

УДК 378.622  
 DOI: 10.21209/2227-9245-2020-26-6-43-53

## СЛОЖНОСТРУКТУРНЫЕ РУДНЫЕ БЛОКИ И ИХ СИСТЕМАТИЗАЦИЯ

### COMPLEX STRUCTURAL ORE BLOCKS AND THEIR SYSTEMATIZATION

**А. Ю. Чебан,**

Институт горного дела  
 Дальневосточного отделения  
 Российской академии наук,  
 г. Хабаровск  
 chebanay@mail.ru

**A. Cheban,**

Russian Academy of Science Far  
 Eastern Branch Mining Institute,  
 Khabarovsk



**Г. В. Секисов,**

Институт горного дела  
 Дальневосточного отделения  
 Российской академии наук,  
 г. Хабаровск  
 sekisovag@mail.ru

**G. Sekisov,**

Russian Academy of Science Far  
 Eastern Branch Mining Institute,  
 Khabarovsk



**В** горно-обогатительной промышленности продукция предшествующей стадии производства является исходным минеральным сырьем последующей стадии, при этом на разных стадиях предъявляются различные требования к качеству минерального сырья. В ряде случаев руды месторождений незначительно отличаются от вмещающих пород по физическим свойствам и минеральному составу, в связи с чем границы выемочных единиц определяются на основе данных опробования забоев и скважин.

Проводится анализ предыдущих исследований структуры оруденения рудных блоков сложной морфологии и показателей ее оценки. Совокупность факторов геологического строения, структуры и минерального состава месторождения влияет на выбор не только способа отработки месторождения, но и технологии рудоподготовки и обогащения добываемого сырья. Внутри блока могут чередоваться не только руда и пустые породы, необходимо также выделять в рудных телах руды различных геолого-технологических сортов. Поскольку неоднородность руды существенно влияет на показатели ее переработки, необходимо оценивать и сложность внутреннего строения «рудного ядра» выемочного блока, а при формировании выемочных блоков по горизонтам важно учитывать технологические требования к отдельным сортам руд, границы естественного оруденения, возможность раздельной выемки разнокачественных руд по простиранию рудного тела с применением горизонтальной или вертикальной селекции.

В зависимости от сложности структуры месторождения и применяемых технологий добычи селективная выемка может быть одноуровневой, многоуровневой или комплексной. Авторами на основе анализа предыдущих исследований и собственных наработок предлагается систематизация оруденения как объекта выемки, в которой по различным критериям выделяются типы, классы, подклассы и виды оруденения. Обосновываются методические принципы установления границ сортов при оконтуривании эксплуатационных блоков

**Ключевые слова:** выемочные блоки; структура оруденения и показатели ее оценки; типы и сорта руд; селективная выемка; качество рудной массы; обогащение; величина извлечения металлов; границы сортов

**I**n the mining and processing industry, the products of the proceeding production stage are the initial mineral raw materials of the subsequent stage, and at different stages various requirements are imposed on the quality of the mineral raw materials. In some cases, ore deposits slightly differ from the host rocks in physical properties and mineral composition, and therefore, the boundaries of mining units are determined on the basis of testing of faces and wells.

The authors analyze previous studies of the mineralization structure of ore blocks of complex morphology and indicators of its assessment. The combination of factors of the geological structure, structure and mineral composition of the field affects not only the choice of the method of mining the field, but also the technology of ore preparation and concentration of the extracted raw materials. It should be noted that inside the block not only ore and waste rocks can alternate, but in ore bodies it is also necessary to isolate ores of various geological and

technological varieties. Since ore heterogeneity significantly affects its processing, it is necessary to evaluate the complexity of the internal structure of the “ore core” of the extraction block, and when forming mining blocks along the horizons, it is important to take into account the technological requirements for individual ore grades, the boundaries of natural mineralization, and the possibility of separate extraction of different-grade ores according to strike of the ore body using horizontal or vertical selection.

Depending on the complexity of the structure of the field and the applicable production technologies, selective excavation can be single-level, multi-level or complex. Based on the analysis of previous studies and their own developments, the authors propose a systematization of mineralization as an object of excavation, in which types, classes, subclasses and types of mineralization are distinguished according to various criteria. The methodological principles of establishing the boundaries of varieties during the contouring of operational blocks are also substantiated

**Key words:** mining blocks; mineralization structure and indicators of its evaluation; types and grades of ores; selective mining; quality of ore mass; concentration; metal recovery; grade boundaries

**В**ведение. Исчерпание запасов высококачественных руд, определяемое ростом объемов добычи, обуславливает необходимость вовлечения в эксплуатацию месторождений с упорными рудами сложного вещественного состава и широким спектром их геолого-технологических типо-сортов. В связи с этим еще большую актуальность приобретает проблема повышения полноты и качества извлечения добываемых руд, а соответственно – развития исследований морфолого-структурных особенностей оруденения и его трансформации при подготовке к выемке и собственно выемке.

В горно-обогатительной промышленности предшествующей стадии производства является исходным минеральным сырьем последующей стадии [11; 14; 15]. Так, в массиве геологических блоков рудное тело является исходным минеральным объектом для эксплуатационной разведки, оконтуренные выемочные блоки в свою очередь служат исходным объектом для собственно горного производства, обеспечивающего добычу полезного ископаемого. Добываемое полезное ископаемое обычно служит исходным минеральным сырьем для получения усредненной рудной массы, та – для собственно рудоподготовки как одной из промежуточных стадий производства, которая осуществляется с помощью таких операций, как дробление, измельчение, пульноподготовка. Рудная пульпа является исходным минеральным сырьем собственно обогатительного процесса.

