

УДК 001:622

К. Н. ТРУБЕЦКОЙ (Президиум РАН)

НАУКА И ГОРНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ



К. Н. ТРУБЕЦКОЙ,
советник, академик РАН

Прослежена трансформация горных наук по мере освоения ресурсов недр — от простого их использования до воспроизводства. Обозначены направления развития горной промышленности России, нуждающиеся в особом научном сопровождении.

Ключевые слова: горные науки, ресурсы недр, горные работы, комплексное освоение недр, ресурсовоспроизводящие геотехнологии, автоматизированные системы управления горнотранспортными комплексами.

DOI: <http://dx.doi.org/10.17580/gzh.2015.07.03>

Науки в области добычи и обогащения полезных ископаемых формировались в результате труда многих поколений исследователей и развивались по мере научного обобщения производственного опыта, а истоки этих наук отражены в ряде сочинений о камнях, горном деле, минералогии и геологии, датируемых XV–XVI вв. В последующем необходимо выделить пионерную книгу в рассматриваемой области великого русского ученого М. В. Ломоносова, в которой дано первое определение понятия «горная наука»: «Наука, которая учит минералы знать, приискывать и приводить в такое состояние, чтобы они в обществе человеческого были угодны, называется горная наука» [1].

Развитие горных наук в стране шло настолько быстро, что лишь перечень основных достижений с именами их авторов вполне мог бы служить предметом не одной большой статьи. Выдающийся вклад в развитие горных наук внесли академики М. И. Агошков, Н. В. Мельников, В. В. Ржевский, профессора Б. П. Боголюбов, К. Е. Виноцкий, Б. П. Юматов, многие другие специалисты [2].

Ресурсы недр — от простого использования до воспроизводства

Быстрое развитие горные науки получили в нашей стране в связи с бурным ростом горного производства, вызвавшим дифференциацию научных направлений на рубеже XIX–XX вв. с соответствующим выделением группы специальных разделов (проектирование и строительство рудников, обогащение полезных ископаемых, борьба с подземными пожарами, горноспасательное дело и др.), и появление капитальных работ по вскрытию и системам разработки месторождений, по установлению границ между открытыми и подземными работами и др.

При этом формирование горных наук в течение нескольких столетий было настолько тесно связано с непосредственным повседневным развитием всей производственной деятельности об-

щества, что создавало до конца XX в. впечатление прикладного, нефундаментального их характера. Более того, исключительная трудоемкость и опасность горного производства, его особое социально-экономическое положение в отдельные периоды трансформировали горные науки, уводя их от наук о Земле к наукам прикладного характера.

Насыщение горных наук знаниями в смежных областях: геологии, геофизики, геохимии, математики, механики, физики, химии, экономики, экологии и др. — с одной стороны, резкий рост объемов горного производства и возникновение в нем новых, весьма острых проблем (техногенные землетрясения, горные удары, тектонические нарушения, катастрофические прорывы воды в выработанное пространство шахт и др.) — с другой, явились непреложным фактором развития и формирования горных наук в последней четверти XX в. в качестве самостоятельной области интеллектуальной деятельности — системы знаний о закономерностях и методах освоения и сохранения недр Земли как ресурса жизнеобеспечения для устойчивого развития общества. В таком качестве горные науки, во многом благодаря усилиям академиков Б. С. Соколова и Н. В. Мельникова, были официально признаны в 1975 г. путем создания секции геологии, геофизики, геохимии и горных наук в составе Отделения наук о Земле АН СССР.

Формулирование и обоснование новых понятий «комплексное освоение недр» (академики Н. В. Мельников и М. И. Агошков), «ресурсовоспроизводство» (академик К. Н. Трубецкой) и «сохранение недр Земли» [3] привели к наиболее радикальному изменению концепции горных наук. Этому способствовало также значительное расширение сферы проникновения человека в глубь земных недр для использования всего многообразия георесурсов, в том числе природных и техногенных полостей в земных недрах; глубинных источников пресных, минеральных и термальных вод; внутреннего тепла недр Земли и др.

