

УДК 502.76:553:042

Д. Р. КАПЛУНОВ (ИПКОН РАН)

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОСВОЕНИЯ НЕДР: СТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ*



Д. Р. КАПЛУНОВ,
зав. отделом теории
проектирования освоения недр,
чл.-корр. РАН

В статье рассмотрены перспективы развития научного направления «Теоретические основы проектирования освоения недр». Показано, что изменение подхода к проектированию освоения рудных месторождений позволит по-новому решать вопросы вскрытия и подготовки запасов кондиционных и некондиционных руд, очистной выемки, повысить полноту и комплексность использования природного, природно-техногенного и техногенного сырья; будет способствовать решению экологических и социальных проблем в регионах добычи, что сформирует новые представления о минерально-сырьевом потенциале на средне- и долгосрочную перспективу.

Ключевые слова: теоретические основы проектирования горнотехнических систем, область знаний, направление развития, проектирование, устойчивое развитие.

Научное направление «Теоретические основы проектирования освоения недр» (далее — теория проектирования) сформировалась в ИПКОН РАН и было утверждено Отделением наук о Земле РАН в 1997 г. при принятии научным сообществом новой классификации горных наук**. В соответствии с последней теория проектирования является базовой составляющей раздела горных наук «Горная системология». Подготовка кадров высшей квалификации по данному направлению осуществляется по специальности «Теоретические основы проектирования горнотехнических систем».

В качестве самостоятельной системы знаний в науках о Земле теория проектирования, с одной стороны, являлась следствием развития аналитических методов в горном деле (труды А. М. Терпигорева (1905), Б. И. Бокия (1924), А. И. Стешенко (1930), А. С. Попова (1932), И. А. Кузнецова (1932), П. З. Звягина (1935), Л. Д. Шевякова (1935), М. И. Агошкова (1948), П. И. Городецкого (1949) и др.), с другой — сформировалась в результате синтеза аналитических методов с новыми представлениями о комплексном освоении и сохранении недр Земли, развиваемыми со второй половины XX в. в трудах научной школы академика К. Н. Трубецкого.

В ходе становления теории проектирования как науки стало очевидно, что фундаментом комплексного освоения и сохранения недр

являются проекты, основанные на исследованиях и разработке научно-методической базы расчетов и критериев принятия решений по выбору типа, структуры и оценке параметров горнотехнических систем — совокупности горных конструкций и технологических подсистем во взаимодействии с вмещающими их участками недр.

Наиболее сложными являются горнотехнические системы с полным циклом комплексного освоения месторождений полезных ископаемых. Проектирование таких систем подразумевает обоснование решений не только по добыче руд. Здесь учитывают возможности эффективной эксплуатации всех групп георесурсов, характерных для осваиваемого участка недр. При этом полный цикл комплексного освоения предусматривает не только добычу и обогащение минерального сырья, но и глубокую переработку техногенного сырья (некондиционных руд, складываемых до настоящего времени в отвалах; отходов обогащения и др.) с утилизацией всех образующихся отходов в выработанном пространстве карьеров и подземных рудников.

Стержнем проектирования горнотехнической системы является выбор систем разработки либо их сочетаний для осваиваемого участка недр. Принципиальные различия систем разработки проявляются прежде всего в составляющих их процессах. Только особенностями последних можно объяснить характерные черты отдельных вариантов систем разработки как совокупности различных основных и вспомогательных процессов, применяемых в определенном конструктивном решении для добычи полезных ископаемых.

В основе такого подхода к системе разработки лежит рассмотрение составляющих ее процессов и способов их осуществления, что позволяет исследовать сущность систем и пути их совершенствования с учетом общих достижений науки и техники. Развитие систем разработки и их вариантов представляет собой развитие технологических процессов, а не изменение порядка проведения тех или иных выработок, как это представлялось ранее.

