

## СИСТЕМА ОСНОВНЫХ КАТЕГОРИЙ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ГОРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Г.В. Секисов<sup>1</sup>, А.Ю. Чебан<sup>1</sup>, А.А. Соболев<sup>1</sup>, А.А. Якимов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт горного дела ДВО РАН, Хабаровск, Россия, e-mail: chebanay@mail.ru

<sup>2</sup> Забайкальский государственный университет, Чита, Россия

**Аннотация:** Приведены категории оценки рациональности и эффективности горных технологий добычных работ и освоения месторождений твердых полезных ископаемых в целом. Осуществлено объемное определение системы параметров горных технологий применительно к особенностям освоения золоторудных месторождений Дальневосточного региона. По отношению к способам освоения золоторудных месторождений и к способам освоения рудных месторождений в целом создана иерархическая система параметров, сформированная с позиций их объемного отражения. Обоснована сложная и актуальная проблема рациональной отработки рудных месторождений, при этом методическая база ее решения представлена системой оценочных категорий, основу которой составляют критерии, показатели и параметры горных технологий. Исходная составляющая оценочной системы — своего рода подсистема критериев оценки, при этом в качестве центрального блока представлены показатели для каждого типа критериев, отражающие в определенной мере их содержание. В свою очередь, в качестве неотъемлемых составляющих оценочной системы и предметного выражения показателей представлены параметры горных технологий. Обосновывается необходимость проектирования горных предприятий с учетом прогрессивных технических и технологических решений, наметившихся в горном производстве, и современных концепций управления.

**Ключевые слова:** горные технологии; комплексное освоение; критерии, показатели и параметры оценки; эффективность.

**Для цитирования:** Секисов Г.В., Чебан А.Ю., Соболев А.А., Якимов А.А. Система основных категорий комплексной оценки горных технологий // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2019. – № 4. – С. 187–198. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-04-0-187-198.

### Grading system for integrated assessment of mining technologies

G.V. Sekisov<sup>1</sup>, A.Yu. Cheban<sup>1</sup>, A.A. Sobolev<sup>1</sup>, A.A. Yakimov<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institute of Mining of Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Khabarovsk, Russia, e-mail: chebanay@mail.ru

<sup>2</sup> Transbaikal State University, Chita, Russia

**Abstract:** Grading system for assessment of rationality and efficiency of mining technologies and solid mineral deposit development is presented. The volumetric determination of a system of mining technology parameters is carried out in terms of gold mining in the Far East of Russia. For the methods of mining gold and other types of ore, a hierarchy of parameters is constructed from the viewpoint of their volumetric representation. The actual complex problem of rational ore mining is substantiated. The methodical framework of this problem solution is represented by a grading system composed of criteria, indexes and parameters of mining technologies. The basic component of the grading system is a subsystem of evaluation criteria; the central block is the indexes reflective

of content of each criterion. In the capacity of integral components of the grading system and object representations of the indexes, parameters of mining technologies are presented. The article substantiates the requirement of mine planning and design with regard to advanced technological solutions and modern management concepts achieved in mining.

**Key words:** mining technology, integrated development, criteria, indexes, assessment parameters, efficiency.

**For citation:** Sekisov G. V., Cheban A. Yu., Sobolev A. A., Yakimov A. A. Grading system for integrated assessment of mining technologies. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2019;4:187-198. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-04-0-187-198.

---

## Введение

Достоверная и своевременная оценка освоения и использования минеральных ресурсов всегда играла важную роль, но особенно большое значение она приобретает в настоящее время из-за отсутствия подлинно современных методических основ оценки рациональности и эффективности добычных работ с использованием современного горного оборудования непрерывного и циклического действия, освоения месторождений и их использования в целом [1–6]. В связи с этим проектирование горных предприятий необходимо вести с учетом прогрессивных технико-технологических решений, наметившихся в горном производстве, и современных концепций управления [7–10]. Это большая и сложная проблема, которая для своего решения требует выполнения специальных и объемных исследований и разработок. В данной работе обоснована и представлена одна из важных составляющих исходных научно-методических основ оценки освоения месторождений полезных ископаемых — система оценочных категорий.

Нереально рассчитывать на создание в весьма короткие сроки развернутых методических основ этой оценки при многочисленности типов самих полезных ископаемых и социально-экономических, организационно-технологических, технических и других условий их освоения. Поскольку имеем дело с весьма разветвленной и сложной научно-произ-

водственной системой, на данном этапе речь идет лишь о создании исходных основ укрупненной оценки эффективности освоения одного из главных и наиболее распространенных типов минеральных объектов — рудных месторождений и их основных элементов. Исходно базируемся на выдвигаемой системе оценочных категорий, которую составляют критерии, показатели и параметры в иерархической совокупности и взаимосвязи.

