

УДК 55:622.03

С.М. Ткач, С.А. Батугин

**ФАКТОРЫ ПЕРЕХОДА ГЕОЛОГИЧЕСКИХ
(ПРИРОДНЫХ) КЛАСТЕРОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
В КАТЕГОРИЮ ГОРНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ***

Известно, что эффективность горного производства в решающей степени зависит от горно-геологических условий, имеющих большое разнообразие даже в пределах одного месторождения. Месторождения полезных ископаемых и горные предприятия при их разработке являются сложными многофакторными эколого-техническими комплексами, функционирующими, как правило, более 20-25 лет. Основные группы определяющих факторов (горно-геологические, технологические, экологические, экономические и др.) находятся в сложной взаимосвязи и в комплексе составляют для каждого объекта весьма значительный информационный массив данных [1].

Обратим внимание на разнообразие горно-геологических условий освоения георесурсов на примере рудных месторождений (таблица). Только видов рудных полезных ископаемых можно указать более десяти, а типов залежей, встречающихся практически в каждом виде полезных ископаемых – более шести. При этом каждый тип залежи может характеризоваться определенной градацией (значением) каждого из последующих определяю-

щих факторов (признаков, условий) (таблица). Оценку общего уровня разнообразия горно-геологических условий подземной разработки рудных месторождений можно провести простейшим образом в виде произведения (числа N_H):

$$N_H = \prod_{i=1}^n m_i, \quad (1)$$

где n – число определяющих факторов, m_i – число градаций i -го фактора, индекс "H" у числа N (N_H) означает, что оценка ведется заведомо нижней границы разнообразия из-за далеко не полного учета (в таблице) числа важнейших факторов ($n=18$).

В приведенном примере (таблица) общее число различающихся условий превышает 170 миллионов.

Для оценки возможности эффективной разработки того или иного месторождения необходимо учесть многие другие как горно-геологические, так особенно, технологические факторы. Разведка месторождения, добыча и переработка руд - процессы многооперационные и каждый процесс, каждая операция даже в одних горно-геологических условиях обладают определенным разнообразием в методах, технике, организации и эффективности. К тому же именно здесь имеют место непрерывная модернизация и существенные качественные

*Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 06-05-96120)

Разнообразие горно-геологических условий подземной разработки рудных месторождений

№ п/п	Определяющий фактор и градации факторов	Число градаций факторов
1	2	3
1.	<i>Вид полезного ископаемого:</i> металлы (черные, цветные, благородные, полиметаллы), драгоценные камни, горно-химическое сырье, строительные и прочие неметаллы	Более 10
2.	<i>Типы рудной залежи:</i> пласты, линзы, штокверки, жилы, трубки, дайки и прочее	Более 6
3.	<i>Угол падения:</i> пологое, наклонное, крутое	3
4.	<i>Мощность залежи:</i> большая, средняя, малая	3
5.	<i>Средняя ценность компонентов в 1 т запасов руды:</i> уникальная, большая, средняя, малая	4
6.	<i>Глубина разработки:</i> малая, средняя, большая	3
7.	<i>Устойчивость пород кровли, почвы:</i> малая, средняя, высокая	3
8.	<i>Прочность руд:</i> низкая, средняя, высокая	3
9.	<i>Морфология залежи:</i> простая, средняя, сложная	3
10.	<i>Гидрогеологические условия:</i> простые, средние, сложные	3
11.	<i>Прерывистость оруденения:</i> малая, средняя, высокая	3
12.	<i>Изменчивость содержания компонента:</i> низкая, средняя, высокая	3
13.	<i>Обогатимость руд:</i> легкообогатимые, труднообогатимые, упорные	3
14.	<i>Технологическая сортность руд:</i> одно-, дву-, многосортные	3
15.	<i>Наличие технологически и (или) экологически вредных минералов:</i> нет, есть что-то одно, есть и то и другое	3
16.	<i>Возможность внезапных выбросов породы, газа, пыли:</i> отсутствует, имеется что-то, имеется сложное сочетание	3
17.	<i>Наличие и типы охраняемых объектов на обрабатываемой земной поверхности:</i> нет, промышленные и гражданские сооружения, водные объекты, заповедники	4
18.	<i>Физико-географические условия (тектоника, многолетняя мерзлота, удаленность):</i> простые, средние, сложные	3