Более чем за 250 лет изменился предмет (объект исследования) горных наук — от минералов (по М. В. Ломоносову, 1763 г.), процессов добычи полезных ископаемых (по Н. В. Мельникову, 1952 г.), технологии, техники, экономики и организации горного производства (по В. В. Ржевскому, 1981 г.), технологии подземной разработки и обогащения полезных ископаемых (по М. И. Агошкову, 1983 г.) до техногенно изменяемых недр Земли (по К. Н. Трубецкому, Д. Р. Каплунову, Н. Н. Чаплыгину, 1994 г.).

Сегодня горные науки — это комплекс наук о закономерностях и методах освоения и сохранения недр Земли, целью которых является получение новых знаний, дающих возможность управления состоянием недр. Изменение концепции горных наук позволило в середине 1990-х годов предложить новую их классификацию [4, 5], на основе которой создано новое мировоззрение в научных исследованиях по освоению и сохранению недр Земли, ведется подготовка докторов и кандидатов наук, осуществляется аттестация горных специалистов.

КЛАССИФИКАЦИЯ ГОРНЫХ НАУК

Группа горных наук	Горная наука
Горное недроведение	Горнопромышленная геология Геометрия и квалиметрия недр Геомеханика Разрушение горных пород Рудничная азрогазодинамика Горная теплофизика
Горная системология недр	Теория проектирования освоения Экономика освоения георесурсов Горная экология Горная информатика
Геотехнология	Физико-техническая геотехнология Физико-химическая геотехнология Строительная геотехнология Геотехника
Обогащение полезных ископаемых	Технологическая минералогия Дезинтеграция и подготовка минерального сырья к обогащению Физические и химические процессы разделения, концентрации и переработки минералов Физические и химические процессы извлечения полезных компонентов из природных и техногенных вод

Очевидно, нет необходимости говорить о значении и актуальности изучения проблем освоения и сохранения земных недр. Можно с уверенностью считать, что, по крайней мере в первой половине XXI в., Россия останется сырьевой державой, доля экспорта минеральной продукции которой будет не менее 50–75 %. Горная промышленность по-прежнему является валютным цехом страны.

Ниже обозначены направления развития горной промышленности России, которые, по мнению автора статьи, нуждаются в особом научном сопровождении.

Совершенствование технологии горных работ в рамках комплексного освоения недр

Здесь на передний план выдвигаются открытые горные работы. С ростом потребности страны в минеральном сырье открытый способ, ввиду его масштабности, стал для подземного недосыаемым по производственной мощности горных предприятий, так как увеличению рабочих параметров карьерного оборудования и, следовательно, его суммарной производительности теоретического предела нет. Этому способствует также высокая степень извлечения полезных ископаемых из недр, повышение производительности и улучшение условий труда, возможность применения открытого способа практически во всех климатических зонах. Открытым способом будут извлечены и переработаны собранные в хранилища металлосодержащие отходы горного производства прежних лет — речь идет о создании и отработке так называемых техногенных месторождений.

Таким образом, расширение масштабов открытых горных работ остается генеральным направлением развития горнодобывающей промышленности России в наступившем веке, одним из наиболее надежных плацдармов для развертывания крупных инновационных проектов. В первом десятилетии XXI в. более 200 предприятий осуществляют открытую разработку месторождений руд черных и цветных металлов (золота, платины, серебра, молибдена, никеля, бокситов), урана, угля, алмазов, горно-химического сырья, а около 4000 карьеров добывают минеральное сырье для производства строительных материалов. В России добывают этим способом 80–93 % руд черных и цветных металлов, около 64–70 % угля, практически 100 % строительных горных пород.

Открытая разработка месторождений позволяет создавать в России мощные комплексы по добыче и переработке железных руд. Так, на пяти наиболее крупных карьерах — Лебединском, Михайловском, Стойленском, Костомукшском, Северном Качканарском (производительностью каждого по сырой руде свыше 20 млн т в год) добывается в сумме около 70 % железных руд в стране; три других карьера — Ковдорский, Главный и Западный Качканарские (производительность каждого — более 10 млн т в год) вносят еще свыше 16 % в общероссийскую добычу. При этом значительно возрастает проектная глубина карьеров: Лебединского 450 м, Ковдорского 850 м, Михайловского 450 м, Оленегорского 435 м и Стойленского 470 м.