Нередко в горнотехнической литературе и особенно в практической деятельности их ставят на один уровень, считая синонимами понятия «рациональный» и «комплексный». В то время как это различные по смыслу понятийно-терминологические категории. Применительно к конкретным условиям наиболее полное обоснование категории «комплексное освоение недр» дал академик М.И. Агошков [11]. Нами даются предметные определения следующим из главных понятийно-терминологических категорий в области горнопромышленного освоения недр.

Освоение месторождения — производственно-экономическое овладение полезными ископаемыми и содержащимися в них полезными компонентами, сосредоточенными в пределах природного или техногенного минерального образования промышленного или субпромышленного значения.

Рациональное освоение месторождения — разумное, целесообразное производственно-экономическое овладение

промышленным сосредоточением полезного ископаемого (или ископаемых) и содержащимися в них полезными компонентами в пределах природного, природно-техногенного или техногенного минерального образования.

Эффективное освоение месторождения в широком смысле — результативное производственно-экономическое овладение промышленным сосредоточением полезного ископаемого (или полезных ископаемых) и содержащимися в нем (в них) полезными компонентами в пределах конкретного природного, природно-техногенного минерального образования при соблюдении социальных, экологических и правовых нормативов.

Оптимальное освоение месторождения — наивыгоднейшее в интегральном отражении (экономическом, экологическом, социальном и правовом) производственное овладение промышленным сосредоточением полезного ископаемого (или полезных ископаемых).

Комплексное освоение месторождения (минерального объекта) в собственном понимании — это овладение полезными ископаемыми, сосредоточенными в промышленно-экономических количествах в пределах определенного минерального образования или минерального объекта.

### **Критерии оценки освоения месторождений полезных ископаемых и добычных работ**

Обобщая и анализируя экономическую и техническую литературу, авторами выявлены существенные разночтения в трактовке и определении сущности понятия категории «критерий», хотя некоторые авторы, в частности, акад. Т.С. Хачатуров, определяя категорию «эффективность общественного производства», исходят из широкого толкования понятий «критерий» и «показатель» [12]. К сожалению, немало эко-

номистов и представителей некоторых других специальностей отождествляют понятие «критерий» с понятием «показатель». Рассматривая литературу, прежде всего справочную, отмечаем различные толкования и определения этих терминов. Аналогичный подход применен нами и для установления сущности смежных категорий, в частности — «показатель» или «показатели», «параметр» и «параметры», причем в сопоставлении с понятием «критерий» [1].

Анализ толкований и определений категорий «критерий», «показатель», «параметр», позволяет заключить, что «критерий» (в широком его понимании) — это своего рода общее мерило какой-либо деятельности. Следовательно, необходимо исходить из того, чтобы под критерием понимался наиболее общий принцип, характерный признак оценки какой-либо деятельности человека, а под показателем — то или иное (математическое, символическое, словесное и т.д.) выражение уровня этой деятельности в целом, отдельного ее аспекта или серии аспектов одновременно, т.е. отражения уровня критерия.

Убедительным подтверждением целесообразности такого подхода может служить известное классическое выражение: «критерий истины — практика». В дальнейшем мы исходим из того, что критерий — это, по существу, общий характерный принцип оценки той или иной деятельности, в частности, освоения месторождений.

Проведя специфические исследования, выдвигаем общую систему критериев оценки, построенную исходя из их масштабности, в т.ч. критериев оценки освоения месторождений, включая золоторудные:

- интегральные, обобщающие;
- квазиинтегральные (почти интегральные) критерии, т.е. близкие по своей масштабности к интегральному крите-

рию, но не являющиеся таковым (в полном объеме);

- субинтегральные (субобобщающие);
- агрегатные;
- узловые и дифференциальные (элементные).

В качестве исходного критерия оценки освоения месторождения и добычных работ выдвигается «рациональность освоения месторождения». С позиций этого критерия освоения может быть в целом рациональным или нерациональным. К интегральным критериям следует отнести «эффективность» и «оптимальность». Квазиинтегральные критерии представляют собой различные не полные сочетания субинтегральных критериев, например, «социально-экологическая рациональность освоения золоторудных месторождений».

### **Показатели оценки добычных работ освоения месторождений**

В общем значении [13] и в уточненном толковании показатель какой-либо деятельности, включая, естественно, освоение месторождений и добычные работы, — это определенное выражение по форме конкретного уровня деятельности. По отношению к критерию показатель — это своего рода средство конкретного его выражения в той или иной информационной форме: математической, символической, сигнальной и т.д. Из приведенной выше системы критериев оценки вытекает большое разнообразие типов показателей, еще большего количества видов. Их полное раскрытие возможно лишь в рамках своего рода системы систем, разработка которой — предмет специальных, широких и обстоятельных исследований. В данной работе излагается лишь исходная общеранговая система показателей оценки.