На разных стадиях горно-обогатительного производства предъявляются различные требования к качеству минерального сырья [11; 15]. Так, для полезного ископае-

мого, находящегося в массиве, основными показателями качества являются содержание полезных и вредных компонентов, физико-химические свойства горных пород, минералогический и петрографический состав. Для взорванной и экскавируемой горной массы – гранулометрический состав, смешивание руды с породой или руды разных типов. Качество усредненной и подготовленной к переработке рудной массы характеризуется однородностью вещественного состава, содержанием основного компонента.

Объектом исследования является структура оруденения металлорудных месторождений, предметом – показатели оценки сложности оруденения месторождений.

Целью исследования является решение проблемы повышения полноты и качества извлечения добываемых руд на основе дальнейшего развития методов оценки сложности орудения с позиций повышения глубины и эффективности селективной выемки и последующего усреднения качества руд. Задачи исследования: теоретическое обоснование показателей сложности оруденения с позиций выбора эффективных способов селективной выемки и последующего усреднения; обоснование кондиционности внутренних включений в эксплуатационных блоках; систематизация объектов выемки и схем селективной выемки при разработке сложноструктурных месторождений; разработка эффективных способов подготовки к выемке с учетом использования дифференцированных методов переработки разносортных руд, включая способ кучного выщелачивания.

**Материалы и методы исследования.** В работе применен синтез апробированных на-

учных методов, используемых в исследованиях геотехнологических процессов, а именно: обобщение результатов теоретических и экспериментальных работ в области оценки сложности оруденения и процессов трансформации рудных массивов при взрывной подготовке и выемке, математическое моделирование оруденения, аналитические методы, разработанные отечественными и зарубежными исследователями, обоснование показателей сложности морфологии рудных тел, их внутренних включений и границ сортов руд, теоретические модели селективной выемки. *Новизна подхода авторов к решению проблемы оценки сложности оруденения* заключается в обосновании необходимости использования двух уровней морфолого-структурных характеристик выемочных блоков – по сложности породно-рудных и внутрирудных разделяющих контуров. В работе осуществлено обобщение и анализ профильной научно-технической литературы, разработана система показателей сложности оруденения, обоснованы методические принципы установления границ сортов руд, проведены исследования структуры рудных блоков. При проведении экспериментальных исследований применялись методы математического и физического моделирования процессов выемки руд.

*Результаты исследования и их обсуждение.* Во многих случаях по физическим свойствам и минеральному составу руды месторождений незначительно отличаются от вмещающих пород, в связи с чем границы выемочных единиц определяются на основе данных опробования забоев и скважин. Содержание полезных компонентов в рудах штокверковых месторождений от зон с его максимальными значениями к слабоминерализованным породам понижается в основном постепенно, с переходными зонами. В то же время может не быть визуально наблюдаемых границ между рудами различных типов и сортов и пустыми породами.

Вопросами оценки структуры оруденения и выделения выемочных единиц с целью обеспечения качественной селективной разработки сложноструктурных массивов в разное время занимались В. В. Ржевский, К. Н. Трубецкой, Б. П. Юматов, А. И. Арсентьев, М. И. Агошков, В. С. Хохряков, С. С. Резнichenko, В. Н. Сытенков, Б. Н. Байков, Г. Г. Ломоносов, М. И. Буянов, В. П. Смирнов,

Б. П. Боголюбов, Ф. Г. Грачев, Е. Р. Оснеговский, П. П. Бастан, В. В. Шарин, Б. Р. Ракишев и другие ученые. Значительная часть мировых запасов цветных металлов сосредоточена в тонких и маломощных залежах, небольшая мощность рудных тел в сочетании со сложными условиями их залегания способствует разубоживанию полезного ископаемого, ущерб от разубоживания приводит к росту себестоимости металлов на 20...30 % [2; 5]. Степень сложности забоя определяется числом рудных и породных прослоев, их мощностью и углом падения, а также количеством сортов рудной массы, требующих раздельной выемки [1; 3].

Сложные рудные забои (блоки) условно подразделяются на четыре типа (рис. 1), забой первого типа содержит одно рудное включение с заметной границей между рудой и породой, при этом рудное тело имеет пологое или наклонное залегание. Забой второго типа состоит из двух и более рудных прослоев пологого и наклонного залегания, забой третьего типа включает несколько рудных прослоев крутопадающего залегания. Четвертый тип забоя содержит рудные тела в форме гнезд и линз [1].

В работе В. Н. Сытенкова под выемочной единицей понимается горнотехнический объект, которым может быть уступ, блок, камера, панель, участок, включающий относительно однородный по геологическим условиям инженерно-геологический элемент, разрабатываемый одной системой [10]. Для данного элемента с достаточной достоверностью определены запасы и возможен корректный учет извлечения минерального сырья. Инженерно-геологический элемент представлен одной горной породой, однородной по характеристикам, которые принимаются с учетом требований проектирования процессов выемки и первичной переработки минерального сырья.

В монографии «Нормирование и планирование полноты и качества выемки руды на карьерах» [14] под выемочным блоком понимается оконтуренный эксплуатационно-геологический объект добычных работ, при этом формирование простых или сложных выемочных блоков ведется с учетом сложности строения рудного тела.

