечения полезных ископаемых из недр, но и возможности наиболее полного использования отходов производства, в том числе техногенных месторождений.

В материалах конгресса МГК отражены важнейшие стороны геологического изучения и использования минерально-сырьевого потенциала недр с учетом основных положений долгосрочной программы развития минерально-сырьевого комплекса страны, изменения и текущее состояние отечественной и мировой минерально-сырьевой базы.

Предложения по оценке металлогенических зон с перспективой создания новых и альтернативных минерально-сырьевых баз:

– **золото** – Уральская горно-складчатая область, Таймыр, Алтае-Саянский регион, Тунгусская синеклиза, Байкальский, Амуро-Охотский, Верхояно-Колымский и Охотско-Чукотский регионы, Приморье;

– **алмазы** – обрамление Балтийского щита, Тиман, западный склон Урала, обрамление Анабарского щита, юго-запад Сибирской платформы и Якутия;

– **платина** – Карело-Кольский регион; Западное Предуралье; Полярный, Северный и Средний Урал; Таймыр, Алтае-Саянский и Байкальский, восточная часть Амуро-Байкальского региона и Верхояно-Колымский регион;

– **никель** – Полярный Урал, Таймыр, Алтайский и Амуро-Байкальский регионы;

– **черные металлы** – Карелия, Ставрополье (титан-циркониевые россыпи), Уральская горно-складчатая область, Западно-Сибирская провинция, Алтае-Саянский и Забайкальский регионы.

Ряд предложений направлен на использование современных зарубежных достижений, научных, методических и технологических разработок.

Золото. При разработке крупнообъемных золоторудных месторождений с содержанием $\geq 0,5$ г/т необходимо использовать современные технологии обогащения и извлечения (хролидировозгонки, ионообменной, кучного биовыщелачивания сульфидных руд, биогидрометаллургии);

Платина и металлы платиновой группы. Использование гравитационно-флотационного коллектирования платиновых металлов с последующей его гидрометаллургической переработкой позволит получить концентрат, пригодный для аффинажа.

Целесообразны:

– разработка методов научных и технологических исследований по расширению ГРР в Норильском, Карело-Кольском, Уральском и Корякско-Камчатском регионах, а также создание резервных МСБ в Курско-Воронежской, Алтае-Саянской, Таймыро-Североземельской провинциях;

– качественное обновление (с повышением доли платины) минерально-сырьевой базы на основе ввода в строй источников МПГ – золоторудных, черносланцевых и других новых для МПГ типов;

– применение химических методов переработки руд, приводящих к полному разрушению кристаллической решетки рудных минералов.

Самым перспективным направлением по переработке сульфидных медно-никелевых руд в XXI в. становится ограничение роли механического обогащения и перенос проблемы разделения металлов в комплексных рудах на металлургический передел. Это приведет к полному слиянию обогатительных и металлургических процессов в единую технологическую схему.

Никель.

Целесообразны:

– применение гидрометаллургических методов переработки никелевых руд, особенно широко используемых за рубежом в отношении силикатных руд. Наиболее экономичным признан сейчас метод кучного выщелачивания, в том числе с использованием микроорганизмов (биовыщелачивание). Во многих странах технология сернокислотного выщелачивания никельсодержащих продуктов позволяет извлекать до 98% никеля, и на сегодняшний день это наиболее передовая практика в никелевой отрасли;

– разработка научно-методических подходов по оценке никеленосности малоизученных в России типов руд – коматиитовых (дающих Австралии до 16% мировых запасов никеля), оксидно-железорудных в корах выветривания, гидротермальных мышьяково-ни-

кель-кобальтовых, черносланцевых и по расширению поисковых методов, используемых в зарубежных странах (геоботанические в Финляндии и др.).

Бокситы.

Рационально рассмотреть вопросы о подготовке к эксплуатации следующих месторождений: Центрального в Красноярском крае с запасами бокситов 46,8 млн т и содержанием Al_2O_3 36,5, SiO_2 5,0%. При наличии построенной в 2011 г. автодороги Красноярск–Байкит осуществить перевозки на строящийся вблизи Богучанской ГЭС Богучанский алюминиевый завод производительностью 600 тыс. т в год; Баянкольского нефелиновых руд (среднее содержание Al_2O_3 28,24, запасы глинозема 200 млн т) в Тыве. Они могут перерабатываться по технологической схеме, применяемой на эксплуатируемом Кия-Шалтырском месторождении нефелиновых руд.

Весьма полезен опыт нетрадиционного использования алюминия для изготовления на его основе новых материалов: пеноалюминия, спечённого алюминиевого порошка и спечённых алюминиевых сплавов.

Железные руды.

Применение на большинстве (а лучше на всех 11-ти) ГОКов технологии прямого восстановления железа (ППВ). Продукт ППВ имеет металлизацию 92–96%, что приносит ощутимую экономию затрат на транспортировку при значительном удалении металлургических комбинатов, а самое главное, ППВ может использоваться для выплавки стали в электропечах; уменьшение использования экологически вредных мартеновских печей с постепенным переходом на кислородно-конвертерное и электроплавильное производство; увеличение в российском экспорте доли конечной продукции металлургии (труб, различных профилей проката и т. д.), машиностроительной и судостроительной промышленности; расширение минерально-сырьевой базы железных руд Среднего Урала (в 2011 г. поисковыми работами здесь выявлен скарно-магнетитовый объект ранга среднего месторождения) для поставки их на Магнитогорский комбинат вместо импортируемого из Казахстана сырья.

Марганцевые руды.

Расширение участия России в использовании зарубежной минерально-сырьевой базы марганцевых руд. Начиная с 2005 г., российская компания «Ренова» разведала участок (152 км²) развития марганцевых руд в районе Сайшен ЮАР, на котором с 2008 г. началась опытно-промышленная добыча марганцевых руд со средним содержанием Mn 37%. В 2009 г. добыто 480 тыс. т руд. Планируется увеличить добычу до 2 млн т сырой руды, построить агломерационную фабрику и производить до 200 тыс. т марганцевых сплавов на приобретенном «Реновой» в ЮАР металлургическом предприятии; использование опыта рентабельной отработки марганцевых руд подземным способом с глубин до 400–500 м (ЮАР, Бразилия, Казахстан); применение разработанной компанией Talvivaara электрохимической технологии рентабельного извлечения металлического марганца (или диоксида марганца) методом кучного биовыщелачивания из руд финского месторождения Талвиваара, содержащего 0,3% марганца.

Хромовые руды.

Эксплуатация ОАО «Мечел» Казахстанского хромитового месторождения Восход (Кемпирсайская группа месторождений) через приобретение у владельца 99,3% акций (британской компании Oriel Resources Ltd). В 2009 г. уже работал ГОК на полную проектную мощность 1,3 млн т/год сырых и 900 тыс. т/год товарных хромовых руд. Подтвержденные запасы месторождения на конец декабря 2007 г. оценивались в 18,3 млн т со средним содержанием Cr_2O_3 40,3%. Разработка осуществляется подземным способом; товарные руды поставляются на принадлежащий Oriel Resources Тихвинский завод ферросплавов в Ленинградской области. В 2009 г. на руднике произведено 211 тыс. т хромитовых концентратов, в первом квартале 2010 г. 84 тыс. т.

Сравнительный анализ тенденций обеспечения охраны недр в Российской Федерации и зарубежных странах выполнен по наиболее важным направлениям:

– обеспечение полноты геологического изучения и рациональная оценка недр, представленных запасами основных и совместно с ними залегающих полезных ископаемых;

- проведение опережающего геологического изучения недр, обеспечивающего достоверную оценку запасов полезных ископаемых или свойств участка недр, предоставленного в пользование в целях, не связанных с добычей полезных ископаемых;
- проведение государственной экспертизы и государственный учет запасов полезных ископаемых;
- комплексное и наиболее полное извлечение полезных компонентов;
- ресурсосбережение, направленное на рациональное использование минеральных ресурсов;
- сохранение объектов геологического наследия.

Предложения, направленные на обеспечение охраны недр Российской Федерации:

- традиционные методы установления кондиционных показателей на минеральное сырье должны претерпеть изменения с учётом мировых цен и эксплуатационных затрат, сложившихся на данный период времени;
- разработка методов стоимостной оценки разведанных запасов и ресурсов полезных ископаемых в недрах — одного из специфических направлений оценочной деятельности с целью создания эффективных форм управления собственностью на недра, в том числе государственным фондом недр;
- опережающее геологическое изучение недр должно опираться на оценку достоверности имеющейся геологической информации, установление ее достаточности и в случае необходимости на выбор и реализацию мероприятий, направленных на повышение достоверности геологических представлений;
- привлечение в геологическую отрасль России частных инвестиций целесообразно создание условий формирования частного сервисного и юниорного геологоразведочного сектора;
- обновление системы государственной экспертизы с учетом гармонизации отечественных стандартов и обновления ряда основополагающих документов, связанных с учетом запасов полезных ископаемых;
- совершенствование государственной системы хранения, обработки, поиска и выдачи информации о недрах и недропользовании;
- дальнейшая разработка новых классификаций запасов и прогнозных ресурсов полезных ископаемых в увязке с международными стандартами учета и отчетности о запасах и ресурсах полезных ископаемых с требованиями международных организаций. Целесообразна поэтапная разработка и ввод в действие новых классификаций, особенно связанных с учетом запасов полезных ископаемых;
- оценка ресурсов и запасов полезных ископаемых, а также их статистический учет на основе новой классификации;
- создание перспективных способов переработки и обогащения руд, направленных на более полное извлечение всех содержащихся в них полезных компонентов, включая и использование образующихся при этом техногенных отходов;
- переход в горнорудной отрасли к рентной системе налогообложения, при которой разработка высокоэффективных запасов облагается максимальным, а трудноизвлекаемых — минимальным налогом. Такой подход будет способствовать наиболее полному извлечению полезных компонентов;
- использование заменителей дефицитного минерального сырья и утилизация отходов промышленного производства в качестве сырья в промышленном и строительном производстве, в дорожном строительстве, для закладки выработанного пространства, для производства удобрений и др.;
- разработка на фундаментальной основе государственной (федеральной, региональной) программы оценки, изучения, освоения и сохранения минерально-сырьевой базы страны и других природных ресурсов, дифференцированной по ценным составляющим стимулирующей системы налогообложения и рассчитанной на перспективу 30–50 лет;
- разработка рекомендаций для изучения, сохранения и использования объектов геологического наследия.

