

УДК 550.8:553.41:553.3/9

Машковцев Г.А. (ФГБУ «ВИМС»)

ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ НА ТВЕРДЫЕ ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ

В статье рассмотрены проблемы и направления развития научно-методического обеспечения геологоразведочных работ (ГРР) на твердые полезные ископаемые (ТПИ). Показана необходимость комплексного анализа состояния минерально-сырьевой базы (МСБ), производства и потребления важнейших типов минерального сырья (МС) как важнейшего фактора планирования ГРР и недропользования в целом. Приводятся данные по срокам исчерпания запасов отдельных видов ТПИ для конкретных осваиваемых районов и регионов с количественной оценкой дефицита, требующего незамедлительного воспроизводства сырьевого потенциала. Указывается необходимость оценки возможности выявления и разработки нетрадиционных объектов МС. В целях ликвидации намевшегося дефицита поисковых площадей предлагается ускорить ввод в стадийность региональных исследований специального вида работ — прогнозно-минерогенических (ПМР-200), направленных на выделение конкретных локальных рудоперспективных участков недр. Приводятся также предложения о необходимости совершенствования всего прогнозно-поискового комплекса на основе внедрения в практику ГРР современных отечественных и зарубежных технологий: аэрогеофизических, в т.ч. беспилотных, наземных геофизических, геохимических и разведочных работ, отдельные примеры которых нашли отражение в статье. Важное место в работе отводится также технологиям переработки и геотехнологическим способам добычи МС, призванным обеспечить эффективное освоение месторождений с бедными, комплексными и упорными рудами, слагающими значительную часть нераспределенного фонда недр. **Ключевые слова:** прогноз и поиски, дефицитные виды минерального сырья, стадийность ГРР, прогнозно-минерогенические работы, модернизация прогнозно-поискового комплекса, технологии геологоразведочных работ, добыча и переработка минерального сырья.

Mashkovtsev G.A. (VIMS)

WAYS TO IMPROVE SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL SUPPORT OF THE SOLID MINERALS EXPLORATION

The article deals with the problems and directions of development of scientific and methodological support of geological exploration for solid minerals. The need for a comprehensive analysis of the mineral resource base condition, production

and consumption of the most important types of mineral raw materials as the most important factor in the planning of exploration and subsoil use in general is shown. The data on the time limits of supplies depletion of certain types of solid minerals for specific developed areas and regions with a quantitative assessment of the deficit requiring immediate reproduction of raw potential are presented. The necessity of assessment of revealing and development possibility of unconventional objects of mineral raw materials is pointed out. In order to eliminate the emerging shortage of exploration areas it is proposed to accelerate the introduction into the stages of regional studies special type of work — prognostic-mineragenic, aimed at the identifying specific local ore prospective areas. There are also proposals on the need to improve the entire prognostic-exploratory complex on the basis of the introduction into exploration practice modern domestic and foreign technologies: aerogeophysical, including unmanned, ground geophysical, geochemical and geological works, some examples of which are reflected in the article. An important place in the paper is also given to processing technologies and geotechnological methods of solid minerals production, designed to ensure the effective development of deposits with poor, complex and persistent ores that make up a significant part of the unallocated subsoil reserve fund. **Keywords:** prediction and search, scarce types of mineral raw materials, stages of exploration, prognostic-mineragenic works, modernization of prognostic-exploratory complex, technologies of geological exploration, production and processing of mineral raw materials.

К настоящему времени остро обострилась проблема расширения МСБ в связи с сокращением поискового задела и целым рядом организационных, экономических, методических и других проблем. В частности, наряду с подготовленными и частично реализуемыми программами и стратегиями социально-экономического и минерально-сырьевого развития общероссийского, регионального и отраслевого уровней, отсутствуют количественные оценки ожидаемого дефицита конкретных видов ТПИ в связи с погашением запасов разрабатываемых объектов в стране в целом, ее отдельным регионам, рудным районам и действующим крупным ГОКа, что существенно снижает возможность предметной оценки необходимого уровня воспроизводства ТПИ и определения конкретных территорий развития стадийного комплекса ГРР.

При обосновании перспектив территорий используются в основном результаты мелко- и среднемасштабных работ государственного геологического картирования, которые по своему регламенту не включают задач по выделению конкретных поисковых площадей. При этом академической наукой не анализируются в необходимом объеме геодинамические, геотектонические, эволюционно-геологические, глубинно-геологические, минерогенические и другие

региональные данные, которые в совокупности определяют проявленность на территории РФ крупных рудообразующих систем различного сырьевого профиля — важнейшего фактора выделения рудоперспективных структур. Кроме того, в составе средне-масштабных геолого-съёмочных работ м-ба 1:200 000 до сих пор отсутствуют узаконенные прогнозно-минералогические исследования м-ба 1:200 000–1:50 000, основной целью которых должны послужить изучение, оценка рудоносных структур и обоснование поисковых площадей. В современный период мировое геологическое сообщество, в т.ч. российское, испытывает острый дефицит районов, перспективных на выявление приповерхностных, легко открываемых и осваиваемых объектов. При этом методология и весь методический и технико-технологический комплекс — геофизический, геохимический, буровой, нацеленный на обнаружение и оценку скрытых месторождений, представляющих основной резерв принципиального расширения МСБ ТПИ, практически отсутствует или существенно отстает от мировых достижений в этом направлении.

Из этого очевидно, что отрасли необходима кардинальная модернизация всей системы научно-методического и технико-технологического комплексов обеспечения прогнозирования и поисков месторождений ТПИ. Во многом решение этих задач на современной научной основе должно реализовываться научными отраслевыми организациями.