В соответствии с выше установленным ранжированием критериев оценки выделяем следующие ряды показателей:

1. Интегральные показатели, выражающие интегральные критерии оценки освоения;

2. Квазиинтегральные показатели, отражающие квазиинтегральные критерии;

3. Субинтегральные показатели, выражающие субинтегральные критерии;

4. Агрегатные показатели, выражающие агрегатные критерии;

5. Дифференциальные (элементные) показатели, выражающие соответственно дифференциальные критерии.

С позиций категоричности самой оценки целесообразно выделять показатели трех различных родов: показатели количественной оценки, показатели качественной оценки и показатели комбинированной (количественно-качественной) оценки.

Ниже приводятся показатели оценки критериев высоких категорий.

К интегральным показателям следует отнести:

1. Показатели рациональности.
2. Показатели эффективности.
3. Показатели оптимальности.

Аналогично и адекватно системе критериев выделяются и системы типов квазиинтегральных, субинтегральных, агрегатных и дифференциальных (элементных) показателей.

Квазиинтегральные показатели по своей градации и наименованиям аналогичны квазиинтегральным критериям. К одному из важнейших квазиинтегральных показателей оценки следует отнести показатель комплексности освоения месторождений и других минеральных объектов.

В качестве субинтегральных предлагается использовать показатели рациональности и показатели эффективности: экономической; экологической; социальной; технологической; технической и т.д., выраженные соответствующими коэффициентами.

В настоящее время количественная оценка уровня рациональности весьма затруднена по следующим причинам:

- во-первых, само содержание категории «рациональность освоения» не выражается достаточно четко (определенно) с позиций ее количественного отражения;

- во-вторых, даже если допустить, что осуществлено четкое отражение ее содержания, то на современном этапе оценить ее количественно весьма затруднительно. Поскольку еще невозможно адекватно количественно свести к общему знаменателю такие ее основные аспекты, как экономический, экологический, социальный и т.д. Примерно так же дело пока обстоит и с надежной, подлинно интегральной количественной оценкой эффективности освоения.

В этих условиях возможно оценивать рациональность освоения месторождений полезных ископаемых качественно. В роли интегрального показателя такой оценки выдвигается показатель рациональности освоения месторождения ( $P_o$ ). При этом выделяется пять уровней рациональности освоения месторождения, которые могут быть установлены в результате ее качественной оценки:

- весьма высокая степень рациональности ( $P_{вв}$ );
- высокая степень рациональности ( $P_v$ );
- средний уровень рациональности ( $P_c$ );
- невысокий уровень рациональности ( $P_{нв}$ );
- низкий уровень рациональности ( $P_n$ ), т.е. рациональность освоения на грани нерациональности.

Предлагается к весьма (или исключительно) высокой степени рациональности относить такой ее уровень, когда

$$P_o = P_{вв} > P_v > P_c \rightarrow \max \quad (1)$$

Это возможно, когда уровень основных составляющих (квази- и субинте-

гральных показателей) является весьма высоким (50% и более) и высоким.

К высокой степени рациональности целесообразно относить ее уровень, когда

$$P_v \leq P_{вв} \geq P_c \quad (2)$$

Это, в свою очередь, возможно, когда все ее основные крупные составляющие имеют высокий уровень, либо преимущественно высокий, а остальная часть (меньшая) — не ниже среднего.

Средним уровнем рациональности явится ее уровень при

$$P_c \leq P_v \leq P \leq P_{вв} \quad (3)$$

Это возможно при условии, когда все ее составляющие имеют средний уровень, либо в основном средний уровень и лишь малая ее часть — невысокий и высокий.

Руководствуясь вышеизложенным подходом, к невысокому уровню относим рациональность, когда

$$P_{нв} \leq P_c \leq P_v, \quad (4)$$

а к низкому ее уровню, когда

$$P_n \leq P_{нв} \leq P_c, \text{ по } P_n > H_p, \quad (5)$$

где  $H_p$  — уровень нерационального освоения месторождений.

Поскольку в настоящее время не представляется возможным строго количественно выразить уровень рациональности, то ее установление можно осуществить на основе, прежде всего, экспертной оценки и ранговой корреляции. Аналогичным образом предлагается определять уровень квази- и субинтегральной рациональности. Не менее разнообразными предстают показатели, отображающие критерии эффективности, которую следует представить такими ее составляющими, как экономическая, социальная, экологическая, правовая, технологическая, техническая эффективность. В связи с этим предлагается использовать качественно-количественное выражение критерия эффективности. При этом в качестве его интегральной характеристики целесообразно употреб-

лять показатель, выраженный в ранговой шкале и меняющий пять дискретных градаций:

1. Весьма высокая эффективность, или наивысшая эффективность ( $\sum \mathcal{E}_{\text{вв}}$ ), т.е. когда

$$\sum \mathcal{E}_{\text{вв}} \rightarrow \max; \quad (6)$$

2. Высокая эффективность ( $\sum \mathcal{E}_{\text{в}}$ ), т.е. когда

$$\sum \mathcal{E}_{\text{в}} < \sum \mathcal{E}_{\text{вв}}; \quad (7)$$

3. Эффективность среднего уровня ( $\sum \mathcal{E}_{\text{с}}$ ), т.е. когда

$$\sum \mathcal{E} \sum \mathcal{E}_{\text{в}} < \sum \mathcal{E}_{\text{вв}} \text{ с } \approx (\mathcal{E}_{\text{в}} + \mathcal{E}_{\text{н}})/2; \quad (8)$$

4. Низкая эффективность ( $\mathcal{E}_{\text{н}}$ ), т.е. когда

$$\sum \mathcal{E}_{\text{н}} \leq \sum \mathcal{E}_{\text{с}} \leq \sum \mathcal{E}_{\text{в}} \quad (9)$$

5. Весьма низкая эффективность ( $\sum \mathcal{E}_{\text{нн}}$ ), т.е. когда

$$\sum \mathcal{E}_{\text{нн}} < \sum \mathcal{E}_{\text{н}} \rightarrow \min \quad (10)$$

Эффективность, в частности эффективность освоения месторождения (ЭОМ), можно считать весьма высокой, если основные ее составляющие (экономическая, социальная, экологическая и др.) являются весьма высокими, либо большинство составляющих относятся к весьма высокому, а остальные к высокому уровню.

Другие уровни ЭОМ складываются следующим образом:

- высокий уровень из составляющих одинаково высокого уровня либо из комбинации составляющих весьма высокого, высокого и среднего уровней;
- средний — из составляющих среднего уровня либо из комбинации составляющих высокого, среднего и, возможно, одной составляющей низкого уровня;
- весьма низкий — из компонентов весьма низкого либо преимущественно весьма низкого уровня.

При разных, в том числе при значительных расхождениях в уровнях отдельных составляющих, уровень полной ЭОМ

устанавливается на основе принципа средневзвешенных оценок.

Предполагается, что, в свою очередь, уровень каждой составляющей ЭОМ может быть установлен одним из известных математико-статистических методов, в том числе методом ранговой корреляции, либо путем экспертного оценивания.

Для предварительной или приближительной количественной оценки ЭОМ эффективности вводится квазиинтегральный показатель, условно названный показателем чистой эффективности ( $\mathcal{E}_{\text{ом}}$ ), выражаемый зависимостью общего вида:

$$\mathcal{E}_{\text{ом}} = \sum_{j=1}^n R_j - \sum_{j=1}^m S_j - \sum_{k=1}^i D_k \quad (11)$$

где  $P_j$  — приведенный (как по фактору времени, так и по действию) положительный результат, полученный от производства и использования  $j$ -ой продукции при эффективном освоении месторождения (в денежном или натуральном выражении);  $S_j$  — приведенная величина  $j$ -го вида затрат на получение положительных результатов и предотвращение отрицательных последствий, связанных с полным циклом эффективного освоения месторождения;  $D_k$  — приведенная величина  $k$ -го ущерба, вызванного отрицательными последствиями освоения месторождения или добычных работ;  $n$  — количество положительных результатов, полученных от эффективного освоения месторождения или добычных работ;  $m$  — количество видов затрат, осуществляемых при эффективном освоении месторождения или добычных работ;  $i$  — количество видов ущерба (отрицательных последствий), связанных с освоением месторождения или добычными работами.

Интегральный показатель эффективности освоения месторождений ( $\mathcal{E}_{\text{о}}$ ) и добычных работ может быть выражен следующей зависимостью общего вида:



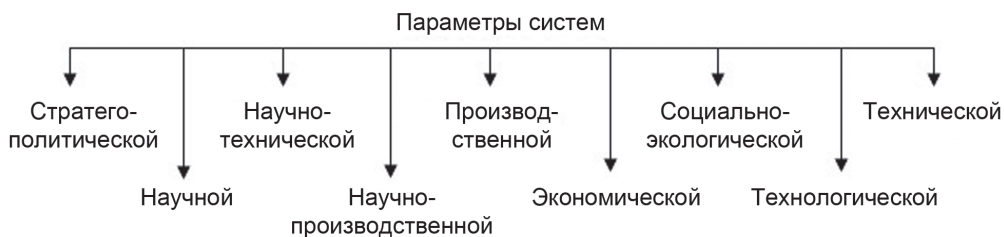


Рис. 1. Категории общих систем параметров в аспекте их основной природы  
 Fig. 1. Categories of general parameter systems in terms of their main origin

$$\mathcal{E}_0 = \sum_1^t P_{\Pi} + \sum_1^m P_{nm} + \sum_1^n P \rightarrow \max \quad (12)$$