Научная программа 34-й сессии МГК отражает основные события, а также результаты проведенных мероприятий. Работа конгресса была построена по традиционному принципу:

- профессиональные семинары, пленарные заседания с уже обозначенной программой и рабочие заседания по заранее обозначенному перечню тем и симпозиумов;
- пленарные заседания с уже обозначенной программой (5 дней, 30–35 заседаний в день);
- более 30 технических визитов, включающих полевые экскурсии, организованные при содействии партнеров из Новой Зеландии и других тихоокеанских государств;
- обширная выставка GeoExpo-2012 (два выставочных зала);
- образовательные семинары и семинары по повышению квалификации.

Проведено 26 профессиональных семинаров и краткосрочных курсов, которые прошли до начала конгресса, во время его работы и после завершения. На 182 научных симпозиумах было представлено 4300 устных и 2200 стендовых докладов.

Участие российской делегации в конгрессе и дискуссиях позволило увидеть и оценить состояние и результаты исследований. На ежедневных пленарных заседаниях были заслушаны доклады выдающихся экспертов-геологов из разных стран, которые обозначили проблемы, стоящие перед геологами как в Австралии, так и в других странах мира.

Обзор тематики конгресса свидетельствует о том, что геология в современных условиях приобретает все большее социальное значение. Геологические исследования становятся не только основой мировой экономики, но и мировой политики.

Геология играет все большую роль не только в обеспечении населения минеральными и энергетическими ресурсами, но и в защите прав населения планеты на экологически безопасную среду обитания.

В целом 34-я сессия МГК была чрезвычайно успешна в научном и общественном плане и рассматривается как крупнейшее событие в области геологических наук, когда-либо имевших место в южном полушарии.

Приоритетные направления геологического изучения, использования и охраны недр по материалам конгресса. Представлены достижения последних лет по основным направлениям научно-исследовательских геологических и геологоразведочных исследований: геологосъемочные, геохимические и геофизические работы; использование данных дистанционного зондирования; изотопные и химико-аналитические методы; оценка минерально-сырьевого потенциала важнейших видов твердых полезных ископаемых и углеводородного сырья; морская геология и геоэкология; прогноз землетрясений, экологию и мониторинг опасных геологических процессов и явлений. Определены направления и перспективы возможного развития тектонических, стратиграфических, литологических, петрологических исследований.

Основные направления – оценка общего ресурсного потенциала слабоизученных территорий, а также общегеологическое обоснование долгосрочных программ по оценке минерально-сырьевых ресурсов, системное обновление фундаментальной геолого-геофизической информации о строении и динамике недр.

Предлагаемые мероприятия в области экологии и мониторинга процессов окружающей среды отражают условия, необходимые для сохранения и развития окружающей среды.

Прогноз землетрясений в целях обеспечения безопасного использования геологической среды должен проводиться прежде всего в многонаселенных, промышленно развитых и социально-напряженных регионах Северного Кавказа, Южной Сибири, Прибайкалья и Дальнего Востока.

Приоритеты в области методического, технологического и информационного обеспечения работ следует сместить в сторону разработки принципиально новых инновационных решений, поскольку возможности старых технологий и различные их сочетания практически полностью исчерпаны и не соответствуют поставленным задачам.

Роль российской геологии в мировой системе геологического изучения, использования и охраны недр определена на основе анализа материалов 34-й сессии МГК по видам работ,

относящимся к региональным исследованиям, включающим геологосъёмочные, геофизические и геохимические, химико-аналитические и лабораторные исследования. Определены преимущества и недостатки российской геологической школы, её роль в международном геологическом сообществе.

Рекомендации по использованию приоритетных направлений в области геологического изучения недр и воспроизводства минерально-сырьевой базы Российской Федерации выполнены по основным направлениям научно-исследовательских геологических и геолого-разведочных исследований, а также направлений и перспектив возможного развития тектонических, стратиграфических, литологических, петрологических исследований. Рекомендации могут быть использованы при формировании и реализации программ международного сотрудничества Минприроды России по вопросам геологического изучения недр и недропользования, программ развития геологического изучения, воспроизводства и использования минерально-сырьевой базы и недр России, формирования и реализации государственной политики в области геологического изучения недр.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Андреев С.И., Аникеева Л.И., Петухов С.И.* Состояние изученности и проблемы освоения минерально-сырьевого потенциала Мирового океана // Горный журнал. 2009. № 3. – С. 48–56.
- Андреев С.И., Голева Р.В., Юбко В.М.* Экономические и геополитические аспекты проблемы освоения минеральных ресурсов Мирового океана // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2006. № 3. – С. 72–78.
- Андреев С.И., Грамберг И.С.* Геодинамика и рудогенез Мирового океана. – СПб.: ВНИИОкеангеология, 1999. – 208 с.
- Архипова Н.А., Усова Т.Ю.* и др. Геолого-экономическая оценка эффективности освоения МСБ редких металлов России и путей повышения ее инвестиционной привлекательности // Разведка и охрана недр. 2011. № 6. – С. 70–78.
- Батурин Г.Н.* Рудный потенциал океана // Природа. 2002. № 5. – С. 25–31.
- Беденко В.В., Гридасова И.Ю., Игнатенко Е.А.* и др. Моря Баренцево и Карское. Сводная структурная карта по опорным горизонтам в средней и верхней юре // Геология и минеральные ресурсы шельфов России. Атлас / под ред. М.Н. Алексеева. – М.: Научный мир, 2004. Лист 1-2.
- Беденко В.В., Сенин Б.В., Шипилов Э.В.* Моря Баренцево и Карское. Сводная структурная карта по подошве недислоцированной части осадочного чехла (условный фундамент) // Геология и минеральные ресурсы шельфов России. Атлас / под ред. М.Н. Алексеева. – М.: Научный мир, 2004. Лист 1-1.
- Белюсов В.В., Павленкова Н.И.* Типы земной коры Европы и Северной Атлантики // Геотектоника. 1989. № 3. – С. 3–14.
- Беневольский Б.И.* Состояние и пути развития минерально-сырьевой базы благородных и цветных металлов РФ // Разведка и охрана недр. 2011. № 5. – С. 28–36.
- Боков В.Г.* Богатство в отвалах (проблемы утилизации горнопромышленных отходов в России) // Центр. 1994. № 8–9. – С. 12–14.
- Бурде А.И.* Горное законодательство США и некоторые особенности аналогичного законодательства ряда других стран. – СПб.: АБС, 1998. – 96 с.
- Вдовец М.С.* Методические вопросы изучения и сохранения геологического наследия России // Изучение и охрана объектов геологического наследия России: Материалы рабочего совещ. Российской группы ProGeo. 25–27 мая 2011 г. Санкт-Петербург, ВСЕГЕИ. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2011. – С. 6–9.
- Верба В.В., Волк В.Э., Каминский В.Д., Ким Б.И.* Потенциальные поля Северного Ледовитого океана и их связь с особенностями строения земной коры // Геологическое строение и геоморфология Северного Ледовитого океана в связи с проблемой внешней границы континентального шельфа Российской Федерации в Арктическом бассейне. – СПб.: ВНИИОкеангеология, 2000. – С. 73–84.
- Власов Е.А., Мочалов А.Г., Ульянов А.А.* Коренные источники «шлиховой платины» россыпей острова Феклистова (Шантарские о-ва, Охотское море) // Вестник МГУ. Серия 4. Геология. 2002. № 5. – С. 34–38.
- Вольвовский И.С., Вольвовский Б.С.* Разрезы земной коры территории СССР по данным глубинного сейсмического зондирования. – М.: Советское радио, 1975. – 258 с.

Ганин В.А., Гриневиц Н.Г., Логинов В.Н. Петрология и платиноносность Бураковско-Аганозерной интрузии (Восточное Заонежье) // Платина России. Т. II, кн. 2. – М.: Геоинформмарк, 1995. – С. 19–23.

Геологический словарь. Т. 2. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2011. – 476 с.

ГИС «Геолого-геофизическая изученность шельфов РФ» темы МПР РФ 9-98 «Анализ состояния изученности и результатов морских геологоразведочных работ по шельфам России. Создание автоматизированного кадастра «Геолого-геофизическая изученность шельфов Российской Федерации».

Глазунов О.М., Богнибов В.И., Еханин А.Г. Кингашское платиноидно-медно-никелевое месторождение. – Иркутск: ИГ СО РАН, 2003. – 192 с.

Глазунов О.М., Радомская Т.А., Глазунова Т.Л. Глубинные источники и эволюция платиноидно-медно-никелевых руд Кингашского рудного поля // Платина России. Т. VII. – Красноярск, 2011. – С. 448–457.

Глубинное сейсмическое зондирование литосферы на Анголо-Бразильском геотраверсе / под ред. С.М. Зверева, И.П. Косминской, Ю.В. Тулиной. – М.: ОИФЗ РАН, Нац. геофиз. комитет РАН, 1996. – 150 с.

Государственная программа Российской Федерации «Воспроизводство и использование природных ресурсов», [электронный ресурс], режим доступа: mnr.gov.ru/regulatory/detail.php?ID=130606. (17.01.2012).

Государственный доклад «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации». – М.: МПР, 2010. – С. 164–171.

Государственный доклад «О состоянии минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2009 г.». – М., 2010. – 337 с.

Григорьев Г.А., Афанасьева Т.А. Перспективы промышленного освоения нетрадиционных ресурсов газа в России // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2012. Т. 7. № 2. – С. 1–21.

Гурская Л.И. Платинометалльное оруденение черносланцевого типа и критерии его прогнозирования. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2000. – 208 с.

Деменницкая Р.М. Кора и мантия Земли. – М.: Недра, 1967.

Дистлер В.В., Служеникин С.Ф., Туровцев Д.М. Норильские руды – основа национальной сырьевой базы платиновых металлов: проблемы их переработки в современных условиях // Минеральные ресурсы Таймырского АО и перспективы освоения. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2004. – С. 65–68.

Додин Д.А. Металлогения Таймыро-Норильского региона (Север Центральной Сибири). – СПб.: Наука, 2002. – 820 с.

Додин Д.А. Мировой минерально-сырьевой потенциал платиновых металлов // Платина России. Т. V. – М.: Геоинформмарк, 2004. – С. 38–63.

Додин Д.А., Додина Т.С., Золоев К.К. и др. Платина России: состояние и перспективы // Литосфера. 2010. № 1. – С. 3–36.

Додин Д.А., Золоев К.К., Коротеев В.А., Чернышов Н.М. Углеродсодержащие формации – новый крупный источник платиновых металлов XXI века. – М.: Геоинформмарк, 2007. – 130 с.

Долгосрочная государственная программа изучения недр и воспроизводства минерально-сырьевой базы России на основе баланса потребления и воспроизводства минерального сырья (утв. приказом Минприроды России от 16 июля 2008 г. № 151), [электронный ресурс], режим доступа: http://www.mnr.gov.ru/regulatory/list.php?part=72&PAGEN_1=6.