В настоящее время ВИМС выполняет обширный комплекс исследований информационно-аналитического и тематического характера, включающий: анализ состояния, освоения и развития МСБ ТПИ, разработку рекомендаций по основным направлениям ГРР и недропользования в целом, оценку возможности промышленного использования нетрадиционных видов МС, в том числе техногенных отходов, а также актуализацию методических основ применения новой классификации запасов и прогнозных ресурсов, прогнозно-аналитическое изучение крупных регионов Сибири и Дальнего Востока с выделением и обоснованием поисковых площадей, мониторинг мировых достижений в области горно-геологических технологий, создание и апробацию новых методов локального прогноза, поисков, разработки месторождений, добычи и переработки МС с целью внедрения в отечественную отрасль, научно-методическое, геологическое, технологическое и геолого-экономическое обеспечение ГРР, выполняемых за счет федерального бюджета и бюджета недропользователей и др.

Ниже приводится краткое изложение отдельных задач и способов их решения.

В целях конкретизации видов и объемов воспроизводства ТПИ для РФ в целом, его регионов и районов в период 2019–2030 гг. и после него, обозначенных в государственных документах, необходима организация и реализация соответствующих масштабных *аналитических и геолого-экономических исследований*. Они должны включать: анализ состояния МСБ ТПИ по

стране, регионам, районам и возможности минерально-сырьевого обеспечения имеющихся и планируемых горно-обогатительных производств, анализ транспортной и энергетической инфраструктуры районов с оценкой эффективности их использования для деятельности новых горнодобычных центров, прогнозную оценку возможности использования МСБ зарубежных стран в интересах России и целый ряд тактических и стратегических вопросов. Эти и ряд других направлений, необходимых для повышения эффективности ГРР, ВИМС активно разрабатывает применительно более чем к 200 видам ТПИ, однако они требуют еще большего изучения для конкретных регионов и рудных районов.

В последние годы большая часть затрат на ГРР по воспроизводству МСБ ТПИ (88 %) осуществляется за счет собственных средств недропользователей. В процессе участвуют как крупные компании, так и юниоры, причем объем финансирования последних составляет практически половину от общего. В связи с этим полнота и доступность геологической информации о недрах крайне необходима не только органам государственной власти, но и недропользователям и в первую очередь мелким. Институт совместно с Росгеолфондом реализует систему мероприятий по повышению доступности информации, включая подготовку массива данных, их визуализацию, технологии оперативно-анализа и др.

Обладая необходимыми данными компании-недропользователи смогут целенаправленно и наиболее эффективно осуществлять планирование воспроизводства МСБ.

Важнейшим фактором планирования ГРР является оценка оптимального объема воспроизводства ТПИ для конкретных регионов, районов и крупных ГОКов, которая должна осуществляться на количественной основе с четким определением критических периодов резкого снижения объемов оставшихся запасов. Подобный анализ проведен институтом для целого ряда дефицитных видов ТПИ, определивший необходимое воспроизводство погашаемых запасов в отдельных регионах [7].

Конечные, столь масштабные геолого-экономические исследования, являющиеся базовыми для формирования средне- и долгосрочных программ развития ГРР, не могут ограничиться лишь данными изданных балансовых запасов, автоматизированными системами лицензирования недропользования (АСЛН), форм 5-ГР, протоколами разработки месторождений и др. Для получения реальной картины потребностей в МС на сегодня, завтра и послезавтра, в т.ч. для отдельных ГОКов и ГМК, необходима постоянная и теснейшая связь Роснедр и подведомственных НИИ с информационно-аналитическими и статистическими организациями основных ресурсопотребляющих министерств и ведомств — Минэкономразвития, Минэнерго, Росатома, Минсельхоза, Минтранса и др. В связи с этим ФГБУ «ВИМС» по существу своей деятельности и соответствующему государственному

заданию, являющийся действующим информационно-аналитическим и научно-методическим центром отрасли, готов выступать в качестве официального представителя МПР РФ и Роснедр по информационному взаимодействию с соответствующими организациями (департаментами, НИИ и др.) ресурсопотребляющих отраслей, для чего потребуется подготовка и утверждение соответствующих межведомственных решений.

Наряду с проведением работ по оценке состояния и перспективам развития МСБ ТПИ, связанных в основном с известными промышленными типами месторождений, ВИМС выполняет исследования по возможности обнаружения и эффективного освоения *нетрадиционных для России видов минерального сырья*, в т.ч. урана, титана, редких элементов, нерудных и ряда других полезных ископаемых. Для каждого из них в настоящее время определяются рудоперспективные структуры и районы проведения ГРП, разрабатываются геолого-прогнозные модели, уточняются прогнозно-поисковые комплексы методов. Применительно к ожидаемым геолого-промышленным типам месторождений определяются оптимальные технологии добычи и переработки минерального сырья. В числе нетрадиционных типов объектов изучаются возможности выявления месторождений рутила и россыпных технических гранатов, связанных с экологитовыми формациями Урала, скандия — в корях выветривания и ряда других видов сырья: сынныритов как комплексного источника калия и алюминия, малосульфидных платиновых руд, попутного золота в железистых кварцитах, урана в зонах древних структурно-стратиграфических несогласий, шунгитовых пород, полигалитовых солей и др. Реализуемые разработки — лишь первый шаг в важнейшем отраслевом направлении, которое призвано обеспечить снижение дефицита в некоторых видах ТПИ с одной стороны, а с другой — существенно расширить спектр используемых в народном хозяйстве видов минерального сырья и тем самым повысить эффективность недропользования в целом. В соответствии с этим после решения собственно геологических (прогнозных, поисковых и разведочных задач) потребуется проведение для первоочередных перспективных видов минерального сырья и объектов предварительных технологических и, главное, геолого-экономических исследований, призванных определить возможность и экономическую целесообразность их освоения.

