

Обоснование параметров подземной геотехнологии освоения рассредоточенных рудных тел ярусного залегания

Артур Маратович МАЖИТОВ,
Сергей Александрович КОРНЕЕВ,
Дмитрий Викторович ДОМОЖИРОВ,
Павел Владимирович ВОЛКОВ

Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова, Россия, Магнитогорск

Актуальность работы. Многие горнодобывающие предприятия в настоящее время находятся в стадии доработки и исчерпали практически весь свой ресурсный потенциал. Однако зачастую при отработке месторождений остается некоторое количество запасов в недрах, ранее считавшихся неперспективными и невостребованными. Это приводит к необходимости изыскания возможностей их освоения. Такие участки, в частности для медноколчеданных месторождений, представлены рассредоточенными по всему шахтному полю линзообразными рудными телами, как правило, малой мощности и с низким содержанием полезного компонента. В связи с этим обоснование подземной геотехнологии отработки таких рудных тел и залежей является весьма актуальной теоретической и практической задачей.

Цель работы. Обоснование оптимальной геотехнологии отработки рассредоточенных рудных тел ярусного залегания для эффективной отработки месторождения.

Методология исследования. Обоснование технологии освоения участка месторождения производилось с помощью геотехнологического конструирования вариантов технологических схем отработки и их технико-экономического сравнения на основе экономико-математического моделирования.

Результаты. В статье дано обоснование способа вскрытия и систем разработки месторождения, представленного рассредоточенными рудными телами ярусного залегания. Исследованиями определено, что оптимальным вариантом отработки рассредоточенных рудных тел является вскрытие с максимальным использованием существующих горно-капитальных и подготовительных выработок и стадийный порядок ведения горных работ с одновременной отработкой балансовых и забалансовых запасов. Также в работе на основе ранжирования участков залежи по элементам залегания и содержанию полезного компонента путем экономико-математического моделирования определены оптимальные системы разработки в вариантах с максимально возможной рудной подготовкой.

Выводы. Выводы и рекомендации, представленные в работе, могут быть использованы при проектировании и планировании горных работ при освоении месторождений схожих по горно-геологическим и горнотехническим характеристикам.

Ключевые слова: подземная геотехнология, рассредоточенные рудные тела, системы разработки, вскрытие месторождения, экономическая эффективность.

Введение
Анализ практики работы предприятий по добыче руд цветных металлов на территории Урала указывает на существенное истощение минерально-сырьевой базы в связи с длительной и интенсивной их отработкой. Многие крупные медноколчеданные месторождения региона находятся в стадии доработки. Их устойчивое функционирование и развитие достигается за счет прироста запасов в результате эксплуатационной разведки и отработки ранее неперспективных и невостребованных участков и залежей. К технологии отработки таких запасов предъявляются жесткие требования с позиции экономической эффективности и безопасности горных работ.

С учетом изложенного данный подход был реализован при проектировании отработки I залежи Камаганского месторождения (Республика Башкортостан).

В настоящее время эксплуатация многих рудных месторождений связана с истощением их минерально-сырьевой базы. Развитие и стабильное функционирование предприятия предопределено возможностью отработки ранее невостребованных и неперспективных участков месторождения [1–5]. Указанное обстоятельство, несомненно, является актуальным и требует теоретических и практических решений. Так, руды I залежи являются сырьевой базой для восполнения выбывающих мощностей Камаганского месторождения и поддержания устойчивого функционирования предприятия на ближайшие годы [6]. Поэтому проведение исследований по обоснованию подземной геотехнологии освоения I залежи является весьма актуальным вопросом на данном этапе развития предприятия.

Характеристика месторождения

Месторождение характеризуется большим количеством рассредоточенных по всему шахтному полю отдельных линзообразных маломощных рудных тел (рис. 1) со сложной морфологией и широким диапазоном изменения содержания полезного компонента. I залежь представлена группой линзообразных рудных тел мощностью от 1–1,5 м до 20 м и углом падения от 0° до 30°. Всего выделено 15 рудных тел, залегающих ярусно в интервале от 47,4 до 726,5 м, размеры по простиранию от 50 до 320 м, вкрест простирания – от 20 до 160 м. Руды преимущественно густовкрапленные, обломковидные, редко встречаются отдельные интервалы сплошных руд с содержанием меди от 0,68 до 2,9 % и цинка от 1,0 до 2,3 %. Рудные тела имеют прослой пустых пород. Эксплуатационные запасы залежи (до границы горного отвода) составляют 703,45 тыс. т. Ниже горного отвода также имеются рудные тела.