Донской С.Е. Нормативно-правовое обеспечение реализации стратегии развития геологической отрасли до 2030 г. // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2011. № 1. – С. 44–47.

Дружинин В.С. Особенности глубинного строения Западно-Сибирской плиты по Ханты-Мансийскому профилю ГСЗ // Геология и геофизика. 1983. № 4. – С. 3–9.

Дружинин В.С., Каретин Ю.С., Кашубин С.Н. Глубинное геокартирование Уральского региона по данным ГСЗ // Регион. геология и металлогения. 2000. № 10. – С. 152–161.

Дружинин В.С., Карманов А.Б. Изучение строения земной коры северо-западной части Западно-Сибирской плиты // Сов. геология. 1985. № 9. – С. 39–48.

Дудкин Н.В., Некрасов Е.М. Золото // Минеральное сырье: от недр до рынка. В 3 т. Т. 1: Благородные металлы и алмазы. – М.: Научный мир, 2011. – С. 39–152.

Дунаев В.А. Состояние и проблемы промышленного освоения минерально-сырьевой базы черной металлургии России // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2004. № 5. – С. 117–122.

Егоркин А.В. Строение земной коры по сейсмическим геотраверсам // Глубинное строение территории СССР / ред. В.В. Белоусов, Н.И. Павленкова. – М.: Наука, 1991. – С. 118–135.

Егоркин А.В., Акинишина Л.В., Артёменко Л.С. и др. Строение кристаллической коры Сибири по линии Ханты-Мансийск – Лена // Разведка и охрана недр. 2002. № 2. – С. 33–35.

Егоркин А.В., Данилова Э.Г., Зюганов С.К. и др. Вилуйская синеклиза // Сейсмические модели литосферы основных геоструктур территории СССР. – М.: Наука, 1980. – С. 96–98.

Егоркин А.В., Зюганов С.К., Павленкова Н.А., Чернышев Н.М. Результаты исследований структуры литосферы на профилях в Сибири // Геология и геофизика. 1988. № 5. – С. 120–128.

Егоркин А.В., Чернышев Н.М., Данилов Е.Г. и др. Региональное сечение через север Азиатского континента, профиль Воркута – Тикси // Сейсмические модели литосферы основных геоструктур территории СССР. – М.: Наука, 1980. – С. 61–67.

Ежков Ю.Б., Рахимов В.В., Василевский Б.Б. и др. Перспективы расширения Мурунтау-Косманачинского рудного узла (Центральные Кызылкумы, Узбекистан) // Руды и металлы. 2009. № 2. – С. 28–35.

Ерыкалов С.П., Ковальчук К.К., Снисар С.Г. Геология и строение Масловского платино-медно-никелевого месторождения (Норильск) // Разведка и охрана недр. 2010. № 9. – С. 31–34.

Зайончек А.В. и др. Строение зоны перехода континент–океан северо-западного обрамления Баренцева моря (по данным 24–26-го рейсов НИС «Академик Николай Страхов», 2006–2009 гг.) / А.В. Зайончек, С.Ю. Соколов, А.О. Мазарович, К.О. Добролюбова, В.Н. Ефимов, А.С. Абрамова, Ю.А. Зарайская, А.В. Кохан, Е.А. Мороз, А.А. Пейве, Н.П. Чамов, К.П. Ямпольский // Строение и история развития литосферы. Результаты исследования в рамках Международного Полярного Года: сб. – М.: Paulsen, 2010. – С. 111–157.

Зайцев В.П. Закономерности локализации платиновых россыпей и коренных рудопроявлений в пределах Сейнава-Гальмоэнанского узла (Корякское нагорье) // Платина России. Т. V. – М.: Геоинформмарк, 2004. – С. 104–118.

Закон РФ «О недрах» (в редакции Федерального закона от 3 марта 1995 г. № 27-ФЗ) (с изменениями на 6 декабря 2011 г.) (редакция, действующая с 19 января 2012 г.), [электронный ресурс], режим доступа: <http://www.zakonprost.ru/o-nedrah>.

Золов К.К., Коротеев В.А., Волченко Ю.А., Новиков И.А. Рудно-россыпные ансамбли месторождений платиноидов Урала // Платина России. Т. V. – М.: Геоинформмарк, 2004. – С. 118–143.

Золотов Е.Е., Костюченко С.Л., Ракитов В.А. Томографические разрезы литосферы Восточно-Европейской платформы // Сейсмологическая модель литосферы Северной Европы: Баренцевский регион / ред. Ф.П. Митрофанов, Н.В. Шаров. – Апатиты: КНЦ РАН, 1998. Ч. 1. – С. 71–79.

Иванова А.М. и др. Шельфовые железомарганцевые конкреции – новый вид минерального сырья / А.М. Иванова, А.Н. Смирнов, В.С. Рогов, А.П. Мотов, Н.С. Никольская, К.В. Пальшин // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2006. № 6. – С. 14–19

Игревская Л.В. Никель // Минеральное сырье: от недр до рынка. В 3 т. Т. 2: Цветные металлы. – М.: Научный мир, 2011. – С. 239–294.

Игревская Л.В. О проблеме альтернативных источников рудного минерального сырья (на примере океанических месторождений) // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2007. № 4. – С. 212–220.

Игревская Л.В. Тенденция развития никелевой промышленности: мир и Россия. – М.: Научный мир, 2009. – 268 с.

Изучение и охрана объектов геологического наследия России: Материалы Рабочего совещания Российской группы ProGeo. 25–27 мая 2011 г. Санкт-Петербург, ВСЕГЕИ. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2011. – 83 с.

Ильинский А.А., Зафарова А.М. Проект «Единая государственная программа подготовки минерально-сырьевой базы и добычи углеводородного сырья из нетрадиционных источников» (в соответствии с Основными положениями государственной программы Российской Федерации, разработанными Минэкономразвития России). – М., 2011.

Информационный бюллетень МЭР РФ 19.09.2012. Обзор мирового рынка никеля.

Исанина Э.В., Шаров Н.В. и др. Атлас региональных сейсмических профилей Европейского Севера России. – СПб.: Росгеофизика, 1995.

Итоги работы Федерального агентства по недропользованию в 2005–2011 годах: информационно-аналитические материалы коллегии Роснедр. – Москва, 2012 г.

Кабаньков В.Я., Андреева И.А., Иванов В.И., Петрова В.И. О геотектонической природе системы Центрально-Арктических морфоструктур и геологическое значение донных осадков в ее определении // Геотектоника. 2004. № 6. – С. 33–48.

Кабаньков В.Я., Андреева И.А., Иванов В.И. О происхождении донных осадков, поднятых на геотраверзе «Арктика-2000» в Северном Ледовитом океане (район поднятия Менделеева) // Докл. РАН. 2004. Т. 399. № 2. – С. 24–26.

Кавун К.П. О системах учета и классификации запасов/ресурсов твердых полезных ископаемых, используемых в США // Геологическое изучение недр и водопользование: Экспресс-информ. – М.: ООО «Геоинформцентр», 2002. – Вып. 8–9. – С. 6–25.

Каланда Л.В., Салиева Р.Н. Правовое обеспечение деятельности хозяйствующих субъектов в нефтегазовом секторе экономики. – М.: Статут, 2001. – 158 с.

Кириллова Т.А., Журавлев В.А., Васильев А.И. и др. Отчет по объекту: «Изучение осадочного чехла и глубинного строения земной коры хребта Ломоносова и прилегающих геологических структур восточно-арктического шельфа». – МАГЭ: Мурманск, 2010.

Клюкин Б.Д. Горные отношения в странах Западной Европы и Америки. – М.: Гордонец-издат, 2000. – С. 30–31.

Козловский Е.А. Мировой океан – резерв минерального сырья в XXI веке / Природно-ресурсные ведомости. 2005. № 3–4. – С. 12–18.

Козловский Е.А., Малютин Ю.С. Минерально-сырьевые ресурсы Мирового океана как резерв мировой экономики // Маркшейдерия и недропользование. 2005. № 3–4.

Комаров М.А. Техногенные минерально-сырьевые ресурсы / под ред. В.В. Караганова, Б.С. Ушкенова. – М.: Алматы, 2003.

Комаров М.А., Алискеров В.А., Кусевич В.И., Заверткин В.Л. Горнопромышленные отходы – дополнительный источник минерального сырья // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2007. № 4. – С. 3–9.

Конкина О.М., Кочнев-Первухов В.И. Структура сырьевой базы и добычи кобальта в России // Минеральные ресурсы России. 2009. № 5. – С. 14–17.

Косынкин В.Д., Глебов В.А. Возрождение российского производства РЗМ – важнейшая задача отечественной экономики // Пленарный доклад на III Междунар. конф. «Функциональные наноматериалы и высокочистые вещества». – Суздаль, 2010. – 20 с.

Коткин В.А. Баланс интересов государства и недропользователя при выборе бортового содержания полезного компонента // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2006. № 5. – С. 57–60.

Краснянский Г. Технологическая реструктуризация – новый этап развития угольной промышленности России. 2011, [электронный ресурс], режим доступа: www.karakan-invest.ru/publics/articles/5.htm.

Кременецкий А.А. Завод на вулкане // Наука и жизнь. 2000. № 11. – С. 26–30.

Криштопа О.А., Крятов Б.М. Железо // Минеральное сырье: от недр до рынка. В 3 т. Т. 3: Черные легирующие металлы и некоторые неметаллы. – М.: Научный мир, 2011. – С. 7–100.

Кудинова О.П. Агрохимия, Россия, ВТО // The Chemical Journal. Октябрь, 2011.

Кунин Н.Я., Гончарова Н.В., Семенова Г.И. и др. Карта рельефа поверхности мантии Евразии. – М.: ИФЗ АН СССР, Мингео РСФСР, 1987.

Лаверов Н.П., Дисглер В.В. Потенциальные ресурсы месторождений платиновых металлов в контексте стратегических национальных интересов России // Геология рудных м-ний. 2003. Т. 45. № 4. – С. 291–304.

Лайба А.А., Михальский Е.В. Первые сведения о платиноносности расслоенного плутона Уиллинг (Вост. Антарктида) // Докл. РАН. 1999. Т. 367. № 2. – С. 217–220.

Ларичкин В.А., Константинов Б.А., Макаров Д.В. Основные системы учета минерально-сырьевых ресурсов в России // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2007. Спец. вып. – С. 15–21.

Ледовских А.А. Геополитические аспекты добычи нефти и газа и варианты развития ТЭКа на Востоке России // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2005. № 1. – С. 6–16.