изменения. Таким образом, различных условий разведки, добычи и переработки полезных ископаемых практически необозримое множество даже без учета месторождений топливно-энергетического сырья, россыпных месторождений и перспектив освоения техногенных и природных нетрадиционного типа месторождений, а также георесурсов морских и океанских глубин.

Ежегодное возрастание глубин горных работ, устойчивая тенденция снижения содержаний полезных ком-

понентов в обрабатываемых запасах, возрастающие потребности измельчения тонковкрапленных руд до 50 мкм и тоньше, растущие требования к охране окружающей среды и комплексному освоению и сохранению недр создают качественно новые условия, влияющие на все процессы горного производства,кратно увеличивая количество задач, требующих неотложного решения. Первым из важных следствий необозримого разнообразия, постоянно возникающих технических задач во всех технологических

процессах и операциях горного производства стала такая дислокация научных сил научно-исследовательских институтов горного профиля, при которой усилия научных сотрудников на 90% и более оказались направленными на решение задач текущего момента из этого необозримого множества.

Успешное развитие технологий обогащения полезных ископаемых, техническое перевооружение с внедрением мощной горной техники и повышением уровня механизации основных технологических процессов позволило в целом справиться с возрастающими объемами горной массы и добычи руд на крупных горнодобывающих предприятиях СССР в 70-е – 80-е годы. Однако следом усилилось противоречие между подсистемами георесурс, добыча руды, ее переработка в продукт: качество подсистемы «георесурс» (разведка, оценка запасов) не могло обеспечить растущие требования к объему и достоверности информации для должного развития системы в целом [2]. Надежды на подстройку в виде дополнительной подсистемы опережающего и сопровождающего эксплуатационного опробования и введение эксплуатационных кондиций (дополнительно к кондициям разведочным) в полной мере до сих пор в России не оправдались, что сдерживает не только оценку георесурса (особенно комплексного), но и разработку рациональных геотехнологий и, тем более, современных комбинированных технологических схем обогащения комплексных руд и металлургического передела продуктов обогащения.

За рубежом не существует четкого выделения стадии эксплуатационной разведки. Все работы, направленные на эффективную отработку месторождения, на контроль за качеством добываемой руды, относятся к промыш-

ленной геологии и являются неотъемлемой частью добычных работ. При этом объем информации о рудах, определяющих поведение руд в процессах добычи, обогащения и металлургического передела, на порядок и более выше, чем в России.

Заметим, что из 18 определяющих горно-геологические условия факторов приведенных в таблице, 14 в определенной степени оказывают влияние на интегральную характеристику качества георесурса, его потенциальную привлекательность с точки зрения эффективности разработки. При этом из теории и практики добычи и переработки руд известно, что практически при любом прекрасном среднем содержании полезного компонента всегда найдется такая комбинация ряда факторов из отмеченных выше 14-ти, которая сводит на нет преимущество даже уникального содержания. Более того, не редко такой же эффект может дать всего один из отмеченных 14-ти факторов под порядковыми номерами 3-11, 13-15, 17,18 в таблице.

Естественно, разнообразие горно-геологических условий подземной разработки на каком-либо отдельном месторождении в определенный год его эксплуатации на порядки ниже нашей оценки общего разнообразия N_H по (1), так как число определяющих факторов может быть меньше десяти. Например, не редко достаточно учесть всего пять факторов: среднее содержание (или ценность) полезного компонента (C), мощность (m), угол падения рудного тела (α), коэффициент сквозного извлечения полезного компонента (J), коэффициент рудоносности (K_p) (или природное разубоживание запасов (R) по [2]). Опытные инженерно-технические работники, проработавшие на данном объекте несколько лет, достаточно точно

дадут словесное описание совокупности природных условий, "приводящих" к резким изменениям технико-экономических показателей вплоть до аварийных ситуаций. Например, на крупных подземных рудниках Сибири, Урала, Норильского региона, Дальнего Востока и многих рудниках ближнего и дальнего зарубежья определяющими факторами являются 6, 7 (таблица) и не отмеченные факторы удароопасности рудных тел и вмещающих пород, что и отмечается в теории и практике и в настоящее время многими исследователями [3 и др.].