Отработка участка осложнена интенсивной трещиноватостью тектонического и рядового характера, а также наличием охраняемых объектов второй категории в зоне сдвижения от подземных горных работ. Проведенными геомеханическими исследованиями [7, 8] установлено, что прогнозные величины деформаций поверхности не превы-

* ✉ a.mazhitov@magtu.ru

🆔 <https://orcid.org/0000-0001-8219-4264>

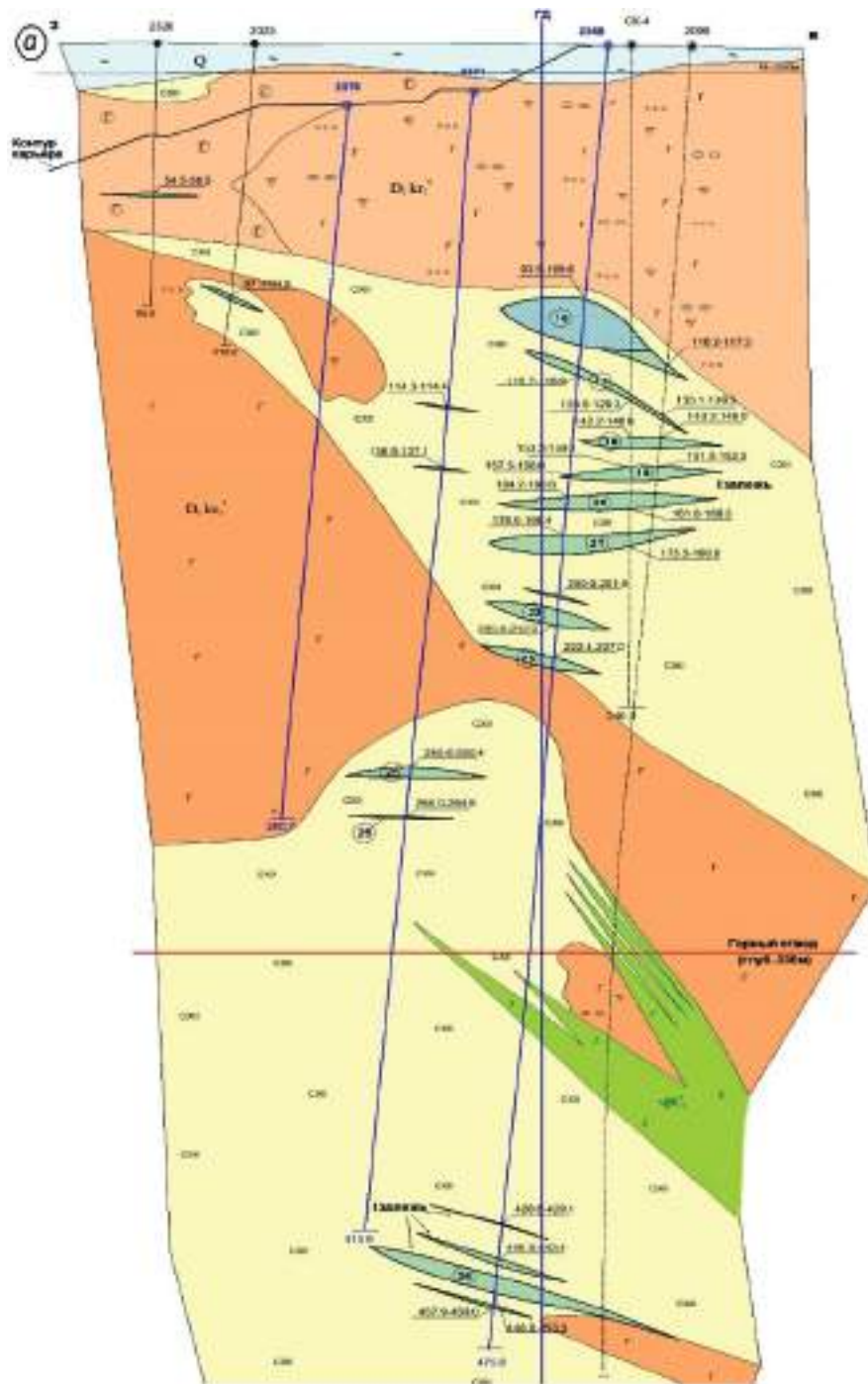


Рисунок 1. Характерный геологический разрез I залежи.
Figure 1. I deposit typical geological section.