Липина С.А., Липина А.В. Оценка потенциала и перспективы развития железорудной базы черной металлургии России в XXI веке // Московское научное обозрение. 2012. №1. – С. 16–22.

Литий вместо свинца? // *Металлургический бюллетень*. 2012, [электронный ресурс], режим доступа: <http://www.metalbulletin.ru>.

Лихачев А.П. Платино-медно-никелевые месторождения. – М.: Эслан, 2006. – 496 с.

Лодейщиков В.В. Золотоизвлекательные фабрики мира: Аналитический обзор. – Иркутск: ОАО «Иргиредмет», 2005. – 447 с.

Ломаева Г.В., Тарасов А.В. Кингашское месторождение сульфидных благороднометалльно-медно-никелевых руд – первое в Восточном Саяне // *Разведка и охрана недр*. 2010. № 9. – С. 28–31.

Лунышев П.Д. Судьба российской оловодобычи // *Горнопромышленные ведомости*. 23.04.2012.

Львов Д.С. Концепция управления национальным имуществом: Научный доклад, сделанный на заседании Президиума Российской Академии наук 12 февраля 2002 г. – М.: Ин-т эконом. стратегий, 2002. – 36 с.

Маланичев А. *Металлургия в эпоху перемен* // *Национальная металлургия*. 2008. № 6. – С. 11–25.

Матвеев Ю.И., Верба М.Л., Липилин А.В., Рослов Ю.В. Глубинные сейсмические исследования в Баренцево-Карском регионе // *Модели земной коры и верхней мантии по результатам глубинного сейсмопрофилирования: Материалы Междунар. науч.-практич. сем. Роснедра, ВСЕГЕИ*. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2007. – С. 90–93.

Материалы XXXIV сессии Международного геологического конгресса, [электронный ресурс], режим доступа: <http://www.34igc.org/scientific-themes-symposia.php>.

Машковцев Г.А., Мигута А.К., Щеточкин В.Н. Минерально-сырьевая база и производство урана в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке // *Минеральные ресурсы России. Экономика и управление*. 2008. № 1. – С. 45–52.

Меро Д.Ж. *Минеральные богатства океана*. – М.: Прогресс, 1960.

Минерально-сырьевой потенциал недр Российской Федерации. Т. 1: Прогнозно-металлогенический анализ. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2009. – 224 с.

Минеральные ресурсы России. Вып. 1: Наиболее дефицитные виды минерального сырья (сера, калийные соли, каменная соль, фосфаты, плавиковый шпат, барит, бентонит, каолин). – М.: ВИЭМС, 1994. – 143 с.

Митрофанов Ф.П., Корчагин А.У., Рундквист Т.В. Федорово-Панский расслоенный мафитовый интрузив (Кольский п-ов): геология и платинометалльное оруденение // *Крупные и суперкрупные месторождения: закономерности размещения и условия образования*. – М., 2004. – С. 175–186.

Михайлов Б.К. О модернизации минерально-сырьевого сектора экономики на инновационной основе // *Минеральные ресурсы России. Экономика и управление*. 2011. № 1. – С. 12–19.

Михайлов Б.М. Перспективы развития сырьевой базы никелевой промышленности Урала // *Регион. геология и металлогения*. 2002. № 15. – С. 97–108.

Михальский Е.В. Потенциально платиноносные комплексы Восточной Антарктиды // *Регион. геология и металлогения*. 2007. № 30–31. – С. 162–172.

Михеева Е.Д., Торикова М.В. Состояние и перспективы развития сырьевой базы лития, [электронный ресурс], режим доступа: <http://www.74rif.ru/Li-ruda.html>.

Надретт А.Дж. Магматические сульфидные месторождения медно-никелевых и платинометаллических руд. – СПб.: Изд-во СПбГУ, 2003. – 487 с.

Нарышкин Г.Д., Фридман Б.С., Алексеев С.П., Костенич А.В. Решение проблемы делимитации Арктического бассейна по результатам гидрографических исследований // *Арктика: Экология и экономика*. 2011. № 3. – С. 36–47.

Научно-техническое руководство комиссии по границам континентального шельфа / Комиссия по границам континентального шельфа. – Нью-Йорк: CLCS, 1999. – 90 с.

Никитина Н.К., Никитин С.Е. Влияние системы лицензирования на воспроизводство минерально-сырьевой базы (на примере твердых полезных ископаемых) // *Минеральные ресурсы России. Экономика и управление*. 2011. № 6. – С. 40–46.

Николаев Ю.В. Оценка минерагенического потенциала территорий на основе геолого-геохимических моделей рудных районов и узлов // *Региональные геохимические работы – основа подготовки площадей для поисков месторождений полезных ископаемых: Тез. докл. III Всерос. науч.-практич. конф. по прикладной геохимии*. – М.: ИМГРЭ, 2010. – С. 11–12.

Обзор мирового рынка золота // *Металлургический бюллетень*, четверг, 15 ноября 2012 г.

Обновлённая «Стратегия – 2020: Новая модель роста – новая социальная политика»: итоговый доклад о результатах экспертной работы по актуальным проблемам социально-экономической стратегии России на период до 2020 г., март 2012 г. – 864 с.

Орлов В.П. О состоянии научного обеспечения развития минерально-сырьевой базы // Экономика и управление. 2011. № 6. – С. 3–5.

Основы государственной политики в области использования минерального сырья и недропользования» (утв. распоряжением Правительства РФ от 21 апреля 2003 г. № 494-р), [электронный ресурс], режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document901859208>.

Петров Г.В., Грейвер Т.Н., Лазаренков В.Г. Современное состояние и технологические перспективы производства платиновых металлов из хромитовых руд. – СПб.: Недра, 2001. – 200 с.

Петров Г.В., Гурская Л.И., Грейвер Т.Н. и др. Исследования и проблемы освоения хромитовых платиносодержащих руд месторождений Полярного Урала // Обогащение руд. 2004. № 5. – С. 3–6.

Петров О.В., Гурская Л.И., Веселовский Н.Н. Прогнозирование и поиски платинометалльных руд в Федорово-Панских тундрах Кольского полуострова // Регион. геология и металлогения. 2010. № 41. – С. 42–50.

Петров О.В., Карпузов А.Ф., Соболев Н.Н. и др. Рудоносность черносланцевых бассейнов России и представления об очередности их освоения // Разведка и охрана недр. 2010. № 8. – С. 3–6.

Печенкин И.Г. и др. Минерально-сырьевой потенциал черной металлургии России: пути усиления и реализации / И.Г. Печенкин, Е.В. Зублюк, В.В. Руднев, В.М. Аликберов, Е.В. Ершова, В.И. Николаев, В.Т. Покалов // Разведка и охрана недр. 2012. № 9. – С. 71–76.

Подтуркин Ю.А., Коткин В.А. Динамические кондиции как инструмент достижения баланса интересов государства и недропользователя при разработке месторождений // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2007. № 4. – С. 54–57.

Покалов В.Т., Михайлов Б.К. Черные металлы: состояние минерально-сырьевой базы и перспективы ее развития // Руды и металлы. 2002. № 3. – С. 11–18.

Полужтов В.Н., Ларичкин В.А., Федин А.Д. Системы оценки и учета минеральных ресурсов. – М.: ООО «Геоинформцентр», 2002. – 247 с.

Поляков В. Сырьевая ориентация российского экспорта // Мировая экономика и международные отношения. 2006. № 1. – С. 85–95.

Поселов В.А., Верба В.В., Жолондз С.М. Типизация земной коры Центрально-Арктических поднятий Северного Ледовитого океана // Геотектоника. 2007. № 4. – С. 48–59.

Поселов В.А. и др. Глубинное строение континентальной окраины района поднятия Менделеева (Восточная Арктика) по результатам геолого-геофизических исследований на опорном профиле «АРКТИКА-2005» / В.А. Поселов, В.Д. Каминский, Г.П. Аветисов, В.В. Буценко, И.А. Андреева, А.Д. Павленкин // Модели земной коры и верхней мантии по результатам глубинного сейсмопрофилирования: Материалы Междунар. науч.-практич. сем. Роснедра, ВСЕГЕИ. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2007. – С. 163–167.

Поселов В.А. и др. Строение и эволюция земной коры области сочленения поднятий Американо-Арктического суббассейна с Восточно-Арктическим шельфом / В.А. Поселов, В.Д. Каминский, В.Л. Иванов, Г.П. Аветисов, В.В. Буценко, А.И. Трухалев, В.К. Паламарчук, С.М. Жолондз // Строение и история развития литосферы. – М.: Paulsen, 2010. – С. 599–637.

Прищепина О.М. Ресурсный потенциал и направления изучения нетрадиционных источников углеводородного сырья РФ // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2010. № 4. – С. 6–16.

Пузырев Н.Н. Методы и объекты сейсмических исследований. – Новосибирск: СО РАН, 1997. – 301 с.

Путиков О.Ф. Основы теории нелинейных геоэлектрхимических методов поисков и разведки. – СПб.: Изд-во СПГГИ, 2009. – 534 с.

Региональные геохимические работы – основа подготовки площадей для поисков месторождений полезных ископаемых. III Всероссийская научно-практическая конференция по прикладной геохимии: Тез. докл. – М.: ИМГРЭ, 2010. – 192 с.

Рекомендации Комиссии ООН по границам континентального шельфа в отношении заявки, сделанной Российской Федерацией 20 декабря 2001 г. по предложенной внешней границе ее континентального шельфа за пределами 200 морских миль (Нью-Йорк, 2002). Рабочие материалы МПР РФ и Роснедра.

Ремизова Л.И. Алюминий // Минеральное сырье: от недр до рынка. В 3 т. Т. 2: Цветные металлы. – М.: Научный мир, 2011. – С. 7–108.

Ремизова Л.И. Титан // Минеральное сырье: от недр до рынка. В 3 т. Т. 3: Черные, легирующие металлы и некоторые неметаллы. – М.: Научный мир, 2011. – С. 379–464.

Румянцева Е.Е. Новая экономическая энциклопедия. – М.: ИНФРА-М, 2005.

Рундквист Т.В., Припачкин П.В. К вопросу о геологическом строении и платиноносности Мончегорского плутона (Кольский п-ов) // Руды и металлы. 2009. № 4. – С. 15–24.

Сакулина Т.С. и др. Глубинное строение северной части Баренцево-Карского региона вдоль опорного профиля 4АР (п-ов Таймыр – Земля Франца Иосифа) / Т.С. Сакулина, М.Л. Верба, Н.М. Иванова, Н.А. Крупнова, И.В. Беляев // Модели земной коры и верхней мантии по результатам глубинного сейсмопрофилирования: Материалы Междунар. науч.-практич. сем. Роснедра, ВСЕГЕИ. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2007. – С. 197–200.