По результатам анализа состояния и освоения МСБ ТПИ России, проведенного ФГБУ «ВИМС» в 2017 г., определился целый ряд дефицитных полезных ископаемых — благородные, цветные, черные, легирующие металлы и др., которые практически не имеют необходимого масштабного резерва в виде объектов нераспределенного фонда недр. Для многих из них в последнее десятилетие сложился дефицит поисковых площадей, для ликвидации которого и соответствующего развития ГРП по расширению МСБ ТПИ необходимо всестороннее изучение и оценка крупных

рудоперспективных структур, чем и занимаются в настоящее время ВИМС, ВСЕГЕИ и ЦНИГРИ, охватывая крупные регионы Сибири и Дальнего Востока.

Важным элементом решения этой проблемы является совершенствование стадийности геологоразведочных работ путем включения в состав среднемасштабных региональных исследований целевых прогнозно-минерагенических работ, исключительно направленных на выделение и обоснование поисковых площадей. Необходимость подобного вида исследований определилась еще в середине 1990-х годов, когда при формальном сохранении в стадийном комплексе ГРП ГСР-50 и общих поисков того же масштаба, ранее являвшихся базовыми для выделения поисковых участков, на практике они проводились в очень малом объеме. В целях ликвидации образовавшегося разрыва в последовательности ГРП в те годы было сделано много предложений, в т.ч. введение в поисковый комплекс опережающих поисков м-ба 1:200 000 и крупнее. Однако ни одно из подготовленных предложений не было ни утверждено, ни тем более не реализовано.

Очевидно, в настоящее время при дефиците поисковых площадей, а также средств на ГРП необходимо обеспечить максимальную достоверность выделения и обоснования локальных прогнозных участков путем введения в стадию региональных среднемасштабных исследований прогнозно-минерагенических работ (ПМР) м-ба 1:200 000—1:50 000. В отличие от стандартных ГСР-200 и ГДП-200 основной целью этих работ является комплексное геологическое изучение недр в рамках номенклатурных листов. ПМР-200 (50) должны осуществляться в пределах естественных геологических границ рудоперспективных структур, включая специализированные на ожидаемые виды ТПИ геолого-геофизические и минерагенические исследования, оценивая проявленность ведущих критериев рудоносности, и на этой основе предварительно намечая локальные участки поисков. На выделенных участках планируется проведение заверочных наземных геофизических, геохимических, структурно-формационных и, в ограниченном объеме, горно-буровых работ. По итогам ПМР дается прогнозная оценка по основным видам ТПИ кат. P_3 и P_2 на определившуюся поисковую площадь и разрабатывается проект технического задания на поиски. По всем этим вопросам в 2017 г. проведены всесторонние обсуждения с участием представителей МПР и Роснедр, сформирована окончательная версия предлагаемого вида работ в составе региональных исследований; осталось их юридически подтвердить в соответствующих инстанциях и утвердить соответствующими приказами МПР и Роснедр, что откроет дорогу этому важнейшему направлению работ уже в 2019 г.

Однако, учитывая важнейшее государственное значение этого направления, огромный накопленный материал и необходимость всестороннего подхода к выделению и обоснованию рудоперспективных структур, требуется привлечение к этой работе академической и

вузовской науки. В настоящее время ВИМС осуществляет согласование задач и районов исследований с рядом НИИ РАН, однако они имеют локальные масштабы и не в состоянии решить в целом эту важнейшую проблему. С нашей точки зрения необходимо рабочее обсуждение этого вопроса с участием заинтересованных сторон и, главное — подготовка и утверждение *планов совместных действий между МПР РФ, Роснедрами, РАН и Минобрнауки* с определением основных направлений деятельности, конкретных задач и сроков их выполнения, необходимого финансирования со стороны соответствующих ведомств и ожидаемых результатов. Реализация этих планов будет содействовать объективной и комплексной оценке территорий, созданию региональных межведомственных коллективов специалистов науки, геологоразведочных организаций, территориальных фондов, которые при постоянном рабочем взаимодействии будут решать общую задачу по оценке ресурсного потенциала крупных районов и определению реальных перспектив его развития.

В целях совершенствования методологии прогноза и поисков месторождений, особенно нетрадиционных и скрытых типов, необходимо развитие *геолого-генетических исследований*, включающих следующие направления: типизацию благоприятных для рудообразования структурно-формационных таксонов различного ранга, источников и транспортирующих систем рудоносных растворов, изучение рудоконтролирующей зональности в различных геолого-структурных условиях, вещественного состава руд, создание историко-геологических моделей рудообразования и др. ВИМС активно разрабатывает ряд геолого-генетических вопросов, в том числе таких, как уточнение ведущих факторов рудообразования для урана, вольфрама, хромитов и других ТПИ. Однако развитие НИР рассматриваемого профиля существенно сдерживается из-за отсутствия доступа для научных работников ВИМСа и других НИИ к осваиваемым месторождениям, где имеется большое количество керна скважин, горных выработок и детальных геологических материалов, необходимых для получения новых данных о геологическом строении и генезисе объектов. Для ликвидации этого недостатка с нашей точки зрения необходимо включать в лицензионные соглашения на геологическое изучение и разработку объектов пункта о свободном допуске к горным выработкам, керну скважин и геологическим материалам, не затрагивающим коммерческие интересы недропользователя, специалистов НИИ отрасли, РАН и вузов.