шают 2 мм/м, что является допустимым для данной категории охраняемых объектов. В связи с этим отсутствует необходимость экономической оценки ущерба от подработки охраняемых объектов и их переноса.

В связи с неравномерным распределением полезного компонента по рудным телам залежи с целью определения влияния содержания полезного компонента на удельную прибыль для систем разработки с естественным поддержанием очистного пространства (камерная с открытым очистным пространством и камерно-столбовая система разработки), обрушением руды и вмещающих пород (варианты этажного и подэтажного обрушения) и с закладкой выработанного пространства (камерная с закладкой и горизонтальных слоев с закладкой) при постоянной мощности рудного тела и цене металла построены зависимости (рис. 2) и проведен соответствующий анализ.

Результаты

Анализ построенных зависимостей [9, 10] показал, что при содержании полезного компонента от 1 до 2 % происходит конкуренция низкочрезатных систем разработки с дорогостоящими вариантами по себестоимости добычи с закладкой выработанного пространства, за исключением системы разработки горизонтальных слоев с закладкой, где отмечается минимальная удельная прибыль при небольших содержаниях полезного компонента. Далее от 2 до 3 % про-

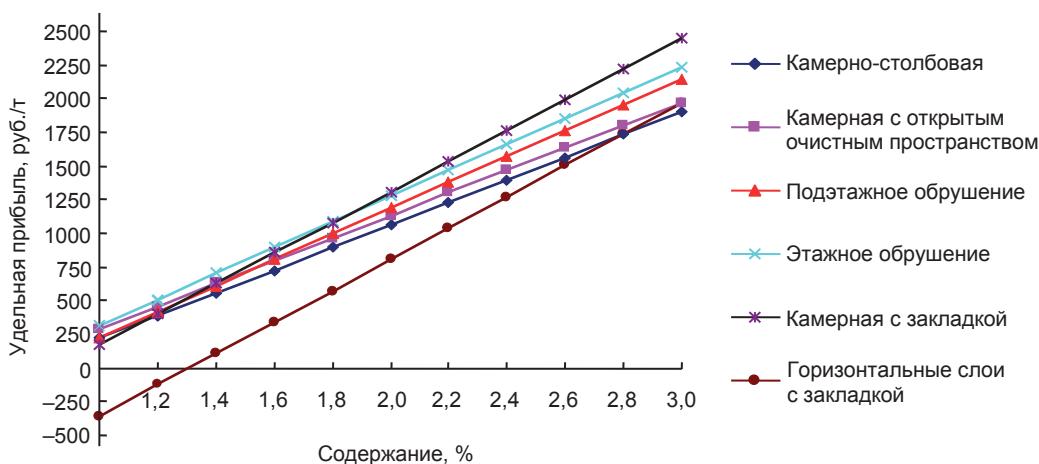


Рисунок 2. График зависимости удельной прибыли от содержания полезного компонента.

Figure 2. Dependence diagram of profit per unit on the content of useful component.

исходит характерное увеличение удельной прибыли, где на первом месте доминирует камерная система разработки с закладкой выработанного пространства, а на второе и третье место выходят варианты систем разработки с обрушением руды и вмещающих пород. Разница между данными системами разработки по удельной прибыли минимальна: 50–100 руб./т при содержании 2–2,6 %. При содержании полезного компонента 2,8–3 % система разработки горизонтальных слоев с закладкой составляет конкуренцию системам разработки с естественным поддержанием очистного пространства, а разница между системами разработки камерной с закладкой и вариантами этажного и подэтажного обрушения максимальна и составляет 200–250 руб./т.

Согласно проведенному экономико-математическому моделированию, в целях эффективной реализации подземной геотехнологии было проведено районирование рудных тел I залежи по элементам залегания и содержанию полезного компонента и определены возможные варианты систем разработки. Наличие охраняемых объектов предопределило применение систем разработки с полной закладкой выработанного пространства, либо оставлением регулярных рудных и искусственных целиков при малой мощности рудных тел и низком содержании полезного компонента.