К наиболее крупным предприятиям с открытым способом разработки месторождений руд цветных металлов и золота в России следует отнести: карьер Олимпиадинского месторождения золота (6 млн т в год), Сорский молибденовый карьер (9 млн т в год), междурудный карьер «Эрдэнэт» совместного российско-монгольского предприятия (25 млн т в год). Предусматривается увеличение объемов добычи руды на Сорском карьере до 12 млн т в год, а на карьере «Эрдэнэт» — до 32 млн т в год. Запроектировано строительство карьеров «Удокан» (медь) мощностью 36 млн т в год, «Сухой Лог» (золото) — 16 млн т в год, «Озерный» (цинк, свинец) — 6 млн т в год, «Наталкинский» (золото) — 40 млн т в год. Открытый способ разработки удерживает свои позиции при

добыче алмазов в Якутии и Архангельской области, угля — в Кузбассе и Восточной Сибири, горно-химического сырья — в Кольском Заполярье.

Долгие годы открытая и подземная разработка месторождений были в глазах специалистов антагонистическими способами. Сейчас настало время им не конкурировать, а плодотворно сотрудничать, дополняя друг друга не только в рамках совместной (комбинированной) открыто-подземной разработки месторождений, но и при переходе с одного способа разработки на другой.

Рассмотрим это на более чем 50-летнем опыте освоения уникального по природно-экономической значимости и запасам железорудного сырья бассейна Курской магнитной аномалии (КМА), где на одной территории протяженностью свыше 600 км сосредоточено 60 % общероссийских и 16 % мировых запасов железных руд и широко распространены плодородные земли — эталонные почвенные черноземы.

В связи с большим дефицитом в бывш. СССР высококачественных минеральных ресурсов в 1960-х годах на КМА было срочно организовано строительство крупных ГОКов с открытым способом разработки, которые обеспечили большие и быстронаращиваемые объемы добычи железных руд, но привели к изъятию из сельскохозяйственного оборота тысяч квадратных километров уникальных плодотворных земель, нарушению (вследствие пыления, эрозии, природного выщелачивания почв и водных ресурсов, загрязнения воздушной среды) огромных территорий центральных областей России.

В результате многолетних исследований силами ученых и производственников разработаны и широко внедрены ресурсо-производящие, экологически сбалансированные геотехнологии комплексного освоения месторождений КМА, предусматривающие использование безотходной подземной разработки руд с полной утилизацией отходов их переработки в выработанном пространстве недр [6].

К положительным факторам подземной разработки месторождения относятся уменьшение отвода земель в десятки раз, сохранение гидрологического баланса. Вместе с тем при этом необходим поиск и промышленное внедрение инновационных геотехнологий, способных обеспечить существенное сокращение потерь полезных ископаемых в целиках и потолочинах. Например, конструктивные особенности применяемой технологии подземной добычи железистых кварцитов на шахте им. Губкина ОАО «Комбинат КМАруда» предусматривают временное оставление под землей до 60 % балансовых запасов. В результате в недрах накопилось порядка 50 млн м³ пустот (выработанного пространства более 500 отработанных камер), объем которых примерно равен объему складываемых на поверхности отходов обогащения. Рудные целики, оставляемые между камерами, представляют собой самостоятельный природно-техногенный георесурс, требующий создания условий для его сохранения и эффективного вовлечения в эксплуатацию.

Таким образом, дальнейшее освоение месторождений КМА следует продолжить открытым и подземным способами с использованием подземных пустот-камер для размещения в них отходов

переработки железистых кварцитов. Потребовались годы, чтобы отработать технологию, которая позволяла бы проводить безопасное подземное складирование отходов. Мало того, она сама несет безопасность, поскольку заполнение пустот, образующихся с извлечением руды, исключает возможность деформации земной поверхности и образования провалов. И есть перспектива воспроизводства минерального сырья. Правда, не сразу, только с течением времени, и выход полезных компонентов будет небольшим (возможно, не более 13 %), но это все равно сырье, которое можно будет использовать. Если оценить объем всей пульпы из хвостохранилищ, потенциально пригодной для заполнения подземного пространства, что уже осуществляется на комбинате КМАруда, то подобного примера полной утилизации в закладке всех отходов переработки в столь больших масштабах в мировой практике не было.