Простой выемочный блок имеет однородное строение, а сложный – включает в себя пустые породы и некондиционные ру-

ды. Сложность строения выемочных блоков может оцениваться различными показателями, например, коэффициентом развития контактных зон для оценки сложности рудных тел [12]

$$\gamma = V_p / S_k , \quad (1)$$

где  $V_p$  – объем рудного тела;

$S_k$  – площадь его поверхности.

Профессор Г. Г. Ломоносов [4] в качестве критерия сложности использует показатель

$$\lambda = V_{n.k} / V_{ob} , \quad (2)$$

где  $V_{n.k}$  – часть объема залежи в приконтактной зоне, отрабатываемая с примешиванием боковых пород;

$V_{ob}$  – общий объем залежи.

В статье Е. В. Оснеговского [7] коэффициент сложности строения принят равным отношению средневзвешенного объема однородной горной массы, которую нужно вынимать раздельно, к объему всей залежи.

В монографии «Нормирование и планирование полноты и качества выемки руды на карьерах» [14] сложность структуры рудных блоков предлагается оценивать коэффициентом изменчивости рудного тела

$$k_{u.p} = \sum_{i=1}^n \left( 1 - \frac{V_{p,i}}{V_{p,b}} \right) , \quad (3)$$

где  $V_{p,i}$  – объем геометрически правильного «рудного ядра»;

$V_{p,b}$  – объем «условного рудного блока»;

$n$  – количество «рудных ядер», выделяемых в контуре рудного тела (рис. 2а).

В работе Б. П. Юматова, Б. Н. Байкова и В. П. Смирнова [13] с помощью коэффициента сложности морфологического строения эксплуатационных блоков предлагается оценивать их качественную характеристику

$$\varphi = \sum_{i=1}^{i=p} \varphi_i / n , \quad (4)$$

где  $\varphi_i$  – показатель сложности  $i$ -го геологического разреза эксплуатационного блока в пределах отрабатываемого уступа;

$n$  – число геологических разрезов.

Показатель сложности может быть определен по зависимости

$$\varphi_i = L_{ki} / S_i , \quad (5)$$

где  $L_{ki}$  – суммарная длина контактов рудных тел с вмещающими породами в пределах  $i$ -го геологического разреза;

$S_i$  – площадь  $i$ -го геологического разреза (рис. 2б).

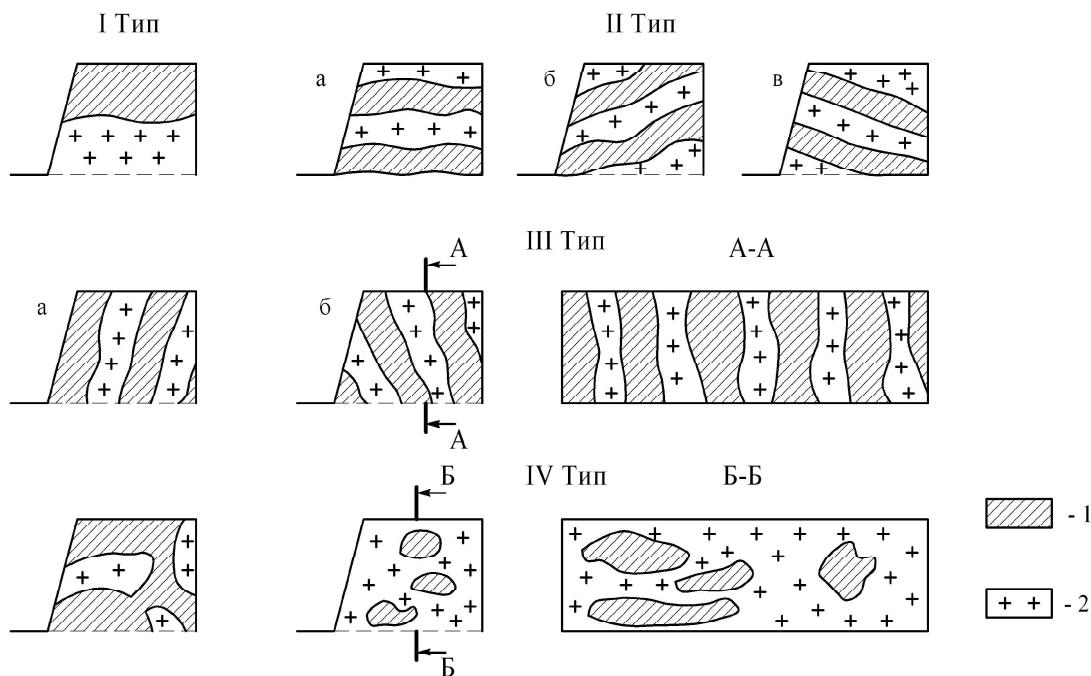
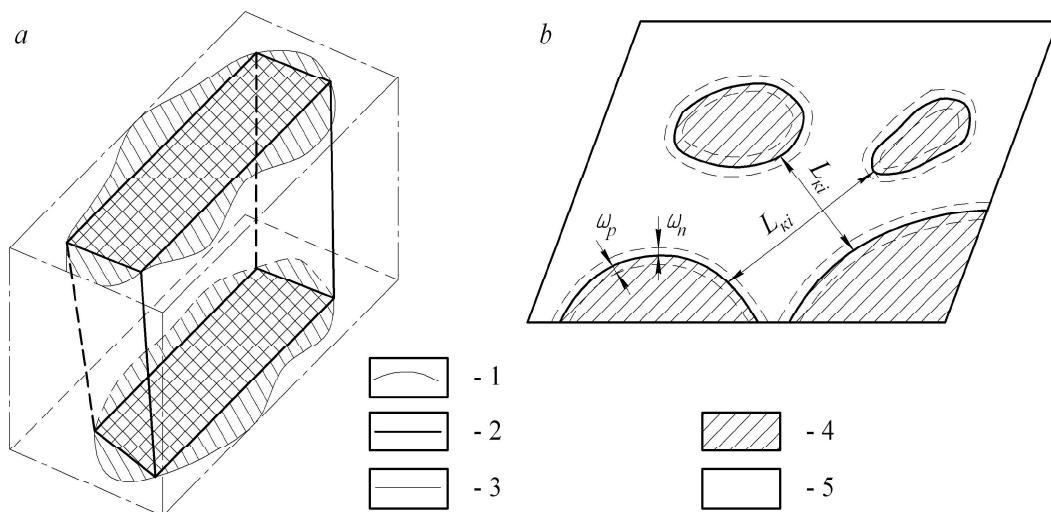