Исследования закономерностей функционирования горнотехнических систем и их параметров базируются на изучении минерального вещества на макро- и микроуровне, а также процессов, характеризующих данную горнотехническую систему, в том числе геологических (весь спектр), геомеханических, аэрогазодинамических, технологических, экономических, социальных и др., а также взаимосвязи горнотехнической системы с внешней средой (другими системами). Проектирование систем как единого целого — современный подход, развитие которого продиктовано тре-

* Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 12-05-00374а).

** Горные науки. Освоение и сохранение недр Земли / под ред. К. Н. Трубецкого / РАН, АГН, РАЕН, МИА. — М.: Изд-во Академии горных наук, 1997. — 478 с.

бованиями сбережения энергетических, материальных, минерально-сырьевых ресурсов.

Таким образом, «Теоретические основы проектирования освоения недр» — область знаний о закономерностях взаимосвязи и методах установления параметров техногенного преобразования недр Земли. Теория проектирования является фундаментальной дисциплиной в решении проблем комплексного освоения недр, их эффективного использования, ресурсосбережения, ресурсовоспроизводства и сохранения.

Смежной с теорией проектирования дисциплиной является геотехнология — наука о способах и процессах воздействия на горные породы в массиве или в разрыхленном состоянии, с целью освоения недр Земли для получения полезных ископаемых, тепла и т. п., а также подземного строительства.

В сфере вышеуказанного дальнейшая разработка теоретических основ проектирования освоения недр представляется в виде развития следующих направлений научных исследований.

Принципы и методы проектирования комплексного освоения недр, обеспечивающие устойчивое и экологически сбалансированное состояние горнотехнических систем за счет обоснования рациональных параметров подсистем полного цикла комплексного освоения месторождений. Актуальность этого направления определяется тем, что в последнее десятилетие в мировой науке, неразрывно связанной с инжинирингом и созданием инновационных технологий, в различных отраслях жизнедеятельности широкое применение получило проектирование технологий, основанных на принципах устойчивого развития. Анализ этих принципов, опубликованных исследователями ведущих университетов Австралии, Канады, США, позволяет заключить, что они созданы преимущественно для освоения природных ресурсов, и предполагают их применение в объемах, обеспечивающих способность к самовосстановлению. При этом за рубежом преобладающее развитие получило научное направление, предусматривающее уже на самых ранних этапах проектирования современных технологий либо поиск заменителей природных ресурсов, либо возможности их регенерации и многократного использования. Как ни парадоксально, в области проектирования горнотехнических систем (горных предприятий) за рубежом до настоящего времени такие принципы не нашли достаточного отражения. Очевидно, это связано с тем, что исследование и обоснование параметров функционирования горнотехнических систем за рубежом — прерогатива инжиниринговых компаний, а потенциал ведущих университетов и горных школ хоть и высок, но все же недостаточен для эффективного и быстрого распространения перспективных результатов.

У России имеется реальная возможность занять ведущие мировые позиции в сфере проектирования устойчивого развития горнотехнических систем, тем более что на сегодняшний день создан фундаментальный задел по направлениям: комплексное освоение и сохранение недр Земли, принципы проектирования горнотехнических систем с полным циклом, ресурсовоспроизводство и ресурсосбережение при комплексном освоении недр.

Создание научных основ проектирования энергоэффективных горнотехнических систем. В мировой практике развития энерго-

эффективных технологических процессов различных производств прослеживаются тенденции, связанные с переходом на возобновляемые источники энергии, изысканием новых нетрадиционных источников энергии, активным внедрением ресурсосберегающих технологий. При подземной добыче руд интересна возможность использования в качестве источника электроэнергии потенциала возвратных минерально-сырьевых потоков. Главное направление здесь — генерация электрической энергии потоком твердого либо жидкого минерального сырья, направляемого в рудник, например в виде гидравлической, твердеющей либо сухой породной закладки. При реализации таких технологий движение гидравлической либо твердеющей закладочной смеси по вертикальной скважине происходит под действием собственной силы тяжести и далее по горизонтам самотеком за счет потенциальной энергии, которой обладает пульпа на поверхности относительно уровня ее размещения в шахте. Таким образом, процесс подачи закладочной смеси в шахту не является потребителем энергии и может являться «донором» — генератором энергии.