где  $P_{\Pi}$  — уровень эффективности освоения природных минеральных ресурсов и добычных работ в пределах месторождения и используемого сырья за период  $t_1$  лет;  $P_{nm}$  — уровень эффективности освоения природно-техногенных объектов и использования полученного минерального сырья за период  $t_1$  лет;  $P_t$  — уровень эффективности освоения техногенных объектов и использования их минерального сырья за период  $t_1$  лет;  $m$  — количество природно-техногенных минеральных объектов, сформированных при освоении исходного природного месторождения, или осуществлением добычных работ;  $n$  — количество техногенных объектов, сформированных в процессе освоения исходного природного месторождения и образованных при этом природно-техногенных объектов, а так же при использовании их минерального сырья.

### Системный субкомплекс параметров горных технологий

К параметрам обычно относят величины, характеризующие основные свойства определенных объектов — системы, процесса, явления [14]. Применительно к поставленной нами проблеме параметры — это величины, отражающие основные свойства той или иной горной технологии ее составляющих. Количественное определение параметров, т.е. величин данной технической системы и ее основных составляющих предусматривается осуществлять на последующих этапах выполнения научных исследований, поскольку это весьма объемная субпроблема.

На данном этапе осуществлено объемное определение системы самих параметров горных технологий применительно к особенностям освоения золоторудных месторождений Дальнего Востока России. По отношению к способам освоения золоторудных месторождений и к

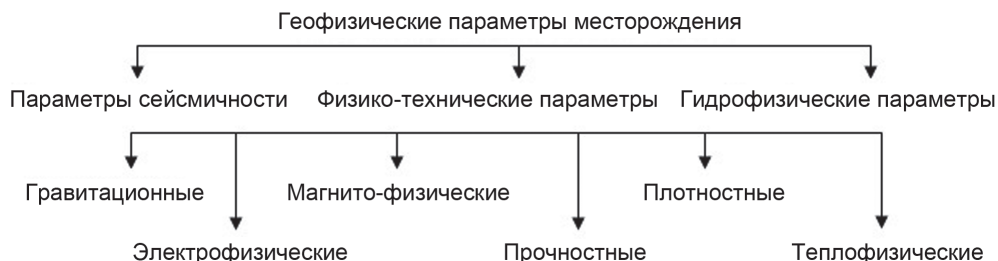


Рис. 2. Основные геофизические параметры рудных месторождений и слагающих их горных пород  
 Fig. 2. The main geophysical parameters of ore deposits and their constituent rocks

**Общие категории параметров системы горных работ и технологий освоения рудных месторождений**  
**General categories of parameters of the system of mining operations and technologies for the development of ore deposits**

Признаки		Категории параметров и их типы
1	Назначение параметрическое	Горные технологии: геологоразведочные работы, освоение минеральных объектов, разработка месторождений, горно-подготовительные работ (главным образом, вскрышные), добычные работы, минеральная подготовка, технологические процессы
2	Уровень параметров	Интегральные, субинтегральные, агрегатные, субагрегатные, узловые, звенные, элементные
3	Результативность (эффективность и издержки)	Эффективность: общая, экономическая, экологическая, энергетическая, социальная, технологическая, техническая, геомеханическая и т.д.
4	Производственное пространство	Территориальность: технологическая, геометрическая, геомеханическая, геологическая, геофизическая, физико-географическая и т.д.
5	Производственное время	Продолжительность: технологической подготовки, рабочего этапа, технологического воздействия на объекты производственных процессов и в целом технологии производства горных работ, производства минеральной продукции
6	Количественность	Технологическая качественность: физическая, математическая, (включая геометрическую), трудозатратная, потребительская, расходная, масштабность и т.д.
7	Качественность	Технологическая качественность: инновационность, избирательность, надежность, производительность, малоотходность, ресурсосбережение, экономическая, экологическая, энергетическая, социальная, адаптивность, универсальность, комплектность и др.
8	Востребованность	Потребность, спрос, потребление, реализация
9	Условия применения	Технолого-производственные условия: физико-географические, общегеологические, горнотехнические, экологические, экономические, энергетические, инфраструктурные, технические, правовые и некоторые другие.
10	Информативность и информационность	Технологическая информативность: полнота, оперативность, достоверность, надежность, комплектность, полезность, ценность и т.д.
11	Движение	Движение: интенсивность, непрерывность, мобильность, изменчивость, устойчивость, безопасность и т.д.
12	Инфраструктура общетехнологическая	Общая горно-технологическая инфраструктура: транспортная, энергетическая, связь, информационная, строительная т.д.