Рис. 1. Типы сложных рудных забоев: 1 – руда; 2 – порода [7] /  
Fig. 1. Types of complex ore faces: 1 – ore; 2 – rock [7]



*Рис. 2. Схемы к оценке сложности строения залежи: а – выделение «рудного ядра» в условном блоке (1 – контур рудного тела; 2 – контур «рудного ядра»; 3 – контур рудно-породного блока); б – выделение рудных и породных зон смещивания при выемке (4 – руда; 5 – порода) / Fig. 2. Schemes for assessing the complexity of the deposit structure: a – allocation of the «ore core» in the conditional block (1 – contour of the ore body; 2 – contour of the «ore core»; 3 – contour of the ore-rock block); b – allocation of ore and rock mixing zones during excavation (4 – ore; 5 – rock)*

На рис. 2б обозначены переходные зоны:  $\omega_p$  – зона приконтактного смещивания (разубоживания);  $\omega_h$  – зона прихвата приконтурных пород.

Рудные зоны различного качества предлагаются выделять исходя из установленных кондиций и фактического среднего содержания металла в рассматриваемый период. Выделяется пять качественных категорий данных зон по следующим интервалам значения содержаний в пробах: первая категория в интервале  $0 \dots c_b$ ; вторая –  $c_b \dots c_{min}$ ; третья –  $c_{min} \dots c_c$ ; четвертая –  $c_c \dots c_k$ ; пятая –  $>c_k$ , где  $c_b$ ,  $c_{min}$ ,  $c_c$  и  $c_k$  – соответственно бортовое, минимальное промышленное, среднее и компенсационное содержание металла в руде. Параметр  $c_k$  определяется условием компенсации пониженного содержания полезного компонента в бедных рудных блоках.

На основе коэффициента сложности морфологического строения составлена классификация эксплуатационных блоков по пяти категориям [13]: первая категория – сложность блока незначительная или ниже средней сложности, конфигурация блока простая, основной объем блока – рудный, объем породных включений и протяженность их контактов незначительны; вторая категория – средней сложности, рудная масса преобладает в блоке, имеются полосы и

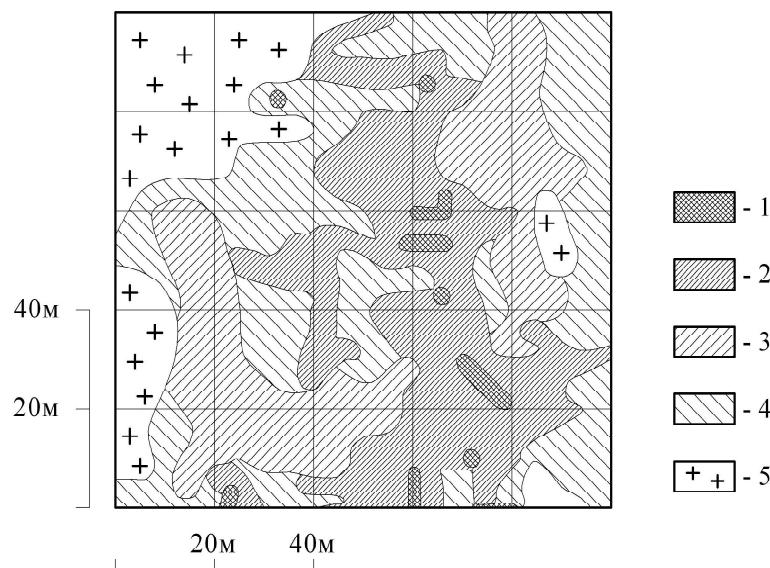
мелкие пятна породы, с различной не очень сложной конфигурацией контактов; третья категория – сложные блоки, имеют примерно равное соотношение руды и породы, руда рассредоточена по всей площади блока отдельными относительно крупными пятнами с различной формой контактов; четвертая категория – весьма сложные блоки с частой сменой рудных и породных пятен с преобладанием породы, контакты имеют различную форму в основном сложную; пятая категория – в высшей степени сложные, в блоках имеются отдельные мелкие рудные пятна со сложными кливолинейными контактами в общей безрудной массе.

В процессе проведения опережающей эксплуатационной разведки месторождений появляется новая информация о количестве, качестве и местоположении отдельных рудных включений внутри контуров крупных зон оруденения, которые на стадии перспективного планирования рассматривались как однородные по качеству объекты разработки [13]. Внутри блока могут не только чередоваться руда и пустые породы, но и выделяться руды различных сортов в рудных телах (рис. 3).

