УДК 622.014.3:553.042.004.14

Ткач Сергей Михайлович
доктор технических наук,
директор института
Институт горного дела Севера
им. Н.В. Черского (ИГДС) СО РАН
677027, г. Якутск, ул. Ленина, д.43,
e-mail: tkach@igds.ysn.ru

Батугин Сергей Андриянович
доктор технических наук, профессор,
главный научный сотрудник
лаборатории проблем рационального освоения
минерально-сырьевых ресурсов,
ИГДС СО РАН
e-mail: batuginan@mail.ru,

ИЗБРАННЫЕ ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ НЕДР НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

Аннотация:

Показано, что для эффективной реализации стратегии комплексного освоения недр необходимо опробование месторождений, минерального сырья и продуктов его переработки. Однако эта проблема недопустимо игнорируется наукой и практикой. Отмечены причины и отрицательные последствия этого явления. Предложены первоочередные меры.

Ключевые слова: недра, месторождения, стратегия, опробование, предложения

Tkach Sergey M.
doctor of technical sciences,
the director of the Institute of mining
in the north regions, named after N. V. Chersky, Siberian Branch, RAS,
Lenin Ave, 43, Yakutsk, 6778027, Russia,
e-mail: tkach@igds.ysn.ru

Batugin Sergey A.
Doctor of technical sciences, professor,
Chief researcher of the Laboratory of problems
of rational mineral resources development
the Institute of mining in the north regions, named
after N. V. Chersky and related to the Siberian
Branch, RAS
e-mail: batuginan@mail.ru

SELECTED GEO-TECHNOLOGICAL PROBLEMS OF MINERAL RESOURCES INTEGRATED DEVELOPMENT AT PRESENT STAGE

Abstract:

It is shown that for efficient implementation the strategy of comprehensive natural resources development sampling the deposits, mineral raw materials and products of its processing is necessary. But the problem continues to be inadmissibly disregarded by science and practice. The reasons and negative after-effects of this phenomenon are mentioned. Top priority measures are proposed.

Key words: subsurface mineral resources, deposits, strategy, sampling, suggestions

К настоящему времени российскими учеными разработаны научные, методологические и стратегические основы комплексного освоения недр, учитывающие современное состояние горной техники и технологии, изменения важнейших положений экономической оценки месторождений полезных ископаемых, состояние и возможности развития минерально-сырьевой базы [1 – 7 и др.]. Как правило, в этих работах приводится аргументация важных направлений дальнейшего научного поиска, в том числе с учетом развивающегося парка принципиально нового научного оборудования. В настоящей статье авторами сделана попытка рассмотреть, в соответствии со своей специализацией и имеющимся заделом, совокупность подобных задач.

Рассмотрение и аргументацию научной и практической значимости отобранных задач начнем с основ геологического опробования и оценки запасов.

В ИГДС СО РАН на основе обобщения многолетних данных опытно-методических работ, разведки и разработки месторождений твердых полезных ископаемых изучены закономерности пространственной изменчивости и неоднородности полей содержаний полезных компонентов. Введено геолого-экономическое понятие кластерной организации месторождений и рудного вещества, методологически удобное для оптимизации сетей опробования, оценки и отработки запасов полезных ископаемых при реализации концепции эксплуатационных кондиций [8]. Обоснованы принципы построения и анализа функционирования сложных динамических систем «георесурс-продукт-эффект»

[9]. Предложено новое конструктивное понимание и определение представительности геологической пробы: проба называется представительной, если ее масса (объем), геометрия и ориентировка позволяют оценить с необходимой и достаточной точностью среднее содержание полезного (вредного) компонента в однородном поле минерализации с заданными гранулометрией и балансом минералов-носителей данного компонента, структурой и текстурой среды опробования [10].

Опробование на содержание химических элементов, минералов, твердых, жидких и газообразных включений, пор, каверн, дефектов и других характеристик при комплексном изучении и освоении недр ведется на всех стадиях.