Поэтому природные кластеры содержания полезных компонентов (как и их ценности) пространственно далеко не совпадают с кластерами горно-экономическими. Кластеры горно-экономической категории из-за ценовых перемен на используемые ресурсы и выпускаемый продукт, технологических изменений разного рода и др. изменяют свои формы и размеры во времени. Горно-геологические факторы, определяющие условия ведения всех горных работ, постоянно меняются по мере отработки любого участка месторождения. Масштабы и темпы отработки месторождений возрастают, что ведет к ускорению перемен в условиях разработки на каждом месторождении из-за изменений множества геологических факторов на каждом добычном участке.

Локальное разнообразие ($N_{лок}$) благоприятных сочетаний даже из ограниченного числа (k) горно-геологических и технологических определяющих факторов можно оценить суммой сочетаний из k факторов при i от 1 до z

$$N_{лок} = \sum_{i=1}^z C_k^{z_i}$$

$$\text{где } C_k^{z_i} = \frac{k!}{z_i!(k - z_i)}. \quad (2)$$

Для каждого месторождения в целом, на разных глубинах, в каждом подсчетном блоке и на каждом выемочном участке $N_{лок}$, k и z могут существенно различаться и среди этого множества встречаются уникальные сочетания всего из одного, двух-четырех фактов, которые являются катастрофически опасными или крайне нежелательны по экономическим соображениям. А таких сочетаний, как показывает практика, на крупном месторождении сотни. Исследованием сочетаний разных определяющих факторов, приводящих к экономическим рискам на локальных участках месторождений, до настоящего времени уделялось явно недостаточное внимание. Эти локальные участки не выявляются на стадии разведки месторождений (в соответствии с целевыми установками и нормативными документами [4-7]). Эти нормативные документы предусматривают, что в процессе отработки месторождения, при необходимости уточнения требований к качеству извлекаемого полезного ископаемого и условиям его залегания применительно к конкретным частям месторождения: этажам, подэтажам, эксплуатационным блокам, панелям, выемочным участкам и др., существенно отличающимся по геологическим, горнотехническим, технико-экономическим, технологическим и иным условиям отработки от средних показателей, принятых при обосновании разведочных кондиций, а также обеспечения безубыточной отработки вышеперечисленных частей месторождения в период резкого изменения рыночной конъюнктуры на минеральное сырье,

продукты его переработки, а также цен на энергоресурсы, материалы, транспорт и т.д., составляют эксплуатационные кондиции [7, с. 3; 8, с. 83].

История развития концепции эксплуатационных кондиций, динамических во времени и дифференцированных в пространстве месторождения, длится уже более 30 лет, однако эта концепция еще не нашла должного воплощения в недропользовании. «Параметры эксплуатационных кондиций по сравнению с разведочными могут быть дифференцированы с учетом уточненных в процессе доразведки и разработки месторождения данных о характере и условиях залегания полезного ископаемого (морфологии залежей, их выемочной мощности, углов падения рудных тел, крепости и устойчивости руд и пород, нарушенности горного массива, гидрогеологических условий и технологических свойств руд), существенно влияющих на уровень эксплуатационных затрат при разработке месторождения» [8, п. 3.3, с. 88-89]. Важно, что «экономические проблемы предприятия, вызванные временными причинами (геологические, гидрогеологические, технологические и горнотехнические осложнения, временное падение мировых цен продукции), решаются с помощью механизма эксплуатационных кондиций и не требуют пересчета и переутверждения запасов» [5, с. 44].