Седых Ю.Н., Додин Д.А., Ступак В.М. Новые данные о строении и перспективах рудоносности глубинных частей Печенгского синклиория // Платина России. Т. III. Кн.1 и 2. – М.: Геоинформмарк, 1999. – С. 139–142.

Сейсмические модели литосферы основных геоструктур территории СССР / отв. ред. С.М. Зверев, И.П. Косминская. – М.: Наука, 1980. – 184 с.

Секретов С.Б. Море Лаптевых. Мощность верхнемелового – кайнозойского осадочного чехла // Геология и минеральные ресурсы шельфов России. Атлас / под ред. М.Н. Алексеева. – М.: Научный мир, 2004. Лист 1-5.

Сметанников А.Ф., Кудряшов А.И. Содержание и распределение Au, Ag, Pt в Верхнекамском месторождении каменных солей // Геохимия. 1995. № 3. – С. 1348–1351.

Соколов С.Ю. Прогнозная карта мощности осадочного чехла Восточно-Сибирского моря по данным спутниковой альтиметрии // Докл. РАН. 2008. Т. 418. № 5. – С. 655–659.

Сравнительная геолого-экономическая характеристика месторождений сульфидных руд Мирового океана и колчеданных месторождений суши. – М.: Изд-во ВИЭМС, 1985. Вып. 8. (Экономика минерального сырья – зарубежный опыт).

Ставский А.П. О корректировке законодательства о недрах в целях развития геолого-поисковых работ // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2011. № 5. – С. 53–57.

Стратегии развития геологической отрасли Российской Федерации до 2030 года, (утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 21 июня 2010 г. № 1039-р.), [электронный ресурс], режим доступа: <http://nordoc.ru/doc/58-58734>.

Стратегия развития металлургической промышленности России на период до 2020 года (утв. Приказом Министерства промышленности и торговли РФ от 18 марта 2009 г. № 150), [электронный ресурс], режим доступа: <http://www.bestpravo.ru/federalnoje/hj-gravo/f4w.htm>.

Суворов В.Д. Глубинные сейсмические исследования в Якутской кимберлитовой провинции. – Новосибирск, 1993. – 135 с.

Сулейманов А.К., Берзин Р.Г., Заможняя Н.Г., Липилин А.В. Результаты комплексных глубинных геолого-геофизических исследований Восточно-Европейского кратона (опорный геофизический профиль 1ЕВ) // Модели земной коры и верхней мантии по результатам глубинного сейсмопрофилирования: Материалы Междунар. науч.-практич. сем. Роснедра, ВСЕГЕИ. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2007. – С. 215–223.

Сулейманов А.К., Заможняя Н.Г., Андрющенко Ю.Н., Липилин А.В. Глубинные сейсмические исследования отраженными волнами // Структура и строение земной коры Магаданского сектора России по геолого-геофизическим данным: сб. науч. тр. / отв. ред. А.С. Сальников. – Новосибирск: Наука, 2007. – С. 22–26.

Сурков В.С. и др. Строение земной коры по опорному профилю 2ДВ (северо-восток России) по данным новой технологии глубинных сейсмических зондирований / В.С. Сурков, А.С. Сальников, В.Л. Кузнецов, В.С. Селезнев, А.Ф. Еманов, В.М. Соловьев // Модели земной коры и верхней мантии по результатам глубинного сейсмопрофилирования: Материалы Междунар. науч.-практич. сем. Роснедра, ВСЕГЕИ. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2007. – С. 233–236.

Сушон А.Р. Организация и экономика геологоразведочных работ за рубежом. – М.: Недра, 1979. – 173 с.

Сценарные условия долгосрочного прогноза социально-экономического развития РФ до 2030 г. – М.: МЭР, 2012. – 61 с.

Тезисы докладов 10-й Междунар. конф. «Геоинформатика: теоретические и прикладные аспекты». – Киев, 2011.

Тезисы докладов XXIV Междунар. картографической конф. – Сантьяго, 2009.

Тезисы докладов XXV Междунар. картографической конф. – Париж, 2011.

Тезисы докладов Международной конференции «Новые технологии обработки и использования данных дистанционного зондирования Земли в геологоразведочных работах и при ведении мониторинга опасных геологических процессов» [электронный ресурс], (Санкт-Петербург, 2012), 1 электрон. опт. диск (CD-ROM)

Тезисы докладов Международной конференции по фотограмметрии и дистанционному зондированию [электронный ресурс], (Вена, Австрия, 2010), 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

Ткач Г.Н., Бескин С.М. Ресурсный потенциал рения территории России // Разведка и охрана недр. 2011. № 6. – С. 26–33.

Третьяков А. Мировой рынок цинка. Обзор. Металлургия ЧЦЗ. – 10 с., [электронный ресурс], режим доступа: <http://algoritmus.ru/wp-content/uploads/2012/06/140512CHZNRU.pdf>.

Трухин Ю.П., Степанов В.А., Сидоров М.Д., Кунгуров В.Е. Шанучское медно-никелевое месторождение: геолого-геофизическая модель, состав и геохимия руд // Руды и металлы. 2009. № 5. – С. 75–81.

Федеральный закон «О недрах» от 21.02.92 № 2395-1 (ред. от 06.12.2011; по состоянию на 19.01.2012).

Федеральный закон о внесении изменений в закон Российской Федерации «О недрах» (Федеральный закон от 18.07.2011 № 222-ФЗ).

Федорчук В.П. Много ли у России минеральных ресурсов? // Россия в окружающем мире: 1999: Аналитический ежегодник. – М.: Изд-во МНЭПУ, 1999. – С. 1–16.

Хван Т.А. Экология. Основы рационального природопользования: Учеб. пособие для вузов / Т.А. Хван, М.В. Шинкина. – 5-е изд. – М.: Юрайт, 2011. – 319 с., [электронный ресурс], режим доступа: www.biblioclub.ru.

Ходина М.А. Марганец // Минеральное сырье: от недр до рынка. В 3 т. Т. 3: Черные, легирующие металлы и некоторые неметаллы. – М.: Научный мир, 2011. – С. 101–176.

Ходина М.А. Хром // Минеральное сырье: от недр до рынка. В 3 т. Т. 3: Черные, легирующие металлы и некоторые неметаллы. – М.: Научный мир, 2011. – С. 177–238.

Чернявский А.Г. О динамических кондициях для подсчета запасов месторождений твердых полезных ископаемых и возможных областях их использования // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2007. № 6. – С. 34–37.

Шаров Н.В. и др. Сейсмогеологическая характеристика земной коры юго-восточной части Фенноскандинавского щита (Россия) / Н.В. Шаров, В.С. Куликов, В.В. Куликова, Э.В. Исанина, Н.А. Крупнова // Геофизический журнал. 2010. № 3. Т. 32. – С. 3–17.

Школьникова Е.А., Карпузов А.Ф., Логачёва И.Е., Семилеткин С.А. ИПС «Уникальные геологические объекты России» структура, наполнение, совершенствование и использование // Изучение и охрана объектов геологического наследия России: Материалы Рабочего совещ. Российской группы ProGeo. 25–27 мая 2011 г. Санкт-Петербург, ВСЕГЕИ. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2011. – С. 10–12.

Эдер Л., Филимонова И. Нефтегазовая отрасль в экономике России // Нефтегазовая вертикаль. 2012. № 18. – С. 36–44.

Энергетическая стратегия России на период до 2030 г. (утв. распоряжение Правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009 г. № 1715-р), [электронный ресурс], режим доступа: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/96681>.

Эринчек Ю.М., Мильштейн Е.Д., Егоркин А.В., Верба В.В. Строение раздела Мохо территории России и прилегающих акваторий // Модели земной коры и верхней мантии по результатам глубинного сейсмопрофилирования: Материалы Междунар. науч.-практич. сем. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2007. – С. 241–244.

Якуцени В.П., Беневольский Б.И., Кривцов А.И. и др. Стратегические виды полезных ископаемых России и их государственные резервы. – СПб.: ВНИГРИ, 2007. – 231 с.

Alcock M.A., Campbell B., Quinn T., Symonds P.A. Implications of Australia's Submission to the Commission on the Limits of the Continental Shelf // Proceed. of 5th ABLOS.

Avey A., Gaina C., Kuszniir N.J., Torsvik T.H. Integrated crustal thickness mapping and plate reconstructions for the High Arctic // Earth and Planet. Sci. Lett., 2008. 274. – P. 310–321.

Amur Minerals Corp. Projects: Kun-Manie. Resources and Reserves, [электронный ресурс], режим доступа: <http://www.amurminerals.com>. 31.03.2008.

Appleyard G.R. Joint Venture as a Basis for Valuation // Proc. of VALMIN'94, AusIMM, Carlton, Australia. 1994. – P. 167–174.

Australasian Code for Reporting of Mineral Resources and Ore Reserves (JORC Code), 1999 ed. The AusIMM, Carlton, Vic., Australia. 1999. – 16 p.

Bamber A.S., Houlahan D.J. Development, testing and applications of an induction-balance sensor for lowgrade nickel ores // CIM journal. 2010. Vol. 1. N 2. – 28 p.

Barnes S.J., Maier W.D., Curl E.A. Composition of the marginal rocks and sills of the Rustenburg layered suite, Bushveld complex, South Africa: implications for the formation of platinum group element deposits // Economic Geology. 2010. Vol. 105. N 8. – P. 1491–1514.

Begg G.C., Hronsky J.A.M., Arndt N.T. et al. Lithospheric, cratonic and geodynamic setting of Ni-Cu-PGE sulphide deposits // Economic Geology. 2010. Vol. 105. N 6. – P. 1057–1070.

Bohm C.O., Zwanzig H.V., Creaser R.A. Sm-Nd isotope technique as an exploration tool: delineating the northern extension of the Thompson nickel belt, Manitoba, Canada // Economic Geology. 2007. Vol. 102. N 7. – P. 1217–1231.

Bohnhoff M., Makris J. Crustal structure of the southeastern Iceland-Faeroe Ridge (IFR) from wide aperture seismic data // J. of Geodynamics. 2004. 37. 2. – P. 233–252.

Braun A., Kim H.R., Csatho B., von Frese R.R.B. Gravity-inferred crustal thickness of Greenland // Earth and Planet. Sci. Lett. 2007. 262. – P. 138–158.

Brumley Kelley. Tectonic geomorphology of the Chukchi Borderland: constraint for tectonic reconstruction models. Fairbanks, AK. University of Alaska. 2009. – 116 p.