Многообразие объектов опробования порождает разнообразие сред опробования, с которыми приходится иметь дело. Общим свойством большинства сред опробования является то, что они могут быть представлены в виде образований из двух или большего числа фаз (тел) с сильно развитой поверхностью раздела между ними. Такие системы называют дисперсными.

В дисперсных системах по крайней мере одна из фаз распределена в виде мелких частиц (кристалликов, нитей, пленок, пластинок, капель, пузырьков и т. п.) в другой сплошной фазе – дисперсионной среде. Совокупность мелких однородных частиц, распределенных в дисперсионной среде, называют дисперсионной фазой.

По агрегативному состоянию дисперсные системы делят на газодисперсные – аэрозоли (дым, туман, пыль), жидкодисперсные (золи, суспензии, эмульсии, пены), твердодисперсные – стеклообразные или кристаллические тела с включением мельчайших твердых частиц, капель, газовых пузырьков. Общая классификация дисперсных систем приведена в табл. 1 [11].

Таблица 1

Классификация дисперсных систем

Дисперсионная среда	Дисперсная фаза		
	Газовая	Жидкая	Твердая
Газовая	Дисперсные системы не образуются	Туман	Дым, пыль
Жидкая	Пены	Эмульсии	Суспензии
		Золи (коллоидные растворы)	
Твердая	Аэрогели (пористые тела)	Жидкие включения в твердых телах	Твердые золи

В геологии и горном деле приходится иметь дело со всеми классами дисперсных систем, указанных в табл. 1. Каждое из месторождений полезных ископаемых представляет собой некую гетерогенную систему. Месторождения твердых полезных ископаемых и твердые породы являются примерами сложных гетерогенных систем с одновременным присутствием в одной и той же породе (руде) большой совокупности не только различных твердых, жидких и газообразных дисперсных фаз, но и необозримого множества гетерогенных подсистем разных масштабов. Поведение таких гетерогенных систем и подсистем в условиях разнообразных природных и техногенных воздействий для познания проблем комплексного освоения, сохранения недр, окружающей природы и жизни на Земле представляется крайне важным, перспективным, но далеким будущим.

Применительно к различным месторождениям и видам минерального сырья более чем за 100-летний период развития эмпирических и теоретических методов исследований предлагалось и использовалось много способов определения минимальной представительной массы (объема) первичной пробы и (или) навески для химического анализа.

В разработке этих методов принимали участие многие инженеры и ученые разных стран: И.М. Адельсон, М.Н. Альбов, С.А. Батугин, Н.В. Барышев, Г.Е. Белоусов,

М.П. Божинский, А.П. Буров, В.В. Викторов, Г.П. Воларович, А.И. Галудзина, М.А. Гневушев, А.Г. Дьяков, А.В. Есипов, С.Г. Желнин, Е.П. Зайцев, Б.М. Зубарев, П.Л. Каллистов, Н.В. Карпенко, А.И. Ким, Н.В. Климов, В.З. Козин, С.Д. Костюк, Д.А. Краснов, А.А. Куликов, А.Б. Куликова, П.И. Кушнарев, Р.М. Кылатчанов, А.А. Малаев, В.Е. Минорин, В.А. Новиков, Ю.К. Панов, В.П. Переяслов, В.Г. Петров, К.Л. Пожарицкий, Б.И. Прокопчук, Р. Ричардс, И.С. Рожков, С.М. Ткач, Ю.А. Ткачев, Е.А. Фридланд, В.Г. Хитров, А.П. Церишенко, Е.Д. Черный, Л.И. Четвериков, Г.О. Чечотт, Л.И. Шаманский, А.А. Шеин, Б. Бауле, А.З. Бенедетти-Пихтер, А.Д. Вильсон, Д.Висман, К. Демонд, С.О. Ингамельс, Ф. Мика, С.Х. Петхе, А.Ф. Таггарт, Р. Хальфердаль, P.M. Becker, D. Brunton, E. Clifton, A. Grassia, P. Gy, P. Hunter, M. Magnee, D.J. Otlley, L.L. Philips, A. Prigogine, F. Swanson, J. Cillik и др. (по [10]).