Учитывая, что неоднородность руды существенно влияет на показатели ее переработки, необходимо оценивать и сложность

внутреннего строения «рудного ядра». При формировании выемочных блоков по горизонтам важно учитывать требования к отдельным сортам руд, границы естественного оруденения, возможность раздельной выем-

ки разнокачественных руд по простирию рудного тела с применением горизонтальной или вертикальной селекции после производства рыхления.



*Рис. 3. Сортовой план горизонта 700 основного оруденения участка «Южный» Сорского медно-молибденового месторождения согласно методике [9]. Диапазоны содержания Mo: 1 – 0,1 % и более; 2 – 0,034...0,1 %; 3 – 0,02...0,034 %; 4 – менее 0,02 % (минерализованная масса); 5 – внутренняя вскрыша / Fig. 3. Varietal plan of horizon 700 of the main mineralization of the Yuzhny site of the Sorsky copper-molybdenum deposit according to the methodology [9]. Ranges of Mo content: 1 – 0.1 % or more; 2 – from 0.034 to 0.1%; 3 – from 0.02 to 0.034 %; 4 – less than 0.02 % (mineralized mass); 5 – inner overburden*

На ряде месторождений содержания металлов в рудах значительно различаются даже на рядом расположенных участках горизонтов. Повысить эффективность селективной выемки и управления качеством руд в целом возможно путем выбора рациональных параметров сети опробования. Так, исследования авторов, проводившиеся на Кальмакырском месторождении (Узбекистан), показали, что коэффициент вариации содержания меди изменялся в пределах 28...37 %, молибдена – 49...73 %, золота – 43...58 % и серебра – 40...49 %, при этом сортовой разрез может значительно изменяться в зависимости от величины интервала отбора проб, которые велись по сетке  $4,5 \times 5$  м в плане и через 2,5, 5 и 10 м по вертикали.

Из рис. 4 видно, что с уменьшением величины интервалов внутренние контуры рудных тел значительно изменяются, а в рудном блоке вместо только окисленной и/или смешанной руд появились все типы руд и даже внутренние включения породы.

При выемке в данном случае необходимо обеспечивать двухуровневую селекцию по типам (окисленная, сульфидная, смешанная) и по сортам внутри типов. Окисленная и смешанная руда отправляется на кучное выщелачивание, сульфидная – на флотационное обогащение и metallurgical передел. Для месторождений сложной структуры с условными границами рудных тел и их внутренним неоднородным строением необходимо выделять составляющие с разным уровнем содержания полезных компонентов. Так, на золоторудном месторождении Мурунтау (Узбекистан) со сложным строением рудных тел и наличием в выемочных блоках балансовых и забалансовых руд, а также включений условно пустой породы, ведется раздельная выемка руд по сортам и складирование с управлением качественными и количественными параметрами рудопотока [8].

Оперативное управление сырьевой базой осуществляется на основе «динамических» кондиций при оконтуривании и использова-

ния запасов отвалов-складов бывших забалансовых руд. При этом соответствующая часть богатой или бедной руды направляется во временный склад для последующего регу-

лирования качественных параметров рудной массы, поступающей в конкретный интервал времени на переработку.

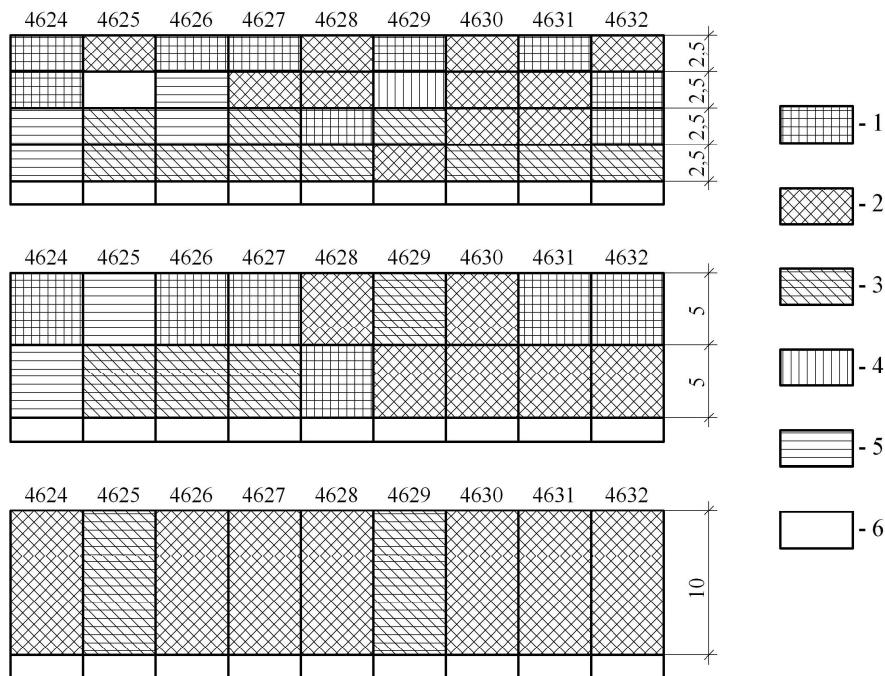


Рис. 4. Продольный сортовой разрез выемочного блока по линии скважин при интервалах опробования 2,5, 5, 10 м.

Типы руд и породы: 1 – упорная; 2 – неупорная; 3 – смешанная; 4 – сульфидная; 5 – бедная; 6 – порода /

Fig. 4. A longitudinal sectional section of the extraction block along the well line at sampling intervals of 2.5, 5, 10 m.