Важнейшей научно-методической задачей на современном этапе является *модернизация технологий всего горно-геологического комплекса*, включая поиски, разведку, добычу и переработку твердых полезных ископаемых. Актуальность этой проблемы продиктована следующими обстоятельствами. В геологическом направлении полевые исследования все более смещаются в северо-восточные районы со сложными геологическими и ландшафтно-геоморфологическими условиями, в т.ч. в районы с вечной мерзлотой. Основной

поисковый интерес в настоящее время представляют скрытые объекты, требующие для обнаружения кардинально иных методических подходов. Не менее острой является проблема эффективной добычи и переработки месторождений с бедными, рядовыми и комплексными рудами, а также техногенных накоплений. Этот вопрос тем более требует решения на технологическом уровне, поскольку многие из объектов нераспределенного фонда представлены именно упорными рудами, и ТЭО по ним базируются на устаревших разработках, что, естественно, снижает их инвестиционную привлекательность.

В последний период ВИМС, как и другие научно-исследовательские организации отрасли, активно занимаясь этой проблемой, осуществляет мониторинг технологических достижений мирового сообщества в области геологии ТПИ и горного дела, и наиболее передовые из них апробирует для использования применительно к условиям рудоперспективных регионов России.

В геолого-поисковом направлении заслуживает внимания опыт деятельности межнационального центра по глубинному изучению и оценке рудоносности, который находится в Австралии. Центр функционирует более 10 лет на основе «государственно-частного партнерства»; разрабатывает, апробирует в натуральных условиях и внедряет в поисковую практику современные буровые технологии, в т.ч. колтюбинговое бурение, беспроводные ГИСы, полевые лаборатории, объемное моделирование и другие методы, направленные на локальное прогнозирование и поиски скрытых рудных месторождений. Определенные достижения в области аэрогеофизических (в т.ч. беспилотных), наземных геофизических, геохимических и других технологий в этом направлении имеются и в России. Однако применяются они локально отдельными организациями и требуют апробации на типовых геологических объектах, создания и официального утверждения методических разработок и, главное, широкого внедрения в прогнозно-поисковую геологическую практику. Внедренческая деятельность на первых порах должна, по нашему мнению, осуществляться путем включения заказчиком, терорганом Роснедр, апробированных новых методов и технологий в геологические задания, выполняемые за счет средств Госбюджета. Положительные результаты их использования обеспечат мощный импульс для их широкого применения и недропользователями, выполняющими ГРР как на осваиваемых объектах, так и на лицензионных площадях, полученных для изучения по приказу МПР от 10.11.2016 № 583. Ниже приводятся некоторые разработки, заслуживающие первоочередного практического применения в прогнозно-поисковом комплексе.

Для локального прогноза и опережающего опoискования перспективных структур, особенно с ожидаемым скрытым оруденением, первостепенное значение имеет *объемное глубинно-геологическое моделирование* на основе комплексного анализа геофизических, геохимических, структурно-формационных исследова-

ний и параметрического бурения. Исходной основой для структурно-геофизических построений могут служить площадные наземные и аэрогеофизические съемки необходимого масштаба, но главное — эффективная технология интерпретации, позволяющая наметить первоначальную предварительную объемную модель изучаемого объекта. Наиболее эффективной в этом отношении является по-настоящему революционная методика «Анизотропной магнитной и плотностной томографии недр», разработанная Г.В. Демурой, А.В. Петровым, С.В. Зиновкиным [3]. Она использует вещественные анизотропные характеристики геофизического поля в градиентных элементах магнитного и гравимагнитного полей, обработанные в системе Коскад-3Д, что позволяет с наибольшей достоверностью отобразить структурно-морфологические особенности изучаемого глубинного объекта.

Важнейшим компонентом создания объемных моделей рудоперспективных структур являются первичные геохимические ореолы рудных объектов, которые должны быть органично увязаны с геофизическими и со структурно-формационными данными. Именно геохимические ореолы совместно с минералогической зональностью позволяют на ранних стадиях геолого-разведочных работ определить рудноформационный тип, масштаб и глубину залегания ожидаемого оруденения. С.А. Григоровым (ИМГРЭ) [2] разработана и апробирована на отдельных золоторудных объектах принципиально новая и весьма эффективная технология обработки геохимических данных, использующая от 24 до 36 элементов и позволяющая достоверно структурировать геохимическое поле (ГП) и надежно выделять ореолы проявления рудообразующих систем различного уровня. Методический аппарат предусматривает создание цифровой модели регулярной сети узловых точек ГП, расчет концентраций элементов в узлах, выделение на фоне неупорядоченного ГП перспективных ореолов.

Созданные на основе совместного анализа геофизических и геохимических данных объемные глубинно-геологические модели, уточненные отдельными параметрическими скважинами и единичными заверочными профилями наземной геофизикой и имеющие структурно-формационную интерпретацию, являются исходной основой для поисковых работ и выявления скрытых рудных объектов.

В последние годы мировым геологическим сообществом, в том числе и российскими организациями, разработано значительное число современных высокоэффективных поисковых технологий, требующих практического использования для существенного повышения эффективности ГРП, особенно направленных на выявление скрытых объектов.

Одной из организаций-лидеров в области *аэрогеофизических исследований* (канадской GEOTECH), созданы и активно используются в поисковой практике электромагнитные методы ВТЕМ и ZТЕМ, позволяющие напрямую выделять и оконтуривать приповерхностные рудные объекты, наземная заверка которых

ограничивается целевым точечным бурением. Аэрогеофизическими исследованиями ГПП «Аэрогеофизика» не только по комплексу методов традиционно надежно выделяются приповерхностные рудоносные объекты, но и отчетливо картируются электроразведкой погребенные, перспективные на уран и золото, русловые структуры. В последнее время разрабатывается новая модификация электроразведки на магнитотеллурической основе с использованием естественно-го электрического поля, что исключает необходимость применения подвешиваемых к борту источников. Внедряется в геолого-съемочную практику гравиметровая съемка с использованием летательных аппаратов, активно развивается программное обеспечение для интерпретации всего комплекса аэрогеофизических данных с построением объемных геолого-геофизических моделей исследуемых участков.