Обобщение практических данных по опробованию привело английского ученого Р. Ричардса (1909 г.) к убеждению, что массы проб изменяются приблизительно пропорционально квадратам диаметров максимальных кусков в пробе.

Впервые такого рода работа, в которой описан пример расчета схемы обработки пробы по формуле, была опубликована профессором Ленинградского горного института Г.О. Чечотта в 1917 г.:

$$m = Kd^2. \tag{1}$$

Эта же формула приведена им в последующей работе (1932 г.) со ссылкой на материалы экспериментальных исследований Р. Ричардса. С тех пор она вошла в практику геологической службы СССР под названием «соотношение Ричардса – Чечотта», и была рекомендована Геологическим комитетом еще в 1926 г.

Коэффициент *K* отражает влияние изменчивости содержания металла в руде и, по мнению Г.О. Чечотта, изменяется в пределах 0,16 – 0,24.

В практике опробования алмазных и других россыпей широко известна, использовалась и используется в ряде случаев формула, предложенная в 1952 г. А.П. Буровым и Г.И. Воларовичем:

$$V_{\text{п}} = K\frac{q}{C}, \tag{2}$$

где $V_{\text{п}}$ – искомый объем пробы, м^3;

q – средняя масса кристалла алмаза, мг;

C – среднее содержание алмазов в данном типе россыпей;

K – коэффициент, выбираемый в зависимости от требуемой надежности обнаружения алмазов.

В формулах (1) и (2) удачно отражены опыт и накопленные знания об основных факторах (*d, q, C* и *K*), влияющих на уровень представительности геологической пробы. Это определило 100-летнюю историю развития эмпирических и теоретических поисков теории опробования горных пород, руд, минерального сырья и продуктов их переработки.

Отметим важнейшие факты состояния дел в этой области на современном этапе:

– специалисты признают, что высокая неравномерность содержания (например, алмазов и золота) в месторождениях и рудной массе, фиксируемая при геологическом опробовании, является следствием как природного неравномерного распределения кристаллов и их сростков – носителей искомых минералов и элементов в рудном массиве, так и случайного попадания их в частные пробы;

– формулы (1) и (2) широко использовались и используются с разной модификацией параллельно с введением существенных поправок из-за часто наблюдаемого занижения качества и количества пригодных для эксплуатации запасов, вплоть до пропусков месторождений и их участков;

– имеет место множество различных случайных и систематических ошибок оценки содержаний минералов и элементов на всех стадиях опробования месторождений и добытого минерального сырья от пробоотбора до лабораторного анализа;

– систематические ошибки занижения содержаний при существенно непредставительном опробовании в корне искажают истинную картину размещения балансовых запасов (рис. 1);

– занижают мощность продуктивных тел в местах фактически балансовых запасов, показывая в то же время ненулевую мощность там, где фактически содержания существенно ниже бортового;

– занижают площади участков с балансовыми запасами, показывая таковые в местах их фактического отсутствия;

– завышают запасы худших и лучших категорий по качеству и занижают запасы среднего качества.

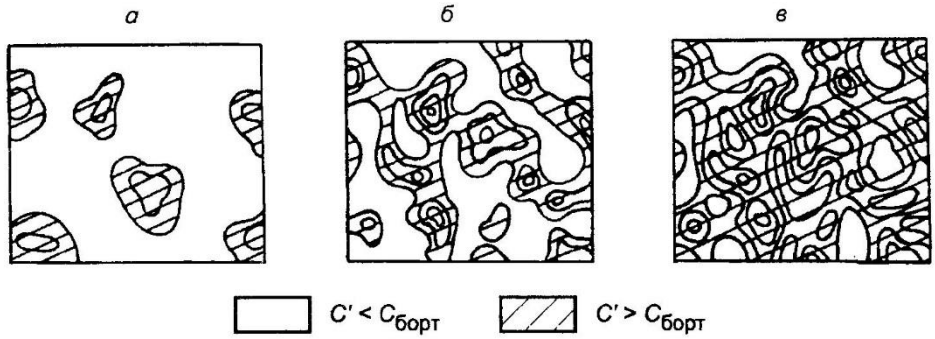

Рис. 1 – Сравнение геометризации балансовых запасов по данным эксплуатационного опробования пробами разного объема:
а – $V \approx 0{,}05V_{предст.}$; *б* – $V \approx 0{,}35V_{предст.}$; *в* – $V \approx V_{предст.}$