В соответствии с изложенным рекомендуются следующие варианты систем разработки:

- этажно-камерная система разработки с закладкой (рудные тела мощностью более 10–12 м при любом угле падения);
- камерно-столбовая система разработки с однослойной выемкой и закладкой при мощности рудного тела 2–6 м и 6–10 м (рудные тела и выклинки мощностью от 2 до 6 м с углом падения до 30°);
- камерно-столбовая система разработки с оставлением рудных и искусственных опорных целиков (рудные тела с низким содержанием полезного компонента);
- камерно-столбовая система разработки с доставкой руды силой взрыва (участки рудных тел с углом падения более 30–35°).

Согласно эмпирическим зависимостям по сравнительной оценке систем разработки, приведенным в [11, 12], применительно к различным вариантам систем разработки были рассчитаны основные экономические показатели.

При обосновании способа вскрытия были рассмотрены четыре варианта. Первый вариант предусматривал схему вскрытия с использованием выработок месторождения «Новый Сибай», в частности скипо-клетевого ствола и существующей штольни гор. 140 м. Второй вариант заключался в обособленном вскрытии залежи с использованием вертикальных клетевых стволов с поверхности без использования выработанного пространства карьера. Для снижения капитальных затрат рассмотрен третий вариант с лифтовым восстающим на поверхность и существующей штольней. Четвертый вариант отличался максимальным использованием существующих выработок, а именно двумя штольнями, пройденными из выработанного пространства карьера. Последний вариант предполагает поддержание карьерной транспортной системы на весь период отработки подземных запасов.

Ввиду значительного разброса рудных тел по глубине, каждая из возможных схем вскрытия целесообразна только для отдельного участка залежи. Поэтому по экономическим и технологическим соображениям рудная залежь по глубине условно разделяется на участки относительно дна карьера или главной вскрывающей выработки, роль которой в данном случае выполняет существующая штольня гор. 140 м. Кроме того, рекомендуется поэтапный ввод участков в эксплуатацию с обособленным проветриванием каждого по мере развития горных работ.

С учетом изложенного выделены три обособленных участка (рис. 3):

- запасы, находящиеся в этаже 140–50 м (от поверхности до дна карьера);
- запасы, 140–330 м (от дна карьера до границ горного отвода);
- запасы, расположенные ниже горного отвода.

Первый комплекс (пусковой). В качестве главной вскрывающей выработки используется штольня гор. 140 м, которая служит для подачи свежего воздуха, выдачи горной массы, входа-выхода людей и доставки материалов. От штольни за зоной сдвижения от очистных работ нижнего участка (140–330 м) проходится наклонный съезд гор. 50/140 м, соединяющий рабочие горизонты участка. Лифтовый восстающий гор. 0/120 м служит для выдачи загрязненного воздуха и в качестве второго механизированного выхода. Способ проветривания нагнетательный, используется существующая