Bullen W. The economics of diamond projects in the Canadian Arctic / W. Bullen, J. Zhang // CIM Bulletin: Technical papers. 2007. Febr. 2006 to Jan. 2007. – P. 219–224.

Grimes C.B., John B.E., Kelemen P.B. et al. U-Pb age, trace-element, and Hf-isotope compositions of zircon in a quartz vein from eclogite in the western Dabie Mountains: Constraints on fluid flow during early exhumation of ultrahigh-pressure rocks // Geology. 35. (2007). – P. 643–646.

Cai C., Li H., Qin M. Biogenic and petroleum-related ore-forming processes in Dongsheng uranium deposit, NW China // Ore Geol. Rev. 2007. Vol. 32. N 1/2. – P. 262–274.

Capen E.C. Property Evaluation – A Return to First Principles. The Society of Petroleum Engineers Hydrocarbon Economics and Evaluation Symposium-2001, Dallas, TX, USA, 2001. – 3 p.

Cathro D.L., Karner G.D. Cretaceous-Tertiary inversion history of the Dampier Sub-basin, northwest Australia: insights from quantitative basin modeling // Marine of Petroleum Geology. 2006. Vol. 23. N 4. – P. 503–526.

Chapman R.J., Mortensen J.K. Application of microchemical characterization of placer gold grains to exploration for epithermal gold mineralization in regions of poor exposure // J. of Geochemical Exploration. 2006. Vol. 91. N 1–3. – P. 1–26.

Code and Guidelines for Technical Assessment and/or Valuation of Mineral and Petroleum Assets and Mineral and Petroleum Securities for Independent Expert Reports (VALMIN Code), 1998 ed. The AusIMM, Carlton, Vic., Australia. 1998. – 23 p.

Commission on the Limits of the Continental Shelf (Сайт Комиссии по границам континентального шельфа CLCS): [электронный ресурс], режимы доступа: www.un.org/Depts/los/clcs_new/clcs_home.htm; www.un.org/Depts/los/clcs_new/commission_recommendations.htm.

Continental Lithosphere: deep seismic reflection / Eds. R. Meissner, L. Brown, H.J. Durbaum, W. Frauke, K. Fucks, E. Seifert. Geodynamic Series. Vol. 22, Am. Geophys. Union, Washington, D.C. 1991.

Core D.P., Kesler S.E., Essene E.J. Unusually Cu-rich magmas associated with giant porphyry copper deposits: evidence from Bingham, Utah // Geology. 2006. Vol. 34. N 1. – P. 41.

Czuba W., Grad M., Guterch A. et al. Seismic crustal structure along the deep transect Horsted'05, Svalbard // Polish polar research. 2008. 29. N 3. – P. 279–290.

Czuba W., Ritzmann O., Nishimura Y. et al. Crustal structure of the continent–ocean transition zone along two deep seismic transects in north western Spitsbergen // Polish Polar Research. 2004. Vol. 25. N 3–4. – P. 205–221.

Deckelman J.A., Connors F.X., Shultz A.W. Neogene oil and gas reservoirs in the Progreso Basin, offshore Ecuador and Peru: implications for petroleum exploration and development // J. of Petroleum Geology. 2008. Vol. 31. N 1. – P. 43–60.

Di Tommaso I., Rubinstein N. Hydrothermal alteration mapping using ASTER data in the Infiernillo porphyry deposit, Argentina // Ore Geology Rev. 2007. Vol. 32. N 1/2. – P. 275–290.

Draft Standards and Guidelines for Valuation of Mineral Properties. Special Committee of The Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum Special on Valuation of Mineral Properties, Toronto, Canada. 2002. – 27 p.

Drummond B., Lyons P., Goleby B., Jones L. Constraining models of the tectonic setting of the giant Olympic Dam iron oxide – copper – gold deposit, South Australia, using deep seismic reflection data // Tectonophysics. 2006. Vol. 420. Iss.1–2. – P. 91–103.

- DSDP-ODP boreholes data and logs, [электронный ресурс], режим доступа: <http://www-odp.tamu.edu/>, <http://www.deepseadrilling.org/>.
- Eisenburger D., Grissemann C., Gundelach V.* Ground penetrating radar investigations at the planned Unki platinum mine. Great Dyke, Zimbabwe // CIM journal. 2010. Vol. 1. N 2. – P. 75–85.
- Electronic Geological Atlas of Canada (Demo) GIS data, [электронный ресурс], режим доступа: <http://www.skeinc.com/Support/GeologyofCanadaAtlasImages.htm>.
- Ellis T.R.* Reporting Standards – The USA Experience: Achieving True Globalisation – Problems and Solutions // CMMI Congress 2002, AusIMM, Melbourne, Australia, PS No 3/2002. – P. 67–77.
- Ellis T.R.* The U.S. Mineral Property Valuation Patchwork of Regulations and Standards. Mineral Property Valuation Proceedings // CIM Bulletin. Vol. 95. N 1059. Toronto, Canada, 2002. – P. 110–118.
- Feriancek J.* Minerals and Mining Law. Mineral Law Section of Colorado Bar Association, Denver, CO, USA. 1999. – 9 p.
- Forsberg R., Kenyon S.* Gravity and Geoid in the Arctic region – the northern polar gap now filled. 2005, [электронный ресурс], режим доступа: http://earthinfo.nga.mil/GandG/wgs84/agp/readme_new.html, IBCAO (International Bathymetric Chart of Arctic Ocean). 2005, режим доступа: <http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/bathymetry/arctic/arctic.html>.
- Funck T., Jackson H.R., Dehler S.A., Reid I.D.* A Refraction Seismic Transect from Greenland to Ellesmere Island, Canada: The Crustal Structure in Southern Nares Strait // Polarforschung. 2004. 74 (1-3). – P. 97–112.
- Funck T., Jackson H.R., Loudon K.E., Klingelhofer F.* Seismic study of the transform-rifted margin in Davis Strait between Baffin Island (Canada) and Greenland: What happens when a plume meets a transform // J. Geophys. Res. 2007. 112. B04402. – 22 p.
- Funk R., Reuter H.I., Hoffmann C., Engel W.* Effect of moisture on fine dust emission of soils and its relevance for the derivation of emission factors // Earth Surface Processes and Landforms, submitted. 2007.
- Gaina C., Werner S., Saltus R., Maus S.* and the CAMP-GM group (2010), Circum-Arctic Mapping Project: New Magnetic and Gravity Anomaly Maps of the Arctic. “Arctic Petroleum Geology” / Eds. A.M. Spencer, D. Gautier, A. Stoupakova, A. Embry, K. Sørensen // Geol. Soc. London Spec. Publ.
- General Bathymetric Chart of Oceans. Centennial Edition. 2003. Изобаты рельефа дна по данным ГЕБКО 2003, [электронный ресурс], режим доступа: <http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/gebco/gebco.html>.
- General Bathymetric Chart of Oceans. Centennial Edition. 2003. Маршруты промеров по данным ИНОДЦДВ ГЕБКО 2003, [электронный ресурс], режим доступа: <http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/gebco/gebco.html>.
- Geodas-4-1-18. Маршруты промеров по данным GEODAS для всех рейсов Lamont на Арктику, [электронный ресурс], режим доступа: <http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/geodas/trackline.html>.
- Geological map of the Arctic. 1 : 5,000,000. GSC. Open File Report 5816. 2008–2010.
- Godel B., Barnes S.J.*, Platinum-group elements in sulfide mineral and the whole rocks of the reef (Stillwater complex): implication for the formation of the reef // Chemical Geology. 2008. Vol. 248. – P. 272–294.
- Goulevitch J., Eupene G.S.* Geoscience Rating for Valuation of Exploration Properties – Applicability of the Kilburn Method in Australia and Examples of its Use // Proceed. of VALMIN'94, AusIMM, Carlton, Australia. 1994 – P. 175–189.
- Grad M., Tiira T.* and working group, 2007. The Moho depth of the European plate, [электронный ресурс], режим доступа: <http://www.seismo.helsinki.fi/mohomap>, <http://www.igf.fuw.edu.pl/mohomap2007>.
- Gramberg I.S., Verba V.V., Verba M.L., Kos'ko M.K.* Sedimentary Cover Thickness Map. Sedimentary Basins in the Arctic. Polarforschung 69. 1999. – P. 243–249 (erschienen, 2001).
- Grantz A.* et al. Phanerozoic stratigraphy of Northwind Ridge, magnetic anomalies in the Canada Basin, and the geometry and timing of rifting in the Amerasian Basin, Arctic Ocean // Geol. Soc. Am. Bull. 1998. Vol. 110. – P. 801–820.
- Grantz A., Hart P.E., Childers V.A.* Chapter 50. Geology and tectonic development of the Amerasia and Canada Basins, Arctic Ocean // Arctic Petroleum Geology. Geological Society, London, Memoirs. 2011. 35. – P. 771–799.
- Grantz A., Pease V.L., Willard D.A.* et al. Bedrock cores from 89° North: Implication for the geologic framework and Neogene paleoceanology of Lomonosov Ridge and a tie to the Barents shelf // Geol. Soc. Amer. Bull. 2001. Vol. 113. N 10. P. 1272–1281.

Grantz A., Scott R.A., Drachev S. et al. Map, showing the sedimentary successions of the Arctic Region that may be prospective for hydrocarbons. 2009.

Grantz A. et al. Chapter 2. Sedimentary successions of the Arctic Region (58–64° to 90°N) that may be prospective for hydrocarbons // *Arctic Petroleum Geology*. Geological Society, London, Memoirs. 2011. 35. – P. 17–37.

ГТОР030 digital elevation data, [электронный ресурс], режим доступа: <http://edcdaac.usgs.gov/gtopo30/gtopo30.html>.

Gwang H. Lee, Young I. Kwon, Chong S. Yoon Igneous complexes in the eastern Northern South Yellow Sea Basin and their implications for hydrocarbon systems // *Marine and petroleum geology*. 2006. Vol. 23. N 6. – P. 631–645.

Halama R., McDonough W.F., Rudnick R.L., Bell K. Tracking the lithium isotopic evolution of the mantle using carbonatites // *Earth and Planet. Sci. Lett.* 2008. Vol. 265. N 3/4. – P. 726–742.

Hanley J.J., Mungall J.E., Pettke T., Spooner E.T.C. Fluid and Halide melt Inclusions of magmatic origin in the Ultramafic and Lower Bander series, Stillwater complex, Montana, USA // *J. of Petrology*. 2008. Vol. 49. N 6. – P. 1133–1160.

Hoatson D.M., Jaireth S., Jaques A.L. Nickel sulfide deposits in Australia: characteristics, resources and potential // *Ore Geol. Rev.* 2006. N 29. – P. 177–241.