При освоении месторождений выбор стратегии поведения компании очень жестко связан с источником сырья. Именно качество запасов минерального сырья, их величина и условия разработки будут определять, какая стратегия поведения компании может быть преобладающей при разработке месторождения [12].

Переходя к заключению, отметим справедливое, на наш взгляд, мнение сотрудников ОАО «Иргиридмет» [13] о целесообразности продолжения исследований технологии пробоподготовки и анализа золотосодержащих проб. Требуется пересмотр стандарта по подготовке проб к анализам с заменой устаревшей формулы Ричардса – Чечотта и разработка новых схем пробоподготовки, учитывающих современные условия.

Литература

1. Горные науки. Освоение и сохранение недр Земли /под ред. К. Н. Трубецкого. – М.: Изд-во Академии горных наук, 1997. – 478 с.

2. Мезоэкономика переходного периода: рынки, отрасли предприятия / под ред. Г. Б. Клейнера. - М.: Наука, 2001. - 516 с. (Серия "Экономическая наука современной России")

3. Клейнер Г. Б. Стратегия предприятия / Г. Б. Клейнер. – М: Изд-во "Дело", 2008. – 568 с.

4. Яковлев В. Л. Разработка государственной стратегии развития и освоения недр России – основа геополитической и экономической безопасности страны / В.Л. Яковлев //. Геотехнологические проблемы комплексного освоения недр. – Екатеринбург, 2009. – С. 87 – 94. – (. Сб. науч. тр. / ИГД УрО РАН. - № 5(95).

5. Комплексное освоение месторождений и глубокая переработка минерального сырья / К. Н. Трубецкой, В. А. Чантурия, Д. Р. Каплунов, М. В. Рыльникова. - М.: Наука, 2010. - 437 с.

6. Ресурсовоспроизводящая безотходная геотехнология комплексного освоения месторождений Курской магнитной аномалии / под ред. Д..Р. Каплунова. – М.: Изд-во «Горная книга», 2012. – 547 с.

7. Архипов Г. И. Минеральные ресурсы горнорудной промышленности Дальнего Востока. Обзор состояния и возможности развития / Г. И Архипов. – М.: Издательство «Горная книга», 2011. – 830 с.

8. Ткач С. М. Методологические и геотехнологические аспекты повышения эффективности освоения рудных и россыпных месторождений Якутии / С. М. Ткач; отв. ред. С. А. Батугин, – Якутск: Изд-во Института мерзлотоведения СО РАН, 2006. – 284 с.

9. Батугина, Н.С. Проблемы эффективного освоения недр Республики Саха (Якутия) / Н. С. Батугина. – М.: Геоинформмарк, 2010. – 194 с.

10. Батугин, С. А. Теоретические основы опробования и оценки запасов месторождений / С. А. Батугин, Е. Д. Черный. – Новосибирск: Сиб. предприятие РАН, 1998. – 344 с.

11. Большая советская энциклопедия. – М.: Сов. Энциклопедия, 1972. – Т. 7. – С. 309.

12. Харитонова М. Ю. Использование вероятностного подхода для определения конкурентных стратегий поведения горнодобывающих компаний Красноярского края / М. Ю. Харитонова, Н. А. Мацко // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2013. - № 3. – С. 83-87.

13. Прокопьева С. В. Проблемы пробоподготовки и анализа проб с различной крупностью золота] / С. В. Прокопьева, А. С. Ванина, Б. К. Кавчик // Золотодобыча. – 2014. - № 2 (183), февраль. – С. 11-14.