Безусловно, новым словом в поисковой практике в последние годы стала *беспилотная технология геофизических исследований*, бурное развитие которой, опережающее зарубежные достижения, связано с активной деятельностью Иркутской компании ООО «Сибгеотех» при содействии ФГБУ «ВИМС» и АО «Геолого-разведка», Музея им. В.И. Вернадского РАН и некоторых других организаций. К настоящему времени группой А. Паршина («Геотехнологии Сибири») совместно с ВИМСом и АО «Урангео» (Сосновгеология) в Восточном Саяне проведены на урановорудном месторождении Столбовое опытные работы по магниторазведке и гамма-спектрометрии [8], которые показали их безусловную эффективность по оперативности, стоимости, достоверности результатов, а также по возможности варьировать полетами в полевой период. Результаты работ и технико-технологические параметры беспилотных опытных геофизических исследований положены в основу разработанных и утвержденных методических рекомендаций, с использованием которых уже с 2018 г. выполняются три геологических поисковых задания.

В то же время следует отдавать себе отчет в том, что беспилотная технология, призванная изучать локальные поисковые участки недр, не заменяет традиционные аэрогеофизические методы, которые охватывают значительно большие территории и обладают более широким и мощным бортовым комплексом высокоразрешающей аппаратуры: магнито-, электро- и гравиразведкой, гамма-спектрометрией, в принципе недоступной для беспилотников. С другой стороны, наземные геофизические исследования также имеют свой комплекс задач на локализованных аэрометодными участками.

Наземные геофизические технологии также имеют определенные достижения, мало используемые в поисковой практике на ГПИ. Так, например, современная аппаратура для малоглубинных сейсморазведочных исследований позволяет на ранних стадиях поисков «отбивать» границу кристаллического фундамента и осадочно-вулканогенного чехла, имеющую важное рудоконтролирующее значение для место-

рождений урана, золота, полиметаллов и других полезных ископаемых, что доказано на целом ряде объектов в Канаде, России и в других странах. Кроме того, малоглубинной сейсморазведкой надежно фиксируются в геологическом пространстве как пологие, так и крутозалегающие разрывные нарушения, также нередко играющие рудо локализирующую роль.

Высокоточной гравиразведкой, вооруженной современной высокоразрешающей аппаратурой, отчетливо выделяются локальным максимумом Δg продуктивные блоки с медно-никелевым оруденением в Норильском районе и, наоборот, локальными минимумами — глубоко переработанные гидротермальными процессами ураноносные блоки в кристаллических породах. Появились в последние годы инновационные модификации электромагнитных методов, аудиометоды, скважинные методы гравиметрии и ряд других, которые в совокупности позволяют получить томографическое изображение рудоносных структур на глубине и рудных скрытых объектов.

Перечисленные выше и ряд других инновационных методик имеют один существенный недостаток, сдерживающий их широкое использование в поисковой практике, — отсутствие конкретных методических разработок применительно к типовым геолого-структурным обстановкам и типовым рудным объектам. Разработка методического обеспечения применения этих методов для определенных геолого-промышленных типов объектов в конкретных геологических обстановках является одной из первоочередных задач института.

Сходная ситуация с практическим внедрением сложилась и для современных *геохимических методов*. Выше упоминалась методика структурирования геохимического поля С.А. Григорова, позволяющая с высокой достоверностью выделять перспективные геохимические ореолы различного ранга на разных стадиях геологоразведочных работ — от среднемасштабных региональных до детальных поисковых. В последние десятилетия за рубежом широкое распространение получили изотопно-почвенные геохимические технологии, связанные с определением накопленных в почвах металлов над скрытым на глубине оруденением. В их числе методы определения подвижности ионов металлов, частичного извлечения элементов, микробиологического опробования и других. В России разработана методика ионно-сорбционного опробования на благородные и цветные металлы (ЦНИГРИ) и изотопно-почвенный метод на уран (ВИМС) [1]. Методические рекомендации по практическому применению имеются только на отечественные разработки, в то же время зарубежные технологии требуют методического обеспечения применительно к типовым геологическим и ландшафтным обстановкам в России.

Представляется очевидным, что создание методических разработок по применению новых эффективных геофизических, геохимических и других технологий ГРП является одной из важнейших задач отраслевой науки на современном этапе. Однако для ее эффек-

тивного решения требуется *создание на базе эталонных объектов опытно-методических полигонов*, на которых должна быть осуществлена апробация современных методов и технологий и получены конкретные данные по созданию методических разработок. Те же полигоны могут быть использованы для практического обучения специалистов применительно к конкретным технологиям геологоразведочных работ. Возможна и отработка приемов использования современных технических средств, таких как:

— аэрогеофизические: аэромагнитная градиентометрическая аппаратура, автоматизированный высокоточный аэрогеофизический гравиметр, малогабаритный аэрогеофизический комплекс для беспилотников;

— наземные геофизические: электроразведочные малогабаритные приборы высокого разрешения, аппаратурно-методический комплекс рудной сейсморазведки, многоканальная программно-управляемая электроразведочная аппаратура;

— полевые геохимические: высокочувствительные низкофоновые радиометрические и спектрометрические системы, портативные механизированные средства для литогеохимического шпурового опробования, портативные полевые гамма-спектрометры с высокоразрешающими детекторами, геоэлектрохимическая аппаратура для поисков скрытых месторождений, рентгеноспектральные измерительные комплексы и аппаратурно-геохимические приборы для экспрессных геохимических определений и целый ряд другой полевой аппаратуры.