При этом в корне изменяются сложившиеся в практике подходы к открытой и подземной разработке месторождений КМА и раскрываются перспективы внедрения ресурсо-производящих, экологически сбалансированных геотехнологий в их комплексной увязке на обширной территории региона с поэтапным вовлечением в эксплуатацию природных, природно-техногенных и техногенных запасов железорудного сырья различной ценности и сохранением подрабатываемых территорий путем складирования всех образующихся отходов добычи и переработки руд в выработанном пространстве недр.

Автоматизация управления горными работами

Несмотря на качественный рост в техническом оснащении и технологическом обустройстве горных предприятий производственные затраты на них в последние годы стали увеличиваться быстрее, чем цена добываемого продукта; и это на фоне нехватки квалифицированного персонала, усиления требований к экологии и безопасности работ. Дальнейшее повышение эффективности разработки месторождений открытым и подземным способами в решающей степени зависит не только от применения новых разнообразных видов горного и транспортного оборудования, но и от ускоренного создания и широкого внедрения современных технологий управления горными работами.

Примером таких технологий является отечественная автоматизированная система управления горнотранспортными комплексами «Карьер», созданная российской компанией «ВИСТ Групп» при научно-техническом участии ИПКОН РАН. Применительно к карьерному железнодорожному транспорту разработан вариант — микропроцессорная система управления устройствами сигнализации, централизации и блокировки (МСУСЦБ). В начале 2000 г. эта система была внедрена на 11 рудных станциях и в центральной диспетчерской Михайловского ГОКа, а в декабре того же года — 2 станциях Лебединского ГОКа. С 2007 г. МСУСЦБ успешно работает на 7 станциях Стойленского ГОКа. Сегодня ОАО «ВИСТ Групп» занимает 80 % рынка АСУ в России и других странах СНГ. В списке ее клиентов присутствуют крупнейшие компании, такие, как «Мечел», «Северсталь Ресурс», Магнитогорский металлургический комбинат, СУЭК, СДС и ЕвроХим.

Горные проекты по линии ОАО «ВИСТ Групп» выполняет ее дочерняя компания ООО «Вист Майнинг Технолоджи», она же занимается и международной деятельностью. Компания участвует в тендерах в Чили и Норвегии, Армении, планирует выходить на рынки Индонезии, Перу, Аргентины и Китая.

В «Сколково» ООО «Вист Майнинг Технолоджи» реализует проект «Интеллектуальный карьер», который можно рассматривать как новый этап в развитии автоматизированных систем управления горнотранспортными комплексами. Технология, представленная компанией, успешно прошла внешнюю отраслевую экспертизу, которая отметила, что проект обладает хорошим потенциалом коммерциализации, и что автоматизация работы карьеров — кардинальное решение проблемы повышения эффективности производства. Эксперты также отметили высокий уровень индустриальной компетенции команды. В декабре 2013 г. грантовый комитет «Сколково» высоко оценил научно-технический потенциал проекта «Интеллектуальный карьер» (руководитель — автор статьи) и выдал грант на его реализацию.

Создание и широкое внедрение уникальной автоматизированной системы управления горными работами на основе роботизированной техники по проекту «Интеллектуальный карьер» обеспечивает частичное или полное функционирование горнотранспортного оборудования без водителей и операторов. При этом в минимальном варианте управление осуществляется дистанционно, а в общем случае — полностью автоматически.

Внедрение системы управления горными работами — лишь первый шаг к полностью автоматическим решениям и использованию роботизированной горной техники. В 2013 г. в Белоруссии на заводе «БЕЛАЗ» начали собирать роботизированный карьер-

ный самосвал грузоподъемностью 130 т с компьютерной начинкой компании «ВИСТ Майнинг Технолоджи».