В этом аспекте развитием теории проектирования является создание типовых технологических схем энергосбережения и энергоспроизводства. Предполагается, что данные схемы будут инновационными, их применение как при проектировании горных предприятий, так и в ходе их модернизации позволит в кратчайшие сроки повысить эффективность функционирования производства.

Создание программных комплексов горного проектирования, включающих вариантный анализ минерально-сырьевого потенциала участка недр и выбор рациональной горнотехнической системы с полным циклом комплексного освоения рудных месторождений. Состояние научно-методической и нормативной базы проектирования освоения месторождений полезных ископаемых как в России, так и за рубежом характеризуется развитием информационных технологий, позволяющих создавать проекты на основе обработки данных геологического опробования и составлять различного рода карты и разрезы, решать задачи геостратегического моделирования, подсчитывать перспективные и погашаемые запасы в зависимости от заданного уровня кондиций при соблюдении ограничений и вариаций параметров горнотехнических систем. Современные программные комплексы обеспечивают возможности быстрого пересчета ранее полученных проектных показателей при изменении внутренней горно-геологической и организационно-технической и внешней экономической и правовой информации. Они позволяют также оптимизировать параметры горнотехнических систем и рудопотоков по количеству и качеству добываемого и перерабатываемого сырья.

В области проектирования комбинированных открыто-подземных геотехнологий созданы интегрированные системы, позволяющие осуществлять многовариантные расчеты развития горных работ во взаимной увязке процессов добычи в карьере и подземном руднике с получением оптимальных стратегических решений, дающих лучший экономический результат.

В области проектирования комбинированных физико-технических и физико-химических геотехнологий для освоения участка недр в полном цикле такие программные комплексы до настоя-

шего времени не созданы. Вместе с тем следует ожидать их появления ввиду общемировой тенденции доработки крупных и богатых месторождений полезных ископаемых и всевозрастающей необходимости оптимизации решений по разработке ранее некондиционных запасов природного и техногенного сырья, малых месторождений и их групп. Поэтому задача создания эффективных программных комплексов горного проектирования, включающих вариантный анализ минерально-сырьевого потенциала участка недр и выбор рациональной горнотехнической системы с полным циклом комплексного освоения рудных месторождений, является весьма актуальной.

Обоснование теоретических положений управления горнотехнической информацией (принципы формирования баз данных, условия создания, распространения и использования горнотехнической информации) с целью обеспечения максимальной эффективности научных исследований в области проектирования освоения и сохранения недр. Общеизвестно, что XXI в. — век информационных технологий. Результаты научных исследований во всех областях, а особенно стратегических, связанных, в частности, с потреблением, распределением и перераспределением ресурсов недр Земли, зависят от качества, сохранности и эффективности использования информации. Поэтому крайне важными являются исследования в области управления информацией по освоению и сохранению недр — обоснование принципов формирования баз данных, условий создания, распространения и использования горно-геологической, экологической, горнотехнической и социально-экономической информации с целью обеспечения максимальной эффективности научных исследований в области проектирования горнотехнических систем.

Развитие методов проектирования в части учета рисков и последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, связанных со строительством, производственной деятельностью, реконструкцией и ликвидацией горных предприятий. Методы научного прогноза являются неотъемлемой частью ис-

следовательских работ. По сути, в области теории проектирования выбор и развитие таких методов представляется основополагающим, что определяет актуальность этого направления. Снижение рисков и устранение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера станет результатом реализации данного направления.