способам освоения рудных месторождений в целом, конкретная, а точнее — иерархическая система данных параметров формируется нами с позиций объемного их отражения. При этом, придерживаясь системы основных призна-

ков, приведенных в таблице, в пределах которой отражены общие категории и типы параметров.

Критерии, показатели и параметры рассматриваются и обосновываются как важнейшие составляющие общей оце-



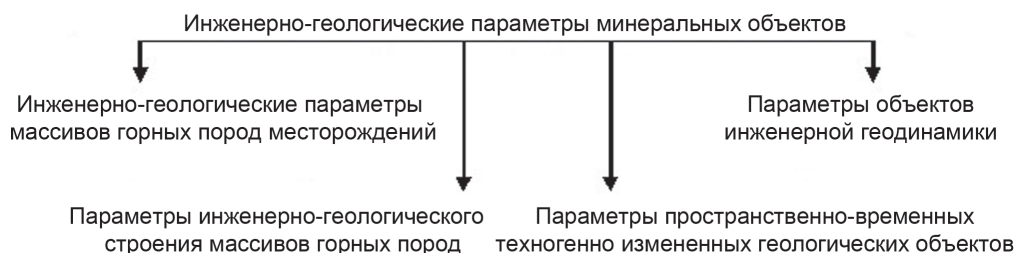


Рис. 3. Основные категории параметров инженерно-геологических массивов горных пород как объектов горных технологий

Fig. 3. Main categories of parameters of engineering-geological massifs of rocks as objects of mining technologies

ночной системы. Все это вместе взятое целесообразно отнести к теоретическому обоснованию методических основ объемной оценки системного комплекса параметров. Выделяемые нами общие категории предметных систем параметров в аспекте основной природы объектов представлены на рис. 1.

Базовой системой, как главного объекта представляемого нами системного комплекса параметров, является технологическая. В качестве характерных параметров рудных месторождений, как одних из основных объектов горных технологий, в аспекте вещественности объектов на рис. 2 приведены геофизические параметры.

Параметры вещественных объектов — геолого-производственные параметры месторождения — количественная характеристика залежей полезного ископаемого и их природных свойств, в значительной мере определяют не только условия, но и результативность разработки месторождения, добычи и переработки минерального сырья и полуфабрикатов.

Инженерно-геологические параметры и промышленно-геологические параметры минеральных объектов представлены схематически на рис. 3 и 4.

Геохимические параметры месторождений твердых полезных ископаемых, и, прежде всего, — золоторудных, — это главным образом, количество типов и

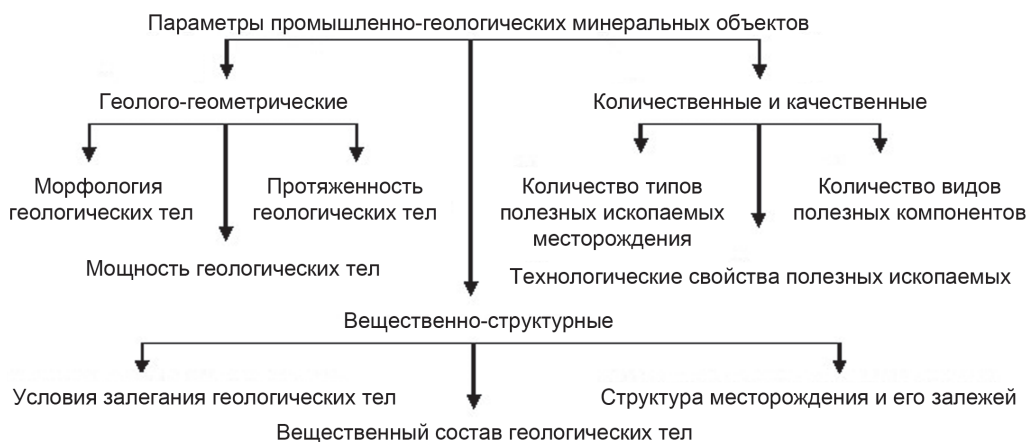


Рис. 4. Основные типы и виды геологических параметров промышленных месторождений твердых полезных ископаемых

Fig. 4. The main types and types of geological parameters of industrial deposits of solid minerals

видов полезных и вредных компонентов месторождения, а в целом и его составляющих; их качество и сочетание компонентов; содержание компонентов в полезных ископаемых; химический состав горных пород, слагающих геологические тела месторождений.

К основным категориям геофизических параметров месторождения как объекта освоения отнесены: физико-технические свойства горных пород и массивов, сейсмичность горно-геологических объектов, гидрофизические свойства и некоторые другие.

### Выводы

Горная отрасль является одной из главных составляющих экономики Рос-

сии. Оценка рациональности и эффективности горных технологий добычных работ и освоение месторождений твердых полезных ископаемых в целом, рассмотрена и обоснована как большая, сложная и весьма актуальная проблема.