Types of ores and rocks: 1 – persistent; 2 – unstable; 3 – mixed; 4 – sulfide; 5 – poor; 6 – rock

Таким образом, управление качеством руды должно производиться на разных этапах горного производства: опережающей эксплуатационной разведки путем корректировки контуров подсчетных блоков и разделения их на эксплуатационные блоки, выделения в последних сортовых составляющих при сопровождающей разведке; разделения руд по сортам при селективной выемке либо управляемого смешивания однотипных руд при выемке в режиме усреднения; при транспортировке и складировании с опробованием рудной массы в автосамосвалах с разделением на типы и/или сорта для последующего разделенного обогащения или объединением путем усреднения в штабелях усреднительного или усреднительно-накопительного склада; при предварительной подготовке к обогащению за счет порционной или покусковой сортировки с удалением некондиционной руды и пустой породы.

Совокупность факторов геологического строения, структуры и минералогического состава месторождения влияют не только на выбор способа отработки месторождения, но и на технологию рудоподготовки и обогащения добываемого сырья [6]. Для наиболее сложных по структуре металлорудных месторождений штокверкового типа характерны длиннопериодные колебания содержания основного металла в добываемой руде, что необходимо учитывать при анализе режима горных работ, обосновании оптимального варианта их развития и определении показателей полноты и качества выемки руд. В этой связи с позиций обеспечения эффективного управления качеством руды (на уровне оперативного планирования) должно быть установлено рациональное перемещение заходок выемочной техники, при котором достигаются минимальные значения коэффициента вариации, размаха колебаний и среднеквадратичных отклонений.

Изменение содержания полезного компонента в рудной массе влияет на эффективность процесса обогащения флотационным методом. Так, повышение содержания металла (по отношению к оптимальному значению) приводит к незначительному росту извлечения, в то же время снижение содержания ведет к относительно резкому падению извлечения, т. е. прирост извлечения в первом случае не компенсирует потери в по-

следующем (рис. 5а). Следовательно, в некоторых случаях раздельная переработка богатой и рядовой рудной массы с повышенным извлечением металла при переработке богатой руды не компенсирует снижение извлечения металла при обогащении бедных руд и может быть целесообразным использование части богатой рудной массы для подшахтovки рядовой с целью увеличения суммарного выхода металла по всем сортам руд.

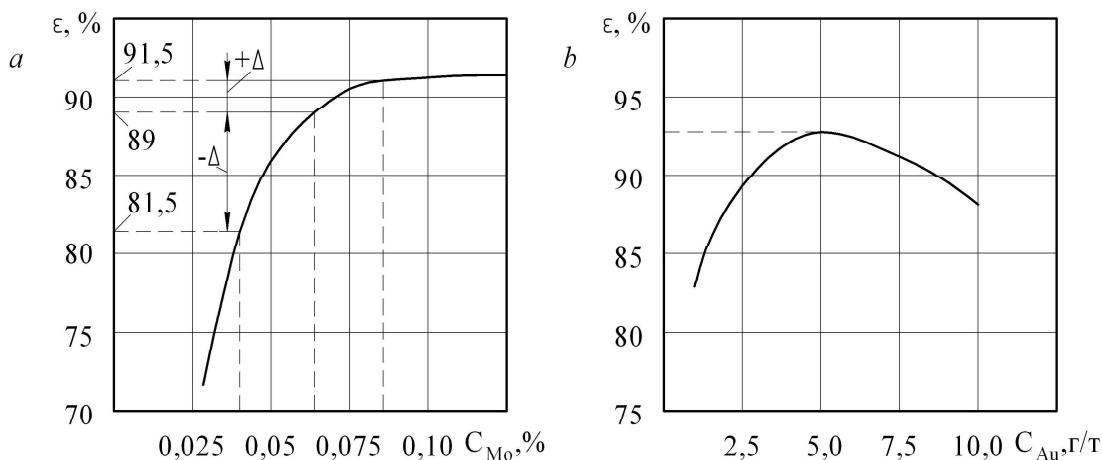


Рис. 5. Зависимость извлечения полезного компонента в конечный продукт от его содержания в перерабатываемой рудной массе: а – молибден (Mo); б – золото (Au) / Fig. 5. The dependence of the useful component extraction in the final product on its content in the processed ore mass: а – molybdenum (Mo); б – gold (Au)

Например, при переработке молибденовых руд Сорского месторождения (Красноярский край) снижение содержания молибдена с 0,065 до 0,04 % приводит к снижению извлечения металла в концентрат на 7,5 % (с 89 до 81,5 %), а рост содержания на 0,02 % (до 0,085 %) приводит к росту извлечения только на 2,5 % (до 91,5 %). Таким образом, существует значительная потребность в сглаживании длиннoperиодных колебаний качества рудной массы в объемах годовой добычи по отдельным периодам эксплуатации месторождения.

При гидрометаллургической переработке (чановом сорбционном выщелачивании) золотосодержащих руд месторождения Мурунтау получен результат, когда с существенным увеличением содержаний извлечение начинало снижаться (рис. 5б), что связано с наличием в руде относительно крупных золотин и сростков полезных компонентов, которые не извлекаются (не полностью выщелачиваются).

В зависимости от сложности структуры месторождения и применяемых технологий добычи селективная выемка может быть:

– одноуровневая – для отделения полезного ископаемого от пустых пород;

– многоуровневая – отделение от пустых пород и разделение между собой минерального сырья различных технологических типов для обеспечения эффективной раздельной переработки или технологических сортов (однотипная руда) с целью последующего усреднения по содержанию полезного компонента;

– комплексная – разделение между собой минерального сырья различных технологических типов, сортов, а также различных полезных ископаемых с использованием ликвидных фракций пустых пород при комплексном освоении месторождений.