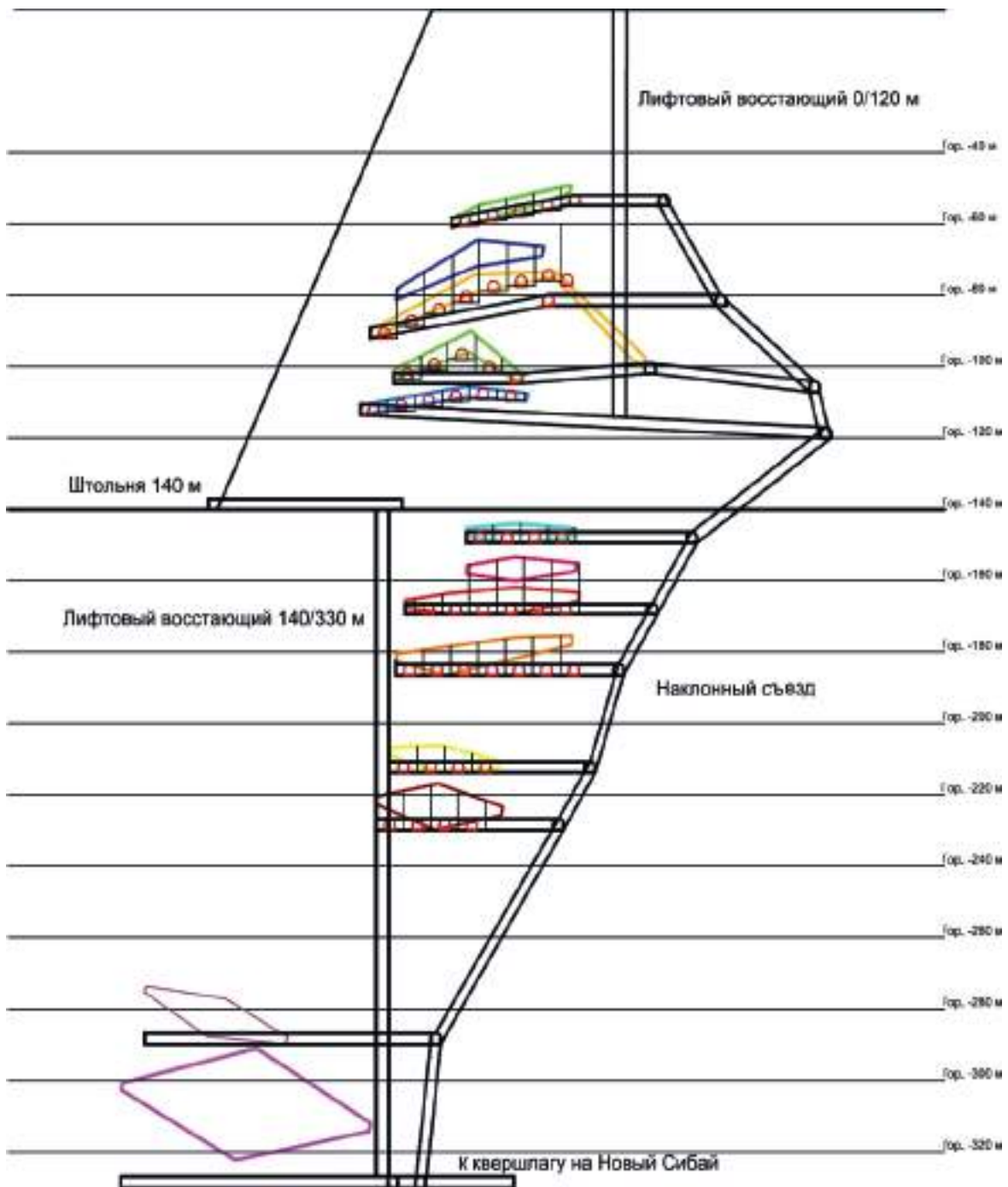


Рисунок 3. Схема вскрытия Первой залежи Камаганского месторождения.
Figure 3. Scheme of opening of the First Deposit of the Kamaganskoe field.

вентиляторная установка у портала штольни гор. 140 м, включающая вентилятор ВЦП-16. Свежий воздух подается по штольне на наклонный съезд, омывает участки очистных работ и через лифтовый восстающий 0/120 м выдается на поверхность.

Второй комплекс. После ввода в эксплуатацию первого пускового комплекса осуществляется строительство горизонтов ниже дна карьера до горного отвода (330 м). В качестве воздухоподающей выработки планируется использовать клетевой ствол участка «Новый Сибай» Сибайского месторождения. Для этого используется существующий квершлаг «Новый Сибай–Камаган». От существующего квершлага проходится наклонный квершлаг 210/330 м к участку I залежи. Участки очистных работ соединяются между собой наклонным съездом гор. 140/330 м. В качестве запасного выхода планируется проходка лифтового восстающего гор. 140/330 м. Способ проветривания нагнетательный. Свежий воздух подается по клетевому стволу участка «Новый Сибай» по наклонному квершлагу на гор. 330 м. Далее по наклонному съезду подается на эксплуатационные участки рудных тел, омывает очистные работы и выдается через штольню гор. 140 м в карьер.

Третий комплекс (заключительный). Вскрытие рудных тел (№ 26, 27), находящихся ниже горного отвода, осуществляется углубкой наклонного съезда и лифтового восстающего.