Huston D.L., Stevens B., Southgate P.N. Australian Zn-Pb-Ag ore-forming systems: a review and analysis // *Economic Geology. Bull. of the Soc. of Econom. Geol.* 2006. Vol. 101. N 6. – P. 1117–1158.

IBCAO (International Bathymetric Chart of Arctic Ocean), Version 2.23, [электронный ресурс], режим доступа: <http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/bathymetry/arctic/arctic.html>.

Industry Guide 7: Description of Property by Issuers Engaged or To Be Engaged in Significant Mining Operations. US Securities and Exchange Commission, Washington, DC, USA. 1992. – 7 p.

International Accounting Standards Committee's Extractive Industries Issues Paper. IASC, London, UC. 2000. – 412 p.

Jackson H.R., Dahl-Jensen T., the LORITA working group, 2010. Sedimentary and crustal structure from the Ellesmere Island and Greenland continental shelves onto the Lomonosov Ridge, Arctic Ocean // *Geophys. J. Int.* 182. – P. 11–35.

Jackson H. Ruth et al. The Lomonosov Ridge stable position during the opening of the Arctic Ocean // Presentation on ICAM VI. Copenhagen. 2011.

Jokat W. Seismic investigations along the western sector of Alpha Ridge, Central Arctic Ocean // *Geophys. J. Int.* 2003. 152. – P. 185–201.

Jokat W. The sedimentary structure of the Lomonosov Ridge between 88° and 80° N // *Geophys. J. Int.* 2005. 163. – P. 698–726.

Jokat W., Jackson R. Seismic studies on Arctic Ridges // *Inter Ridge Workshop: Mapping and Sampling the Arctic Ridges*. BGR, Hannover, Germany. 1998. – 6 p.

Jokat W., Micksch U. Sedimentary structure of the Nansen and Amundsen basins, Arctic Ocean // *Geophysical Res. Lett.* 2004. Vol. 31. – P. 1–4.

Jokat W., Schmidt-Aursch Mechita C. Geophysical characteristics of the ultraslow spreading Gakkel ridge, Arctic Ocean // *Geophys. J. Int.* 2007. 168. – P. 983–998.

Justwan H., Meisingset I., Dahl B., Isaksen G.H. Geothermal history and petroleum generation in the Norwegian South Viking Graben revealed by pseudo-3D basin modelling // *Marine and Petroleum Geology*. 2006. Vol. 23. N 8. – P. 791–819.

Katsube J., Keating P., Covello L. Surface geophysical surveys for gold exploration in the Yellowknife Domain // *Special Publication / Geological Association of Canada, Mineral Deposits Division*. 2006. N 3. – P. 398–403.

Kempe U., Wolf D. Anomalously high Sc contents in ore minerals from Sn-W deposits: possible economic significance and genetic implications // *Ore Geology Rev.* 2006. Vol. 28. N 1. – P. 103–122.

Khan S.D., Jacobson. Remote sensing and geochemistry for detecting hydrocarbon microseepages / S.D. Khan // *The Geological Society of America Bulletin*. 2008. Vol. 120. N 1/2. – P. 96–105.

LANDAST-ETM+. NASA John C. Stennis Space Center, [электронный ресурс], режим доступа: <http://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/mrsid.pl>.

Laske G., Masters G., Reif C., 2000. CRUST 2.0: A new global crustal model at 2x2 degrees, [электронный ресурс], режим доступа: <http://igppweb.ucsd.edu/~gabi/rem.html>.

Laske G., Masters G. A Global Digital Map of Sediment Thickness, *EOS Trans. AGU*. 78. F483. 1997.

Lawrence M.J. The AusIMM's VALMIN Code (1998) – Now an International Guide to Project Assessment and Valuation Best Practice // The Codes Forum Proceedings, Sydney, Australia. 2000. – P. 1–6.

Lawrence M.J., Dewar G.L. Mineral Property Valuation, or “What Number Did You Have in Mind?” // Proceed. PACRIM'99 Congress in Bali, Indonesia. AusIMM, Melbourne, Australia. 1999. – P. 13–27.

Laxon S., McAdoo D. Satellites Provide New Insights into Polar Geophysics // EOS, Transactions AGU. 1998. 79(6). – P. 69–72.

Lazzari S. The Federal Royalty and Tax Treatment of the Hard Rock Minerals Industry: An Economic Analysis, CRS Report No. 90-493 E, Congressional Research Service, Washington, DC, USA. 1990 – 22 p.

Lebedeva-Ivanova N.N. Geophysical Studies Bearing on the Origin of the Arctic Basin. Acta Universitatis Upsaliensis. Digital Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science and Technology. 2010. 729. – 80 p.

Lebedeva-Ivanova N.N., Gee D.G., Sergeev M.B. Chapter 26. Crustal structure of the East Siberian continental margin, Podvodnikov and Makarov basins, based on refraction seismic data (TransArctic 1989–1991) // Arctic Petroleum Geology. Geological Society, London, Memoirs. 2011. 35. – P. 395–411.

Lebedeva-Ivanova N.N., Zamansky Y.Ya., Langinen A.E., Sorokin M.Yu. Seismic profiling across the Mendeleev Ridge at 82 N: evidence of continental crust // Geophys. J. Int. 2006. 165. – P. 527–544.

Leshy John D. The Mining Law: A Study In Perpetual Motion. Resources for the Future, Inc., Washington, DC, USA. 1987. – 246 p.

Liu H., Liu J., Yu C. и др. Integrated geological and geophysical exploration for concealed ores beneath cover in the Chaihulanzi goldfield, Northern China // Geophysical Prospecting. 2006. Vol. 54. N 5. – P. 605–622.

Ljones F., Kuwano A., Mjelde R. et al. Crustal transect from the North Atlantic Knipovich Ridge to the Svalbard Margin west of Hornsund // Tectonophysics. 2004. 378. – P. 17–41.

Locmelis M., Melcher F., Overthur Th. Platinum-group element distribution in the oxidized Main Sulfide zone, Great Dyke, Zimbabwe // Mineralium Deposita. 2010. Vol. 45. N 1. – P. 93–109.

Ma Y.S., Guo X.S., Guo T.L. The Puguang gas field: new giant discovery in the mature Sichuan basin, southwest China // AAPG Bulletin / Amer. Assoc. of Petroleum Geologists. 2007. Vol. 91. N 5. – P. 627–643.

MacBeth C., Stammeijer J., Omerod M. Seismic monitoring of pressure depletion evaluated for a United Kingdom continental-shelf gas reservoir // Geophysical Prospecting. 2006. Vol. 54. N 1. – P. 29–47.

Maier W.D., Barnes S.-J. Petrogenesis of platinum group element reefs in the Upper Main zone of the Northern Lobe of the Bushveld complex on the farm moorddrift, South Africa // Economic Geology. 2010. Vol. 105. N 4. – P. 841–854.

Malr J.A., Forsyth D.A. Crustal structures of the Canada basin near Alaska, the Lomonosov ridge and adjoining basins near the North Pole // Tectonophysics. 1982. 89. – P. 239–253.

Manual for Discounting Oil and Gas Income. State Property Tax Board, Austin, TX, USA. 1999. – 21 p.

Maus S. et al. (2009), EMAG2: A 2-arc min resolution Earth Magnetic Anomaly Grid compiled from satellite, airborne, and marine magnetic measurements, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 10, Q08005, doi:10.1029/2009GC002471, [электронный ресурс], режим доступа: <http://geomag.org/info/Smaus/Doc/emag2.pdf>.

McKnight R.T. Valuing Mineral Opportunities as Option. Report pres. to SME and CIM/ PDAC Convention, CIM, Toronto, Canada. 2000.

McNutt M., Caress D.W. Crust and Lithospheric Structure – Hot Spots and Hot-Spot Swells // Treatise on Geophysics. Vol. 1: Seismology and Structure of the Earth. (Eds. B. Romanowicz & A. Dziewonski). Elsevier. 2007. – P. 445–478.

Meggs T. Meeting the third trillion challenge // First Break. 2007. Vol. 25. – P. 79–81.

Meissner R. The Continental Crust: a Geophysical Approach. – Academic Press, INC, Orlando. 1986. – 426 p. (International Geophys. Series. Vol. 34).

Meshram R.N. A comparison and correspondence between existing mineral classification system of India and United National Framework Classification System / R.N. Meshram, K.K. Chatterjee // Indian papers for Seminar on implementation of UNFC. Ministry of Mines India. 2000.