Дальнейшее развитие горной промышленности связано с оптимизацией параметров горных работ и оборудования, применением техники непрерывного действия, комплексным освоением недр, переходом на большие глубины (свыше 1000 м), разработкой принципов рационального сочетания ресурсосберегающих, малоотходных и ресурсовоспроизводящих геотехнологий, широким применением автоматизированных систем и методов управления добычей полезных ископаемых на основе роботизированной горной техники.

Библиографический список

1. Ломоносов М. В. Первые основания металлургии или рудных дел. — СПб. : Императорская Академия наук и художеств, 1763.
2. Трубецкой К. Н. Горные науки. — М. : Большая Российская Энциклопедия, 2007. Т. 7. С. 452–454.
3. Горные науки. Освоение и сохранение недр Земли / под ред. К. Н. Трубецкого. — М. : Изд-во Академии горных наук, 1997. — 478 с.
4. Лаверов Н. П., Трубецкой К. Н. О классификации горных наук // Горный журнал. 1996. № 1-2. С. 5–9.
5. Лаверов Н. П., Трубецкой К. Н. Горные науки в системе наук о Земле // Вестник РАН. 1996. Т. 66, № 5. С. 411–418.
6. Трубецкой К. Н., Каплунов Д. Р., Томаев В. К., Помельников И. И. Ресурсовоспроизводящие, экологически сбалансированные геотехнологии комплексного освоения месторождений Курской магнитной аномалии // Горный журнал. 2014. № 8. С. 45–53. [ГЖ](#)

*Трубецкой Климент Николаевич,
тел.: +7 (495) 360-89-60*

«GORNYI ZHURNAL»/«MINING JOURNAL», 2015, № 7, pp. 19–23

Title	Science and mining industry
DOI	http://dx.doi.org/10.17580/gzh.2015.07.03
Author 1	Name & Surname: Trubetskoy K. N.
	Company: Presidium of the Russian Academy of Sciences (Moscow, Russia)
	Work Position: Councillor
	Scientific Degree: Academician of the Russian Academy of Sciences
	Contacts: +7 (495) 360-89-60
Abstract	As mining industry enjoys growth and development, the science research in the area of subsoil use faces transformation of the subject and contents. Initially, the research was applied and aimed to offer support in dealing with current issues in mining.
	Expansion of mining industry and increasingly deeper level mining gave birth to exceedingly complicated phenomena (induced earthquakes and rock bursts, shearing, collapse of underground voids and the associated surface subsidence and sinking, water inrush in mines, etc.). The applied science appeared to be unprepared to develop countermeasures (not to speak of prevention) due to limited research instruments.
	It was necessary to shake-up mining science and impregnate it with knowledge and approaches from other faculties such as geology, physics, chemistry, mechanics, gas dynamics, etc. The philosophy of mining science has changed as well: from simple use to hunting of methods for reproduction of mineral wealth. Eventually, at the outcome of the 20th century, mining science had set as an independent area of intellectual activity in the form of the system of knowledge on mechanisms and methods of subsoil development as a resource of life support for sustainable evolution of mankind.
	There are several lines of development for mining industry in Russia. This article focuses on two lines needing special scientific supervision.
	The first line is improvement of geotechnology in the framework of efficient subsoil development. Here, considerable profit is achievable through expansion of application range of the open pit mining method, which remains the general line of development of mining industry in Russia in the century that has come.
	In the newly approached mineral provinces, the open pit mining method allows rapid increment of mine production. The open pit mining method stands the leading ground in the customary mineral extraction areas. Under planning there are open pit mines with the ultimate depth down to 1000 m, which is two-three times beyond the previous scope of reasonable depth of an open pit. This has become possible owing to geomechanical validation of highwall stability in super deep open pit mines and employment of high-angle conveyors and heavy duty machinery.