Методическая база ее решения представлена системой оценочных категорий, основу которой составляют критерии, показатели и параметры горных технологий.

Центральным блоком данной системы являются показатели для каждого типа критериев, отражающие их содержание, а в качестве составляющих оценочной системы и предметного выражения критериев и показателей представлены параметры горных технологий.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Секисов Г. В., Зыков Н. В. Освоение минеральных объектов и методология оценки. — М.: Изд-во «Горная книга», 2012. — С. 383—391.
2. Sasaoka T. Application of highwall mining system in weak geological condition // International Journal of Coal Science & Technology, 2016, Vol. 3, no 3, pp. 311—321.
3. Kumar C., Murthy V., Kumaraswamidhas L., Prakash A. Influence of cutting drum specifications on the production performance of surface miner under varied rock strength—some investigations // J. Min. Met. Fuels., 2016, vol. 64, pp. 181—186.
4. Wirtgen surface mining for selective limestone mining in the North Caucasus. Russia // Zement-Kalk-Gips Int. 2014, vol. 67, no. 10, pp. 18—19.
5. Чебан А. Ю. Селективная разработка Эльгинского угольного месторождения с применением выемочно-сортировочного комплекса // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. — 2017. — № 4. — С. 247—254.
6. Special equipment for quarry operations // Zement-Kalk-Gips Int. 2014. vol. 67, no 10, pp. 12—14.
7. Шемякин С. А., Матвеев Д. Н., Чебан А. Ю. Экономическое обоснование эффективности безвзрывной селективной выемки полезного ископаемого и вмещающих пород с использованием технико-технологических комплексов на основе фрезерных комбайнов // Горный журнал. — 2015. — № 2. — С. 43—46.
8. Гладырь А. В. Система интеграции микросейсмических и геоакустических данных геомеханического контроля // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2017. — № 6. — С. 220—234.
9. Лозовская Я. Н., Михайлов М. В. Современные концепции управления производством: достоинства и недостатки // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2018. — № 3. — С. 159—167.
10. Франкевич Ж. А., Гагарина А. Ю. Анализ рисков инвестиционного проекта и методы их оценки // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2018. — № 3. — С. 183—192.
11. Агошков М. И. Развитие идей и практики комплексного освоения недр. — М.: Изд-во ИПКОН АН СССР, 1986.
12. Хачатуров Т. С. Экономика природопользования. — М.: Недра, 1987.
13. Большая Российская энциклопедия. Т. 26. — М.: Научное изд-во «Советская энциклопедия», 2014. — С. 598.

14. Большая Российская Энциклопедия. Т. 25. — М.: Научное изд-во «Советская энциклопедия», 2014. — С. 302. **ГИАБ**

## REFERENCES

1. Sekisov G. V., Zykov N. V. *Osvoenie mineral'nykh ob"ektov i metodologiya otsenki* [Development of mineral objects and assessment methodology], Moscow, Izd-vo «Gornaya kniga», 2012, pp. 383–391.
2. Sasaoka T. Application of highwall mining system in weak geological condition. *International Journal of Coal Science & Technology*, 2016, Vol. 3, no 3, pp. 311–321.
3. Kumar C., Murthy V., Kumaraswamidhas L., Prakash A. Influence of cutting drum specifications on the production performance of surface miner under varied rock strength —some investigations. *J. Min. Met. Fuels.*, 2016, vol. 64, pp. 181–186.
4. Wirtgen surface mining for selective limestone mining in the North Caucasus. Russia. *Zement-Kalk-Gips Int.* 2014, vol. 67, no. 10, pp. 18–19.
5. Cheban A. Yu. Selective development of the Elginsk coal deposit with using the excavation and sorting complex. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle.* 2017, no 4, pp. 247–254.
6. Special equipment for quarry operations. *Zement-Kalk-Gips Int.* 2014. vol. 67, no 10, pp. 12–14.
7. Shemyakin S. A., Matveev D. N., Cheban A. Yu. The economic rationale for the effectiveness of non-explosive selective extraction of mineral and host rocks using technical and technological systems based on milling combines. *Gornyy zhurnal.* 2015, no 2, pp. 43–46. [In Russ].
8. Gladyr' A. V. Integration of microseismic and geoacoustic data of geo-mechanical monitoring. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'.* 2017, no 6, pp. 220–234. [In Russ].
9. Lozovskaya Ya. N., Mikhaylov M. V. Modern production management philosophies: strengths and weaknesses. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'.* 2018, no 3, pp. 159–167. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2018-3-0-159-167.
10. Frankevich Zh. A., Gagarina A. Yh. Investment project risks: analysis and evaluation. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'.* 2018, no 3, pp. 183–192. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2018-3-0-183-192.
11. Agoshkov M. I. *Razvitie idey i praktiki kompleksnogo osvoeniya nedr* [The development of ideas and practices of the integrated development of mineral resources], Moscow, Izd-vo IPKON AN SSSR, 1986.
12. Khachaturov T. S. *Ekonomika prirodopol'zovaniya* [Environmental economics], Moscow, Nedra, 1987.
13. *Bol'shaya Rossiyskaya entsiklopediya* [Great Russian Encyclopedia], Vol. 26, Moscow, Nauchnoe izd-vo «Sovetskaya entsiklopediya», 2014, pp. 598.
14. *Bol'shaya Rossiyskaya entsiklopediya* [Great Russian Encyclopedia], Vol. 25, Moscow, Nauchnoe izd-vo «Sovetskaya entsiklopediya», 2014, pp. 302.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Секисов Геннадий Валентинович<sup>1</sup> — доктор технических наук, профессор, зав. лабораторией, e-mail: adm@igd.khv.ru,