Совокупность методических и технических разработок будет положена в основу давно назревшей коренной модернизации прогнозно-поискового комплекса на ТПИ, последние разработки по которому датируются началом-серединой восьмидесятых годов прошлого века.

В последние годы все большее значение приобретают проблемы, связанные с освоением месторождений рядовых, бедных упорных руд, а также техногенных объектов. Для их промышленной разработки требуется выбор эффективных технологий обогащения и глубокой переработки сырья, в связи с чем необходимо *проведение минералого-технологических исследований* по достоверной оценке его вещественного состава и качества на всех стадиях геологического изучения и освоения недр. ВИМСом разрабатывается рациональный методический комплекс, применяемый индивидуально для конкретного вида полезных ископаемых, стадии работ и решаемых задач. Минералого-технологическая оценка исходных руд предусматривает получение максимально полной и всесторонней информации об их вещественном составе, позволяющей прогнозировать их поведение в технологических процессах и качество ожидаемых концентратов при оценке продуктов глубокого обогащения. Важное место занимает изучение полноты раскрытия промышленно ценных минералов и их распределение в конечных продуктах переработки минерального сырья. Для решения этих и целого ряда других задач используется широкий

комплекс методов и приборов: количественный морфоструктурный анализ на основе применения высококоразрешающих микроскопов, совмещенных с автоматическими системами анализа изображения, оптико-геометрический анализ, выполняемый методами рентгенографии, аналитической электронной микроскопии и рентгеноспектрального микроанализа, количественный минералогический анализ тонкодисперсных шламов, техногенных отходов и продуктов металлургического передела с применением рентгенографического фазового анализа и сопряженной с ним электронной микроскопии.

Дальнейшее развитие технологической минералогии предусматривает изучение гетерогенных явлений в системе минерал-среда на основе интеграции минералогических методов анализа с экспериментальными исследованиями в области структурных, фазовых и химических трансформаций вещества при различных воздействиях в процессе рудоподготовки, предварительного обогащения и глубокой переработки руд.

В связи с подготовленной новой Классификацией запасов и прогнозных ресурсов ТПИ ВИМСом выполнены *методические и экспертно-аналитические работы по совершенствованию методического обеспечения проведения геологоразведочных работ по этапам и стадиям и подготовке методических рекомендаций по применению Классификации*. По первой задаче подготовлены предложения по совершенствованию методического комплекса ГРП по видам ПИ на каждой стадии, которые должны включать основные задачи работ, требования по видам, масштабам, последовательности и методам исследований работ по региональному геологическому изучению недр, включая прогнозно-минералогические исследования, поискам, оценке и разведке месторождений. Методические рекомендации для каждого вида полезного ископаемого позволят получить геологоразведочную информацию, полнота и качество которой будут достаточными для принятия решений о необходимости проведения дальнейших работ или достаточными для составления технического проекта на разработку разведанных месторождений. Важной особенностью выполненных исследований является необходимость применения современных методов и технологий ГРП, поскольку Методические рекомендации предшествующего периода базировались на приемах тридцатилетней давности.

Решение второй задачи, связанной с актуализацией Методических рекомендаций по применению новой Классификации запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых, включает существенную корректировку основных разделов действующих рекомендаций, в т.ч. методики разведки, проведения опробования, аналитических работ, технологических и экологических исследований и др. Особенностью нового варианта является включение в рекомендации не только запасов, но и прогнозных ресурсов. Наиболее важной составляющей работы является проведение подсчета запасов и оценки прогнозных ресурсов, в т.ч. с применением блочного моделирования.

Блочное моделирование является наиболее распространенным методом оценки запасов/ресурсов за рубежом. В нашей стране уже накоплен богатый опыт применения блочных моделей при составлении ТЭО кондиций и подсчете запасов, учитывающий особенности отечественного недропользования. Вместе с тем, внедрение зарубежных программных модулей, ориентированных на решение задач управления горным производством, сдерживается их некоторым несоответствием отечественным методическим и нормативным документам. Использование и развитие методов блочного моделирования для оценки запасов/ресурсов, а также для решения задач проектирования и управления горным производством, является наиболее перспективным направлением работ в данной области. Важным направлением исследований также следует считать разработку отечественных программных продуктов, реализующих методические подходы и стандарты, используемые в российской практике геолого-экономической оценки объектов [6].

Наряду с выявлением новых объектов ТПИ с приземлемыми в настоящее время геолого-экономическими параметрами важной задачей МПР и Роснедр является подготовка для лицензирования и освоения месторождений нераспределенного фонда, часто с бедными, упорными и комплексными рудами, оцененными десятилетия назад на основании устаревших технологий добычи и переработки. Для повышения эффективности и экологической безопасности разработки многих из них и, главное, обеспечения их инвестиционной привлекательности требуется *разработка современных технологий добычи и переработки руд* для типовых объектов, особенно дефицитных и стратегических ТПИ, что должно взять на себя государство в лице Роснедр и подведомственных НИИ. В последние годы в ВИМСе получены в лабораторных условиях положительные результаты по переработке руд хрома, лития, марганца, вольфрама, бериллия и целого ряда других промышленных типов месторождений, что доказывает целесообразность доведения технологических исследований до укрупненных или полупромышленных испытаний с получением основных показателей технологического регламента [4].