Авторами на основе анализа предыдущих исследований и собственных наработок предлагается систематизация оруденения как объекта выемки.

1. Типы. Критерий выделения – по условиям залегания: пологие, наклонные, круто-наклонные, крутые.

2. Классы. Критерий – ориентированность внутренних включений: параллельно внешнему контуру; ортогонально внешнему контуру; под углом к внешнему контуру; внутренние зоны изометричные.

3. Подклассы. По степени однородности извлекаемого полезного ископаемого: с параметрами технологически однородных зон, размер которых сопоставим с размерами выемочного блока; горизонтальная внутриблочная неоднородность не требующая специальных приемов селекции (с разделением блока на два выемочных элемента) без прерывания основных технологических процессов, однако имеющая потенциал к последующей сортировке; выделение слоев по вертикали (с делением уступа на подступы); селекция на уровне собственно выемочного элемента (ковша, стружки, глубины фрезерования).

4. Виды. По характеру и размеру вкрапленности, минеральному составу, формам нахождения полезных компонентов. По характеру и форме контактов рудных тел с вмещающими породами: четкие; размытые (с отсутствием четких границ между рудой и породой в связи с постепенным снижением содержания полезного компонента). По способу идентификации контактов: визуализируемые; определяемые по результатам опробования. По содержанию полезного компонента в руде: с ураганным содержанием полезного компонента (штуфные); богатые; рядовые; бедные; с содержанием ниже порога извлечения (для конкретного способа переработки).

**Заключение.** Показатели, оценки сложности оруденения должны характеризовать сложность залегания рудных тел, учитывать внешнюю и внутреннюю структуру, степень отклонения поверхности контакта относительно технологической поверхности отработки рудного тела. На основе анализа предыдущих исследований и собственных наработок предлагается систематизация оруденения как объекта выемки с выделением соответствующих типов, классов, подклассов и видов. Управление качеством руды может вестись со стадии сопровождающей эксплуатационной разведки, при селективной выемке, транспортировке и складировании, а также в процессе предварительной подготовки к обогащению.

При обосновании рационального варианта развития горных работ, выборе способов добычи, подготовки и обогащения минерального сырья необходимо учитывать совокупность факторов геологического строения, структуры и минералогического состава руд для обеспечения эффективного управления их качеством, поскольку отклонение содержания полезного компонента в рудной массе влияет на эффективность процесса обогащения. При разработке сложноструктурных месторождений для повышения комплексности использования минерального сырья необходимо устанавливать эффективную глубину селекции при выемке с выделением различных сортов и типов руд, обоснованием рациональных технологических схем как раздельного обогащения разнокачественных руд, так и усреднения минерального сырья для достижения максимальных показателей извлечения металла. Селективная выемка рудной массы может быть одноуровневой, многоуровневой и комплексной.

## Список литературы

1. Боголюбов Б. П., Грачев Ф. Г. Раздельная разработка месторождений сложного состава. М.: Недра, 1964. 167 с.
2. Дубынин Н. Г., Фесенко В. А. Совершенствование технологии выемки тонких наклонных жил. Новосибирск: Наука СО, 1974. 109 с.
3. Зарубин М. Ю., Фионин Е. А., Данилец Е. В. Анализ влияния технологических схем выемки горной массы на показатели качества при открытой разработке месторождений полезного ископаемого // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. 2013. № 3. С. 5–9.
4. Ломоносов Г. Г. Формирование качества руды при открытой добыче. М.: Недра, 1975. 224 с.
5. Лукичев С. В., Любин А. Н. Повышение полноты извлечения и качества руд при разработке тонких пологих месторождений // Проблемы недропользования. 2016. № 4. С. 69–73.
6. Опарин В. Н., Секисов А. Г., Трубачев А. И., Смоляницкий Б. Н., Салихов В. С., Зыков Н. В. Перспективные технологии разработки золотороссыпных месторождений Забайкальского края // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2017. № 3. С. 70–78.

7. Оснеговский Е. Р. Сравнение качества добычных работ при открытой разработке месторождений // Проблемы работы карьеров Севера. М., 1968. С. 61–63.
8. Рахимов В. Р., Шеметов П. А., Снитка Н. П. Формирование минерально-сырьевых потоков при совместной разработке месторождений природного и техногенного происхождения // Горный журнал. 2013. № 8. С. 20–25.
9. Секисов А. Г., Лавров А. Ю., Манзырев Д. В. Перспективные способы выщелачивания золота из техногенных образований Забайкалья с использованием фотоэлектрохимических процессов // Вестник Читинского государственного университета. 2011. № 2. С. 106–111.
10. Сытенков В. Н. К вопросу обоснования выбора выемочной единицы при проектировании разработки месторождений ТПИ: практика рассмотрения технических проектов комиссией Роснедр // Рациональное освоение недр. 2019. № 2-3. С. 72–78.
11. Трубецкой К. Н., Леонов Е. Р., Панкевич Ю. Б. Комплексы мобильного оборудования на открытых горных работах. М.: Недра, 1990. 255 с.
12. Шарин В. В. Оценка сложностей селективной разработки месторождений по степени контактных зон. Совершенствование технологии открытых горных работ. М.: Недра, 1966. 124 с.
13. Юматов Б. П., Байков Б. Н., Смирнов В. П. Открытая разработка сложноструктурных месторождений цветных металлов. М.: Недра, 1973. 192 с.
14. Юматов Б. П., Секисов Г. В., Буянов М. И. Нормирование и планирование полноты и качества выемки руды на карьерах. М.: Недра, 1987. 183 с.
15. Adams M. D. Gold ore processing: project development and operations. Amsterdam: Elsevier, 2016. 980 p.