Чебан Антон Юрьевич<sup>1</sup> — кандидат технических наук, научный сотрудник, e-mail: chebanay@mail.ru,

Соболев Алексей Анатольевич<sup>1</sup> — кандидат технических наук, научный сотрудник, e-mail: alexsoboll@mail.ru,

Якимов Алексей Алексеевич — кандидат технических наук, доцент, Забайкальский государственный университет, e-mail: yaa76@yandex.ru,

<sup>1</sup> Институт горного дела ДВО РАН.

Для контактов: Чебан А.Ю., e-mail: chebanay@mail.ru.

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Sekisov G.V.<sup>1</sup>, Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Head of Laboratory, e-mail: adm@igd.khv.ru,  
Cheban A.Yu.<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences,  
Researcher, e-mail: chebanay@mail.ru,  
Sobolev A.A.<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences,  
Researcher, e-mail: alexsoboll@mail.ru,  
Yakimov A.A., Candidate of Technical Sciences,  
Assistant Professor, e-mail: yaa76@yandex.ru, e-mail: yaa76@yandex.ru,  
Transbaikal State University, 6720300, Chita, Russia,  
<sup>1</sup> Institute of Mining of Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences,  
680000, Khabarovsk, Russia.  
**Corresponding author:** A.Yu. Cheban, e-mail: chebanay@mail.ru.



---

## ОТДЕЛЬНЫЕ СТАТЬИ ГОРНОГО ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО БЮЛЛЕТЕНЯ (СПЕЦИАЛЬНЫЙ ВЫПУСК)

---

### ПОДЗЕМНАЯ УГЛЕДОБЫЧА XXI ВЕК-2

(2018, № 11, СВ 49, 576 с.)

В этом сборнике размещены статьи, содержащие научные результаты, технические решения и опыт их использования, направленные на подготовку выемочного столба к эффективной угледобычи, путем проведения дегазационных работ. Рассмотрены вопросы выделения метана, проницаемости и сорбции угля, фильтрационных свойств углеродного массива, эволюции геодинамических полей выемочного столба, изменение состояния призабойной зоны. Представлены решения, направленные на интенсификацию извлечения метана с помощью гидроразрыва, обеспечению контроля текущей газоносности угольного пласта. Приводятся результаты теоретических и экспериментальных исследований процессов массопереноса и осаждения угольной пыли на выемочных участках. В области промышленной безопасности затронуты направления, связанные с определением аномальных тектонических зон, устойчивости и управляемости кровли, с разработкой технических средств контроля деформационных процессов, взрывозащиты горных выработок, позиционирование персонала под землей. Описаны подходы к управлению производственным риском, рискам травматизма комплексному обеспечению безопасности труда на угольных шахтах. Большое внимание уделено направлениям экологической безопасности, мониторингу окружающей среды, очистке шахтных вод, переработка отходов обогатительных фабрик в энергетическое сырье.

### UNDERGROUND COAL MINING OF THE XXI CENTURY-2

In this collection the featured article that contains research results, technical solutions and experience using them to prepare the excavation, the pillars to efficient coal production, by carrying out decontamination works. The issues of methane, permeability and sorption of coal, filtration properties of coal mass, evolution of geodynamic fields of the excavation column, change in the state of the bottom-hole zone are considered. The solutions aimed at the intensification of methane extraction by hydraulic fracturing, control of the current gas content of the coal seam are presented. The results of theoretical and experimental studies of the processes of mass transfer and deposition of coal dust on the excavation sites are presented. In the field of industrial safety, the directions related to the definition of abnormal tectonic zones, stability and controllability of the roof, with the development of technical means of control of deformation processes, explosion protection of mine workings, positioning of personnel under the ground. Approaches to management of industrial risk, risks of injuries to complex safety of work at coal mines are described. Much attention is paid to the areas of environmental safety, environmental monitoring, mine water treatment, processing of waste processing plants in energy raw materials.