Для низкокачественных хромитов путем радиометрического обогащения, последующего восстановительного обжига и магнитной сепарации первичного промпродукта получен высококачественный концентрат, последующая электроплавка которого позволяет на выходе производить чардж-хром с содержанием Cr_2O_3 ~60 % первого товарного продукта, востребованного металлургией. Из бедных литиевых руд, последовательно применяя радиометрическое обогащение, слюдяную и сподуменовую флотацию, получены обогащенные кусковые сподуменовые концентраты и флотационные концентраты с содержанием LiO >3 %, что существенно повышает эффективность дорогостоящей дальнейшей глубокой переработки с получением широкого ассортимента литийсодержащей продукции [5]. Особо актуальна проблема марганца, который в

полном объеме потребностей РФ импортируется, в то время как отечественные месторождения бедных карбонатных и труднообогатимых окисленных руд не осваиваются. Для карбонатных руд применена рентгенорадиометрическая сепарация, химико-технологическая и гидрометаллургическая переработка концентратов, в результате чего получен востребованный рынком ферро- и силикомарганец.

В последнее время для эффективного освоения крупного Усинского месторождения карбонатных марганцевых руд (Кемеровская обл.) успешно адаптирована «китайская» технология получения электролитическим способом металлического марганца, остро востребованного отечественной металлургией.

В предшествующие годы ВИМСом успешно проведены укрупненные испытания на большеобъемной пробе редкометалльных руд Большетагнинского месторождения (Иркутская обл.), результаты которых положены в основу разработки ТЭО кондиций и подсчета запасов. С нашей точки зрения подобные исследования необходимо проводить на отдельных резервных месторождениях дефицитных и стратегических полезных ископаемых, что более надежно определит их геолого-экономические параметры и при положительных результатах повысит инвестиционную привлекательность объектов, а значит, их ввод в освоение.

Безусловно, перспективными для разработки месторождений с бедными и глубоко залегающими рудами являются *геотехнологические (физико-химические) методы добычи минерального сырья*. В принципе все типы руд, перерабатываемые гидрометаллургией в заводских условиях, пригодны для добычи геотехнологическими способами. В настоящее время накоплен в мире огромный производственный опыт освоения месторождений урана, золота и меди с применением скважинного подземного, кучного и блочного выщелачивания. Только для кучного выщелачивания в РФ имеется целый ряд месторождений марганца, меди, никеля, комплексных редкометалльных и других типов руд, нерентабельных из-за низкого качества или сложных горнотехнических условий освоения традиционными горными способами, но в принципе пригодных для разработки геотехнологическими методами.

Для большинства из них в лабораторных условиях доказана возможность извлечения полезных компонентов теми или иными кислотными или щелочными растворами. Однако для достоверного определения эффективности промышленного применения геотехнологических способов получения полезных компонентов требуется проведение натурных опытов для подземного выщелачивания или укрупненных испытаний руд для варианта кучного выщелачивания.

В последние годы ВИМСом совместно с АО «Северо-Кавказское ПГО» проведено кучное выщелачивание на 15-тонной пробе комплексного уран-редкометалльно-фосфорного Шагардыкского месторождения (Калмыкия), которое находится в нераспределенном фонде недр более полувека из-за пониженных содержаний элементов и сложного минерального со-

става руд. В результате натурального опыта с хорошим извлечением были получены уран, редкие земли, никель, пятиокись фосфора; тем самым была доказана технологическая и экономическая эффективность разработки изученного и целого ряда аналогичных объектов Ергенинского района как единственного приемлемого геотехнологического промышленного способа.

В настоящее время на базе филиала ВИМСа в г. Наро-Фоминск начаты работы по кучному выщелачиванию на 15-тонной пробе бедных марганцевых руд Сейбинского района (юг Красноярского края) с повышенными концентрациями вредных для металлургии фосфора, железа и др., неприемлемых для переработки традиционными способами. Целью геотехнологических испытаний является обоснование возможности применения этого способа для промышленной переработки подобного типа руд, что должно открыть дорогу для эффективного освоения целой группы месторождений Сибири и Урала и тем самым существенно снизить стопроцентную импортную зависимость в этом виде стратегического дефицитного минерального сырья.

В текущем году также будет начат укрупненный геотехнологический опыт на урановых рудах современных почв рудопроявления Орогочи (Республика Бурятия), призванного доказать промышленное значение урановых концентраций этого типа. Необходимо также проведение подобных работ для руд приповерхностных урановых месторождений Еравнинского (Республика Бурятия) и других сходных объектов, для которых предварительно определены положительные технико-экономические показатели разработки карьером с кучным выщелачиванием.

Важное значение кучное выщелачивание может иметь для повышения эффективности уже осваиваемых месторождений. Так, например, на разрабатываемом комплексном Серовском железорудном объекте (Урал) теряется силикатный никель, который возможно получать выщелачиванием из рудной массы. На Сорском молибденовом месторождении заскладированы значительные запасы окисленных руд с высоким содержанием металла, которые не перерабатываются принятым для основного первичного оруденения флотационным методом. При этом проведенные в ВИМСе лабораторные геотехнологические опыты переработки окисленных руд в перколяторах с использованием серноокислотных растворов показали блестящие результаты по выщелачиванию металлов. Однако для подтверждения возможности их промышленной переработки требуется проведение укрупненных испытаний с разработкой технологического регламента и геолого-экономической оценкой.

Наиважнейшее значение геотехнологические методы имеют для переработки техногенных объектов с рудными компонентами. Существует большое число публикаций и других аналитических материалов, в которых приводятся громадные запасы стратегических и дефицитных металлов, связанных с отходами переработки природных руд. Получение этих металлов тра-

традиционными способами невозможно ни в технологическом, ни в экономическом отношении, т.к. отходы и являются продуктами флотационного, гравитационного, гидрометаллургического и других общепринятых способов переработки руд. Именно геотехнологическими средствами возможно последовательно решать эту проблему, извлекая металлы и тем самым «очищая» породную матрицу для возможного ее использования в строительстве, сельском хозяйстве и других направлениях, и решая задачу по снижению негативного экологического воздействия на окружающую среду.