Рассматриваемые здесь локальные горно-экономические кластеры мезо- и малого уровней, обусловленные неблагоприятными сочетаниями горно-геологических факторов, вызывают подобные временные экономические проблемы и должны также решаться с помощью того же механизма, но с привлечением давно развиваемой теории и практики ситуационного управления [9], наиболее важными требованиями которого являются оперативность реагирования и минимизации ущерба.

Среди множества возможных неблагоприятных сочетаний горно-геологических факторов большинство известны более 50 лет, стали типичными, а меры профилактики их вредного влияния или борьбы с ними постоянно совершенствуются. Оперативности ситуационного управления не должны мешать многообразие инструктивных документов, часто излишние согласования, не позволяющие проявлять инициативу, ответственность и ведущие к потере времени и росту затрат.

Адаптация персонала, техники и технологий к этим переменам затрудняется из-за их недостаточных предсказуемости, точности оценок значений ведущих геологических переменных, мобильности горных техники и технологий и в целом – из-за изменений типологии, структуры, уровней и параметров кластерного строения на всех обрабатываемых участках месторождения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Будущее* горной науки [Текст] / Д.М. Бронников, К.Н. Трубецкой, И.И. Шемякин и др. – М.: Наука, 1989. – 168 с.

2. *Ткач С.М.* Методологические и геотехнологические аспекты повышения эффективности освоения рудных и россып-

ных месторождений Якутии [Текст] / С.М. Ткач; отв. ред. С.А. Батугин; Рос. акад. наук. Сиб. отд-ние, Ин-т горн. дела Севера. – Якутск: Изд-во Института мерзлотоведения СО РАН, 2006. – 284 с.

3. *Фрейдин А.М.* Современные способы разработки рудных залежей с об-

рушением на больших глубинах [Текст] / А.М. Фрейдин, А.А. Неверов, С.А. Неверов, П.А. Филиппов и др.; отв. ред. А.П. Тапсиев; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т горн. дела.- Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2008. – 151 с.

4. *Классификация запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых*: Приказ МПР РФ, ФГУ ГКЗ от 11.12.2006г. – № 178.

5. Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Золото рудное: Утверждены распоряжением МПР России от 05.06.2007 г. – № 37-р.

6. *Методические рекомендации по составу и правилам оформления представляемых на государственную экспертизу материалы по технико-экономическим обоснованиям кондиций для подсчета запасов месторождений полезных ископаемых*. [Рекомендованы к использованию протоколом МПР России от 03.04.2007 г. № 11-17/

/0044-пр, утвержденным Заместителем Министра природных ресурсов РФ А.И. Варламовым].

7. *Методические рекомендации по технико-экономическому обоснованию кондиций для подсчета запасов месторождений твердых полезных ископаемых (кроме углей и горючих сланцев)*. Утверждены распоряжением МПР РФ от 05.06.2007 г. № 37-р.

8. *Временное руководство по содержанию, оформлению и порядку представления на государственную экспертизу технико-экономических обоснований ТЭО кондиций на минеральное сырье: сборник нормативно-методических документов по геолого-экономической оценке месторождений полезных ископаемых* – М.: ГКЗ МПР РФ, 1998. – 319 с. – (С.83-108).

9. *Поспелов, Д.А. Ситуационное управление: теория и практика / Д.А. Поспелов*. – М.: Наука-Гл. ред. физ. мат. лит., 1986. – 288 с. **ГИАН**

Коротко об авторах

Ткач С.М. – кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории проблем рационального освоения минерально-сырьевых ресурсов, ученый секретарь ИГДС СО РАН.

Батугин С.А. – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории проблем рационального освоения минерально-сырьевых ресурсов ИГДС СО РАН.

Статья представлена на семинаре лаборатории проблем рационального освоения минерально-сырьевых ресурсов ИГДС СО РАН,
Рецензент д-р техн. наук, *А.И. Матвеев*, заведующий лабораторией обогащения полезных ископаемых ИГДС СО РАН.