В связи с абсолютным для земной цивилизации значением освоения и сохранения недр Земли в будущем (в известной мере и в настоящем времени), исходя из прогресса науки и производства, наряду с другими исследованиями должны вестись аналитические изыскания решения перспективных проектных задач, среди которых *роботизированное строительство и эксплуатация рудников, добыча полезных ископаемых в условиях других сред и гравитации, новые способы вскрытия месторождений, дезинтеграции и транспортирования горной массы.*

Практическое значение развития теории проектирования освоения недр в указанных направлениях исследований заключается в формировании нового подхода к процессу освоения недр, подготовке методической базы проектирования современных геотехнологий с рациональными масштабами подсистем полного цикла комплексного освоения месторождений многокомпонентных руд.

Изменение подхода к проектированию освоения рудных месторождений позволит по-новому решать вопросы вскрытия и подготовки запасов кондиционных и некондиционных руд, очистной выемки, повысить полноту и комплексность использования природного, природно-техногенного и техногенного сырья, будет способствовать решению экологических и социальных проблем в регионах добычи, что сформирует новые представления о минерально-сырьевом потенциале на средне- и долгосрочную перспективу. **ГЖ**

Каплун Давид Родионович,
тел.: +7 (495) 360-08-23

THEORY BASIS OF DESIGNING OF SUBSOIL MASTERING: FORMATION AND DEVELOPMENT

Kaplunov D. R.¹, Head of Department of Theory of Designing of Subsoil Mastering, Correspondent-Member of Russian Academy of Sciences, phone: +7 (495) 360-08-23

¹ Institute of Comprehensive Exploration of Subsoils of Russian Academy of Sciences (Moscow, Russia)

Institute of Comprehensive Exploration of Subsoils of Russian Academy of Sciences formed the scientific field «Theory basis of designing of subsoil mastering», which was approved by the Earth Sciences Department of Russian Academy of Sciences in 1997 with application of new classification of mining sciences by scientific community. During the formation of this research area, there was made a definition that comprehensive mastering and conservation of subsoils is possible only on the basis of new approach to evaluation of structure and parameters of mining systems.

This article shows the fact that mining systems with full cycle of comprehensive mastering of mineral deposits are the most efficient, but difficult to design. Design of such systems implies justification of decisions not only for ore extraction. There are taken into account the possibilities for efficient exploitation of all types of georesources, typical for mining area. The full cycle of comprehensive mastering of mineral resources includes not only extraction and processing of ores, but also deep processing of anthropogenic materials (substandard ores, stocked in dumps; tailings, etc.) with disposal of all wastes, formed in mined out space of pits and underground mines.

Study of functioning patterns of mining systems and their parameters have the following basis:

- study of mineral substance on macro and micro scale;
- study of processes, characterizing this mining and technical system (geological (the whole range), geomechanical, aerogasdynamic, technological, economic, social, etc.);
- study of relationships between mining system and environment (other systems).

Principles of sustainable development can be applied for the design of mining systems. Urgency of this method is determined by the fact that in the last decade, the world engineering science, inseparably linked with engineering and creation of innovative technologies in various kinds of life, was based on the principles of sustainable development.

This article considers the prospects for development of scientific field «Theory basis of designing of subsoil mastering». It is shown that change of approach to development of mineral deposits' design will make possible to carry out the following operations:

- new solving of problems of mine development for mining of substandard and standard ores, and ore excavation;
- increasing of completeness and comprehensiveness of exploitation of natural, natural-anthropogenic and anthropogenic resources;
- contribution to solving of environmental and social problems in mineral extraction regions, which will form new approaches to determination of mineral resource extraction potential for medium-term and long-term prospect.

This work was carried out with the support of Russian Foundation for Basic Research (grant No. 12-05-00374a).

Key words: *theory basis of designing of mining systems, area of knowledge, direction of progress, design, sustainable development.*

REFERENCES

1. *Gornye nauki. Osvoenie i sokhranenie neдр Zemli* (Mining sciences. Mastering and saving of Earth subsoils). Under the editorship of K. N. Trubetskoy. Russian Academy of Sciences, Academy of Mining Sciences, Russian Academy of Natural Sciences, International Engineering Academy. Moscow : Publishing House of Academy of Mining Sciences, 1997, 478 p.