## References

---

1. Bogolyubov B. P., Grachev F. G. *Razdelnaya razrabotka mestorozhdeniy slozhnogo sostava* (Separate development of deposits of complex composition). Moscow: Nedra, 1964. 167 p.
2. Dubynin N. G., Fesenko V. A. *Sovershenstvovanie tehnologii vyemki tonkih naklonnykh zhil* (Improving the technology for the extraction of thin inclined cores). Novosibirsk: Nauka, 1974. 109 p.
3. Zarubin M. Yu., Fionin E. A., Danilets E. V. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G. I. Nosova* (Bulletin of Magnitogorsk State Technical University named after G. I. Nosov), 2013, no. 3, pp. 5–9.
4. Lomonosov G. G. *Formirovanie kachestva rudy pri otkrytoy dobyche* (Formation of ore quality in open pit mining). Moscow: Nedra, 1975. 224 p.
5. Lukichev S. V., Lyubin A. N. *Problemy nedropolzovaniya* (Subsoil use problems), 2016, no. 4, pp. 69–73.
6. Oparin V. N., Sekisov A. G., Trubachev A. I., Smolyanitsky B. N., Salikhov V. S., Zykov N. V. *Fiziko-tehnicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopaemykh* (Physical and technical problem of mining), 2017, no. 3, pp. 70–78.
7. Osnegovsky E. R. *Problemy raboty karierov Severa* (Problems of the work of quarries in the North). Moscow, 1968, pp. 61–63.
8. Rakimov V. R., Shemetov P. A., Snitka N. P. *Gorny zhurnal* (Mountain Journal), 2013, no. 8, pp. 20–25.
9. Sekisov A. G., Lavrov A. Yu., Manzyrev D. V. *Vestnik Chitinskogo gosudarstvennogo universiteta* (Bulletin of Chita State University), 2011, no. 2, pp. 106–111.
10. Sytenkov V. N. *Ratsionalnoe osvoenie nedr* (Rational subsoil development), 2019, no. 2-3, pp. 72–78.
11. Trubetskoy K. N., Leonov E. R., Pankevich Yu. B. *Kompleksy mobilnogo oborudovaniya na otkrytyh gornyh rabotah* (Complexes of mobile equipment in open cast mining). Moscow: Nedra, 1990. 255 p.
12. Sharin V. V. *Ocenka slozhnostey selektivnoy razrabotki mestorozhdeniy po stepeni kontaktnyh zon. Sovershenstvovanie tehnologii otkrytyh gornyh rabot* (Assessing the difficulties of selective field development according to the degree of contact zones. Improving the technology of open cast mining). Moscow: Nedra, 1966. 124 p.
13. Yumatov B. P., Baykov B. N., Smirnov V. P. *Otkrytaya razrabotka slozhnostrukturnyh mestorozhdeniy tsvetnykh metallov* (Open development of complex structural non-ferrous metal deposits). Moscow: Nedra, 1973. 192 p.
14. Yumatov B. P., Sekisov G. V., Buyanov M. I. *Normirovanie i planirovanie polnоты i kachestva vyemki rudy na karierah* (Rationing and planning of the completeness and quality of ore mining in quarries). Moscow: Nedra, 1987. 183 p.
15. Adams M. D. *Gold ore processing: project development and operations* (Gold ore processing: project development and operations). Amsterdam: Elsevier, 2016. 980 p.

**Коротко об авторах** 

---

Чебан Антон Юрьевич, канд. техн. наук, доцент, вед. науч. сотрудник, Институт горного дела Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Хабаровск, Россия. Область научных интересов: горные машины и технологии chebanay@mail.ru

Секисов Геннадий Валентинович, д-р техн. наук, профессор, Заслуженный деятель науки РФ, член-корр. НАН КР, гл. науч. сотрудник, Институт горного дела Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Хабаровск, Россия. Область научных интересов: горные науки и производства sekisovag@mail.ru

**Briefly about the authors** 

---

*Anton Cheban*, candidate of technical sciences, associate Professor, leading researcher, Russian Academy of Science Far Eastern Branch Mining Institute. Khabarovsk, Russia. Sphere of scientific interests: mining machinery and technology

*Gennady Sekisov*, doctor of technical Sciences, professor, Honored Worker of Science, corresponding member of NAS KR, Senior Researcher, Russian Academy of Science Far Eastern Branch Mining Institute, Khabarovsk, Russia. Sphere of scientific interests: the mountain of science and industry

**Образец цитирования** 

---

Чебан А. Ю., Секисов Г. В. Сложноструктурные рудные блоки и их систематизация // Вестник Забайкальского государственного университета. 2020. Т. 26, № 6. С. 43–53. DOI: 10.21209/2227-9245-2020-26-6-43-53.

*Cheban A., Sekisov G. Complex structural ore blocks and their systematization // Transbaikal State University Journal, 2020, vol. 26, no. 6, pp. 43–53. DOI: 10.21209/2227-9245-2020-26-6-43-53.*

Статья поступила в редакцию: 04.06.2020 г.

Статья принята к публикации: 12.06.2020 г.