Учитывая важнейшее значение геотехнологических (физико-химических) методов для существенного повышения эффективности недропользования целесообразно создание и активная деятельность *отраслевого геотехнологического центра*, наиболее приемлемым для которого может явиться производственный комплекс — филиал ВИМСа «ГЕОТЕХВИМС» в г. Наро-Фоминск, располагающий необходимыми зданиями и сооружениями с обогатительным оборудованием и лабораторией.

В заключение следует отметить, что приведенные проблемы и первоочередные задачи научно-методического обеспечения геологоразведочных работ на ТПИ далеко не исчерпывают всего комплекса направлений отраслевой и академической науки. Не менее сложные проблемы имеются по углеводородному сырью, региональной геологии, изучению дна мирового океана, подземных вод, землетрясений, экологии и др. Для необходимого развития научных исследований в целом потребуются разработка и реализация базовых мероприятий: создание и исполнение программных документов по основным направлениям развития, в которых должны быть согласованы исследования отраслевой и академической науки, а также вузов геологического профиля, вооружение институтов техническими средствами нового поколения, существенно укрепление кадрового состава научных работников, в том числе специалистами высшей квалификации и, главное, целевого финансирования отраслевой науки как одного из важнейших направлений деятельности Минприроды и Роснедр.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бахур, А.Е. Изотопно-почвенный метод и его современные модификации при поисках слепого уранового оруденения / А.Е. Бахур, А.Д. Коноплев, Д.М. Зуев, Т.М. Овсянникова, А.В. Стродубов, Л.И. Мануилова, А.В. Гулынин, Н.А. Гребенкин, В.В. Донец // Разведка и охрана недр. — 2011. — № 1. — С. 52–59.
2. Григоров, С.А. Нелинейная структура геохимических полей рудообразующей системы (структурная геохимия) / С.А. Григоров. — М.: ИМГРЭ, 2016.
3. Демура, Г.В. Способ экспрессной геомагнитной и плотностной томографии недр при оценке запасов рудопроявлений черных и цветных металлов / Г.В. Демура, С.В. Зиновкин, А.В. Петров // Недропользование XXI век. — 2018. — № 2 (71). — С. 43–50.
4. Курков, А.В. Современные комбинированные технологии — новые возможности переработки черных и легирующих металлов / А.В. Курков, С.И. Ануфриева, А.Н. Серегин // Ресурсосбережение и охрана окружающей среды при обогащении и переработке минерального сырья (Плаксинские чтения — 2016): Матер. междунар. науч. конф. — М.: АО «Издательский дом «Руда и металлы», 2016. — С. 69–71.

5. Курков, А.В. Новые возможности развития производства лития на основе современных технологий / А.В. Курков, С.И. Ануфриева, Е.Г. Лихниченко, А.А. Рогожин // Современные проблемы комплексной переработки труднообогатимых руд и техногенного сырья (Плаксинские чтения — 2017): Матер. междунар. науч. конф. — Красноярск: Сиб. федеральн. университет, 2017. — С. 252–255.
6. Кушнарв, П.И. Современные способы подсчета запасов и геолого-экономической оценки месторождений твердых полезных ископаемых / П.И. Кушнарв // Разведка и охрана недр. — 2018. — № 2. — С. 60–66.
7. Машковцев, Г.А. Принцип планирования геологоразведочных работ на твердые полезные ископаемые / Г.А. Машковцев, Д.С. Козловский, Е.С. Никитина, Ю.А. Хижняков // Недропользование XXI век. — 2017. — № 5. — С. 12–19.
8. Паршин, А.В. Первые результаты методических работ по применению беспилотных аэрогеофизических технологий на стадии поисков месторождений урана / А.В. Паршин, Н.А. Гребенкин, В.А. Морозов, А.К. Ржевская, Ф.Н. Шикаленко // Разведка и охрана недр. — 2017. — № 11. — С. 59–65.

© Машковцев Г.А., 2019

Машковцев Григорий Анатольевич // vims@vims-geo.ru

УДК 556.3:551.3:550.343.6

Анненков А.А., Спектор С.В. (ФГБУ «Гидроспецгеология»)

НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОГО И ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОГО МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ НЕДР

*Показано современное состояние системы государственного мониторинга состояния недр (ГМСН). Рассмотрены основные проблемы нормативно-методического и информационного обеспечения ГМСН. Сформулированы задачи и направления совершенствования нормативно-правовой основы функционирования ГМСН. **Ключевые слова:** государственный мониторинг состояния недр, ГМСН, подземные воды, экзогенные процессы, эндогенные процессы, недропользование, наблюдательная сеть, информационные ресурсы ГМСН.*

Annenkov A.A., Spektor S.V. (Hydrospezgeologiya)

SOME PROBLEMS OF REGULATORY AND INFORMATIONAL OF STATE MONITORING OF SUBSOIL

*The current state of the system of state monitoring of subsoil (GMS) is shown. The main problems of normative-methodical and information support of GMS are considered. It formulates the tasks and directions of perfection of normative-legal basis for the functioning of GMS. **Keywords:** state monitoring of subsoil, GMS, groundwater, exogenous processes, endogenous processes, subsoil use, observation network, information resources of GMS.*

Введение

Основной задачей государственного мониторинга состояния недр (ГМСН) является оценка состояния недр и прогноз его изменения под влиянием природных и техногенных факторов. Оценка состояния недр базируется на информационных ресурсах ГМСН. От