- Mikhalsky E.V., Henjes-Kunst F., Belyatsky B.V.* et al. New Sm-Nd, Rb-Sr, U-Pb and Hf isotope systematics for the southern Prince Charles Mountains (East Antarctica) and its tectonic implications // *Precambrian Res.* Vol. 182. Iss. 1-2. (2010). – P. 101–123.
- Mineral Companies. The Johannesburg Stock Exchange Listing Requirements, Section 12. JSE, Johannesburg, RSA. 1999. – 18 p.
- Mooney W.D.* Crust and Lithospheric Structure – Global Crustal Structure // *Treatise on Geophysics.* Vol. 1: Seismology and Structure of the Earth / Eds. B. Romanowicz & A. Dziewonski. – Amsterdam: Elsevier, 2007. – P. 361–417.
- Mooney W.D., Laske G., Masters T.G.*, 1998. CRUST 5.1: A global crustal model at 5° *Mueller St.* A new model of the continental crust // *Am. Geophys. Un. Mon.* 1977. 20. – P. 289–317.
- National Petroleum Reserve Area surves. Alaska, [электронный ресурс], режим доступа: <http://nerslweb.cr.usgs.gov/NPRAWEB/seissrch.asp>.
- NGDC-720-V1 magnetic crustal field model. 2007, [электронный ресурс], режим доступа: <http://www.ngdc.noaa.gov/seg/EMM/emm.shtml>.
- Norsar seismological database. January 2009, [электронный ресурс], режим доступа: <http://www.norsardata.no/NDC/bulletins/regional/>.
- Onley P.G.* Multiples of Exploration Expenditure as a Basis for Mineral Valuation // *Proceedings of VALMIN'94, AusIMM, Carlton, Australia.* 1994. – P. 191–197.
- Paliulionyte V., Meisel T., Ramminger P.* P. Kettisch High pressure asher digestion and an isotope dilution-ICP-MS method for the determination of platinum-group element concentrations in chromitite reference materials CHR-Bkg, GAN Pt-1 and HHH // *Geostandards and Geoanalytical Res.* 2006. Vol. 30. N 2. – P. 87–96.
- Pašava J., Frimmel H., Taiyi L.* et al. Extreme PGE concentrations in the lower Cambrian acid tuff layer of the Kunyang phosphate deposit, Yunnan Province, South China-possible PGE source for lower Cambrian Mo-Ni-Polyelement ore beds // *Economic Geology.* 2010. Vol. 105. N 6. – P. 1047–1057.
- Peters K.E., Magoon L.B., Bird K.J.* North Slope, Alaska: source rock distribution, richness, thermal maturity, and petroleum charge // *AAPG Bull. / Amer. Assoc. of Petroleum Geologists.* 2006. Vol. 90. N 2. – P. 261–292.
- Practical application of the united nations framework classification for reserves/recources (State of implementation in China). Geneva, UN/ECE-Energy. 2000. – P. 9.
- Property Classification Guide for Reporting of Property Value. State Property Tax Board, Austin, TX, USA. 2002. – 15 p.
- Proceedings of the 34th International Geological Congress (IGC) 2012. (5–10 August 2012, Brisbane, Australia) (1).
- Proceedings of the 34th IGC Australian Geoscience Council, Canberra, Australia. 2012 (2).
- Rasilainen K., Eilu P., Halkoaho T.* et al. Quantitative mineral resource assessment of undiscovered PGE resources in Finland // *Ore Geology reviews.* 2010. Vol. 38. N 3. – P. 270–287.
- Ressel M.W., Henry C.D.* Igneous geology of the Carlin Trend, Nevada: development of the eocene plutonic complex and significance for Carlin-type gold deposits // *Economic Geology. Bulletin of the Society of Economic Geologists.* 2006. Vol. 101. N 2. – P. 347–383.
- Ritzmann O., Jokat W.* Crustal structure of northwestern Svalbard and the adjacent Yermak Plateau: evidence for Oligocene detachment tectonics and non-volcanic breakup // *Geophys. J. Int.* 2003. 152. – P. 139–159.
- Ritzmann O., Jokat W., Czuba W.* et al. A deep seismic transect from Hovgard Ridge to northwestern Svalbard across the continental-ocean transition: A sheared margin study // *Geophys. J. Int.* 2004. 157. – P. 683–702.
- Ritzmann O., Maercklin N., Faleide J.I.* et al. A 3D geophysical model of the crust in the Barents sea region: model construction and basement characterization // *28th Seismic Research Review: Ground-Based Nuclear Explosion Monitoring Technologies.* 2006. – P. 229–237.
- Roscoe W.E.* Valuation of Mineral Exploration Properties Using the Cost Approach. Report pres. to SME and CIM/PDAC Convention, CIM, Toronto, Canada. 2000.
- Roscoe William E.* Valuation of Non-Producing Mineral Properties. Mineral Valuation Section of ASA/CICBV 5th Joint Advanced Business Valuation Conference. Orlando, FL, USA. 2002.
- Roslov Yu.V., Sakoulina T.S., Pavlenkova N.I.* Deep seismic investigations in the Barents and Kara Seas // *Tectonophysics.* 2009. 472. – P. 301–308.
- Sakoulina T.S., Telegin A.N., Tikhonova I.M.* et al. The results of Deep Seismic Investigation on Geotravers in the Barents Sea from Kola peninsula to Franz-Jozeph Land // *Tectonophysics.* 2000. Vol. 329. – P. 319–331.

Sheard E.R., Williams-Jones A.E., Heiligmann M. et al. Trueman Controls on the Concentration of Zirconium, Niobium, and the Rare Earth Elements in the Thor Lake Rare Metal Deposit, Northwest Territories // *Canada Economic Geology*, January-February. 2012.

Shimeld J.W., Jackson H.R. et al. Single channel, normal incidence seismic reflection data collected over Lomonsov Ridge from a drifting ice camp during the 2006 LORITA expedition. Презентация на международной рабочей встрече геологических служб России, Дании и Канады в 2008. Копенгаген, Дания. 2008.

Shimeld J.W., Jackson H.R., Hutchinson D. et al. Evidence for an important tectonostratigraphic seismic marker across Canada Basin and southern Alpha Ridge of the Arctic Ocean. Доклад на VI Междунар. конф. по вопросам арктических окраин (ICAM-VI). Фэрбенкс, Аляска. 2011.

Smit F., Ligtenag M., Wills P., Calvert R. Toward affordable permanent seismic reservoir monitoring using the sparse OBC concept // *The Leading Edge*. 2006. Vol. 25. N 4. – P. 454–459.

Sorentino C. Valuation Methodology for VALMIN // *The Codes Forum Proceedings*, Sydney, Australia. 2000. – P. 37–55.

South African Code for Reporting of Mineral Resources and Mineral Reserves (The SAMREC Code). SaIMM, Johannesburg, RSA. 2000. – 35 p.

SPEE Recommended Evaluation Practices. The Society of Petroleum Evaluation Engineers, Houston, TX, USA, 2002. – 42 p.

Snaka L.S., Carazzone J.J., Ephron M.S., Eriksen E.A. Remote reservoir resistivity mapping // *The Leading Edge*. 2006. Vol. 25. N 8. – P. 972–976.

Takahashi R., Hiroharu M., Okrugin V.M. Ono Shuji Polymetallic and Au-Ag mineralizations at the Mutnovskoe deposit in South Kamchatka, Russia // *Resource Geology*. 2006. Vol. 56. N 2. – P. 141–156.

The Uniform Standards of Professional Appraisal Practice. Appraisal Standard Board of the Appraisal Foundation, Washington, DC. 2002. – 173 p.

UNCLOS (United Nations Convention on the Law of the Sea). 1833 U.N.T. S. 397.

Underdown R., Redfern J. Petroleum generation and migration in the Ghadames Basin, North Africa: a two-dimensional basin-modeling study // *AAPG Bulletin / Amer. Assoc. of Petroleum Geologists*. 2008. Vol. 92. N 1. – P. 53–76.

United States Code. Title 30 – Mineral Lands and Mining. Ch. 2: Mineral Lands and Regulations in General, §§ 22–42.

USGS geological maps 1 : 7,500,000 (Open File Report 97-470J).

USGS. Minerals Yearbook. Platinum-group Metals (advance release): [электронный ресурс], режим доступа: <http://minerals.usgs.gov>. 2011.

Valuation of Mineral Bearing Land and Other Wasting Assets, PS 22. RICS Appraisal and Valuation Manual (The Red Book). RICS Valuation Standards Committee, London, UC. 1997. – 354 p.

Valuation of Mineral Properties. Section D-11 of the Uniform Appraisal Standards for Federal Land Acquisitions. US Government Printing Office, Washington, DC. 1992. – 132 p.

Van der Hilst R.D., Widiyantoro S., Engdahl E. Evidence for deep mantle circulation from global tomography // *Nature*. 1997. 386. – P. 578–584.

Vdovets M.S., Silantiev V.V., Mozzherin V.V. A National Geopark in the Republic of Tatarstan (Russia): a Feasibility Study // *Geoheritage: Springer Berlin/Heidelberg*. 2010. – P. 25–37.

Werniuk J. New ways to exploit oil sands: accessing the 'inaccessible' bitumen // *Canadian Mining Journal*. 2007. Vol. 128. N 3. – P. 23–27.

Wild M. Valuation of Mineral Properties under Uniform Appraisal Standards for Federal Land Acquisitions. Mineral Valuation Section of ASA/CICBV 5th Joint Advanced Business Valuation Conference. Orlando, FL, USA. 2002.

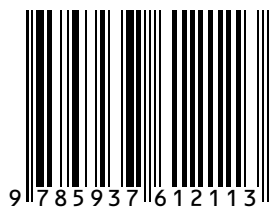
Williams H.M., Peslier A.H., McCammon C. et al. Teutsch and J.-P. Burg, Systematic iron isotope variations in mantle rocks and minerals: the effects of partial melting and oxygen fugacity // *Earth Planet. Sci. Lett.* 2005. 235. – P. 435–452.

Wright D.F., Kerswill J.A., Bonham-Carter G.F., Daneshfar B. Mapping gold potential for the Yellowknife Greenstone Belt EXTECH III Study Area using GIS-based analytical methods // *Special Publication / Geological Association of Canada, Mineral Deposits Division*. 2006. N 3. – P. 372–397.

Yang Zhuming, Woolley A. Carbonatites in China: a review // *Journal of Asian Earth Sciences*. 2006. Vol. 27. N 5. – P. 559–576.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И МИРОВЫХ ТЕНДЕНЦИЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ, ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ НЕДР	5
Геологическое изучение недр	7
Использование минерально-сырьевого потенциала недр	24
Охрана и рациональное использование недр	60
ОБЗОР ИТОГОВ НАУЧНОЙ ПРОГРАММЫ 34-Й СЕССИИ МЕЖДУНАРОДНОГО ГЕОЛОГИЧЕСКОГО КОНГРЕССА	85
ПРИОРИТЕТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ, ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ НЕДР	101
Литология	103
Петрология	106
Тектоника	110
Стратиграфия. Палеонтология	121
Геолого-геофизические работы	137
Геологосъемочные работы	140
Дистанционное зондирование Земли	146
Геолого-геохимические работы	156
Лабораторные и химико-аналитические работы	158
Геохронологические и изотопные исследования	162
Создание государственной сети опорных геолого-геофизических профилей, параметрических и сверхглубоких скважин	170
Геолого-геофизические работы по прогнозу землетрясений	185
Мониторинг и охрана геологической среды	195
Морская геология	199
Минерагенические исследования основных видов полезных ископаемых	204
Информационное обеспечение	277
Геолого-экономические исследования	295
Международные проекты, включая континентальное и океаническое бурение	297
РОЛЬ РОССИЙСКОЙ ГЕОЛОГИИ В МИРОВОЙ СИСТЕМЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ, ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ НЕДР	301
РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ПРИОРИТЕТНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ В ОБЛАСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ НЕДР И ВОСПРОИЗВОДСТВА МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	323
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	349
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	355



Приоритетные направления геологического изучения недр
По материалам 34-й сессии Международного геологического конгресса

Редактор издательства *В. И. Гинцбург*
Корректоры *Д. Е. Крекс, Л. В. Набиева*
Художественный и технический редактор *С. В. Шербакова*

Подписано в печать 06.06.2014. Печ. л. 46,25. Уч.-изд. л. 43,3. Формат 60 × 84/8.
Тираж 100 экз. Заказ № 80000425. Цена договорная

Адрес редакции
199106, Санкт-Петербург, Средний пр., 74, ВСЕГЕИ
Тел. 328-87-85, факс 328-90-47. E-mail: TMB@vsegei.ru

Отпечатано на Картографической фабрике ВСЕГЕИ
199178, Санкт-Петербург, Средний пр., 72. Тел. 328-91-90, факс 321-81-53