Abstract	<p>The open pit mining method will be used to treat enormous accumulation of mining waste from the past years (the so-called technogenic deposits), where content of valuable components is often higher than in the newly developed natural deposits.</p> <p>As for the underground mining, propitious prospects to enhance this method efficiency are offered by the validated potential to place mining waste in underground mined-out voids.</p> <p>The second development line for the mining industry in Russia is the improvement of mining and transport machinery control. VIST Group, Russia, has elaborated Karier Project for placing open pit mining machinery under remote control at the initial stage of mining and under overall automated control at the final operation stage.</p>
Keywords	<p>Mining sciences, mineral resources, mining operations, efficient subsoil development, resource-reproducing geotechnologies, automated control of mining and transport machinery.</p>
References	<ol style="list-style-type: none"> 1. Lomonosov M. V. <i>Pervye osnovaniya metallurgii ili rudnykh del</i> (First basis of ore mining metallurgy). Saint Petersburg : Emperor Academy of Sciences and Arts, 1763. 2. Trubetskoy K. N. <i>Gornye nauki</i> (Mining Sciences). Moscow : Great Russian Encyclopedia, 2007. Vol. 7. pp. 452–454. 3. Gornye nauki. <i>Osvoenie i sokhranenie nedr zemli</i> (Mining sciences. Mastering and saving of earth subsoils). Under the editorship of K. N. Trubetskoy. Moscow : Publishing House of Academy of Mining Sciences, 1997. 478 p. 4. Laverov N. P., Trubetskoy K. N. O klassifikatsii gornykh nauk (About classification of mining sciences). <i>Gornyi Zhurnal = Mining Journal</i>. 1996. No. 1-2. pp. 5–9. 5. Laverov N. P., Trubetskoy K. N. Gornye nauki v sisteme nauk o Zemle (Mining sciences in the system of Earth sciences). <i>Vestnik Rossiyskoy Akademii Nauk = Bulletin of Russian Academy of Sciences</i>. 1996. Vol. 66, No. 5. pp. 411–418. 6. Trubetskoy K. N., Kaplunov D. R., Tomaev V. K., Pomelnikov I. I. Resursovoizvodnyashchie, ekologicheski sbalansirovannye geotekhnologii kompleksnogo osvoiniya mestorozhdeniy Kurskoy magnitnoy anomalii (Resource-production, ecologically balanced geotechnologies of complex mastering of Kursk magnetic anomaly deposits). <i>Gornyi Zhurnal = Mining Journal</i>. 2014. No. 8. pp. 45–53.

УДК 001.895:332.14(98)

Н. Н. МЕЛЬНИКОВ (Горный институт Кольского научного центра РАН)

РОЛЬ АРКТИКИ В ИННОВАЦИОННОМ РАЗВИТИИ ЭКОНОМИКИ РОССИИ



Н. Н. МЕЛЬНИКОВ,
директор, академик РАН

Показан ресурсный потенциал Арктической зоны России, способный значительно пополнить минерально-сырьевую базу страны. Приведены результаты исследований Горного института КНЦ РАН, направленных на повышение эффективности горно-обогатительного производства в сложных природных условиях Кольского Заполярья. Высказаны предложения по корректировке государственной стратегии освоения минеральных ресурсов Арктики.

Ключевые слова: инновационное развитие экономики, Арктика, Арктическая зона России, ресурсный потенциал, минеральное сырье, освоение месторождений, научные исследования, высокие технологии.

DOI: <http://dx.doi.org/10.17580/gzh.2015.07.04>

В настоящее время около 40 % фондов промышленных предприятий и 13 % балансовой стоимости основных фондов экономики страны сосредоточены в сфере недропользования. При этом российский экспорт на 85 % представлен топливно-энергетическими товарами, минеральным сырьем, металлами, драгметаллами и алмазами [1].

При целевой задаче мультипликативного роста экономики и увеличения ВВП страны горнодобывающая отрасль играет роль системообразующей составляющей инновационного развития России. Сырьевой сектор России является базой развития эконо-

мики страны, обеспечивает ее ресурсно-инновационный рост, который должен осуществляться одновременно с развитием новой экономики, основывающейся на высоких технологиях, и с импортозамещением в различных отраслях. На сегодня львиную долю (95 %) добавленной стоимости в сырьевом секторе России составляет добыча полезных ископаемых, остальные 5 % приходятся на лесное хозяйство и рыболовство.

Роль сырьевого сектора в экономике России можно оценивать с позиции как сегодняшних выгод, так и долгосрочных перспектив освоения новых минеральных объектов, повышения сте-