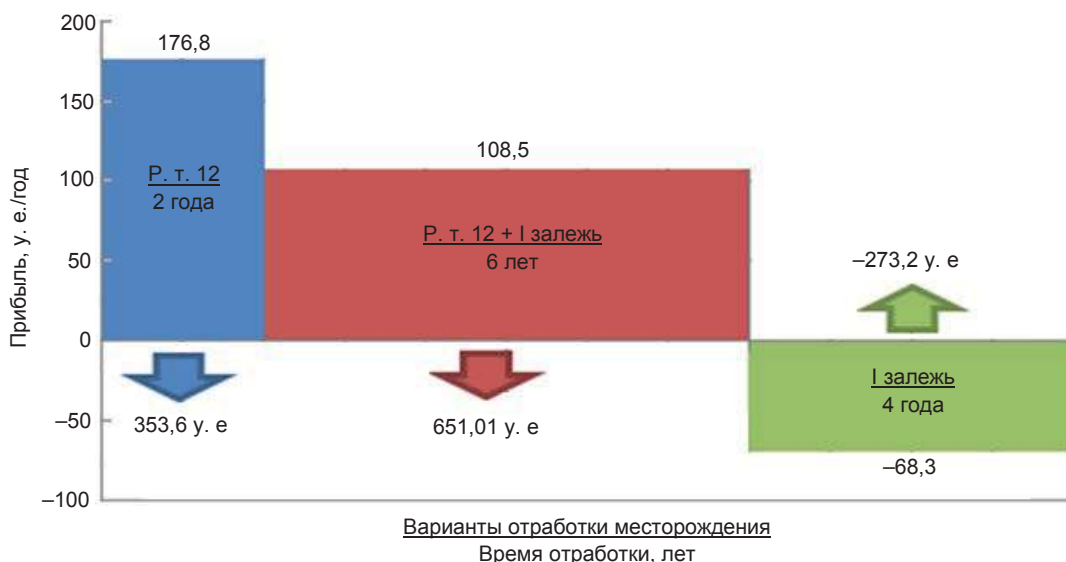


Рисунок 4. Показатели технико-экономического моделирования.
Figure 4. Indicators of technical and economic modeling.

Таким образом, каждый участок вскрыт обособленно с использованием всех предполагаемых вариантов.

В связи с небольшой мощностью рудных тел, с целью минимизации полевых горно-подготовительных работ принимается рудная подготовка с помощью доставочных штреков, пройденных с наклонного съезда. Наклонный съезд проходится в лежачем боку залежи максимально близко к выемочному участку с целью сокращения длины полевого доставочного штрека. Рудные тела обрабатываются обособленно и представляют собой отдельные выемочные участки. Высота этажа (подэтажа) изменяется в зависимости от условий залегания, но не более 40 м, согласно «Федеральным нормам и правилам...» для ВХВ без механизированного подъема.

Подготовительные работы заключаются в проведении на каждом выемочном участке комплексов выработок, необходимых для отработки запасов руды принятыми системами разработки. В общем случае подготовка рудных тел залежи одинакова и заключается в проведении доставочного и вентиляционно-закладочного штреков на флангах рудного тела и буро-доставочных ортов. Расположение вентиляционно-закладочного штрека выбирается с учетом разницы отметок с доставочным штреком. Орты проводятся по оси отрабатываемой камеры. Рудные тела, имеющие сравнительно небольшую прослой пустых пород между собой, объединяются в одну рудную зону и обрабатываются совместно. Одновременно в отработке может находиться несколько рудных тел. Отработку запасов нижерасположенного рудного тела возможно начинать после уходки фронта очистной выемки на верхнем рудном теле за зону сдвижения, построенную по соответствующим углам, но не менее 20 м относительно верхней границы рудного тела на нижнем участке.

Окончательный технико-экономический расчет технологической схемы отработки рассредоточенных рудных тел показал отрицательный результат. Освоение запасов при всех принятых оптимальных параметрах подземной геотехнологии отработки запасов I рудной залежи Камаганского месторождения сводится к нецелесообразности. Однако, согласно принципам рационального освоения месторождения [13–15] и утвержденным запасам оставление их в недрах невозможно. В связи с этим был проанализирован вариант одновременной отработки I залежи и запасов выклинка р. т. 12. Показатели экономико-математического моделирования показаны на рис. 4.

Согласно расчетам, убыток от отработки I залежи составит 273,2 у. е. Очевидна целесообразность совместной отработки I залежи и неотработанной карьером южной выклинка р. т. 12. Ежегодная прибыль при этом составит 108,5 у. е. при шестилетнем периоде отработки. Общий объем прибыли – более 651 у. е. Индивидуальная отработка р. т. 12 увеличивает годовую прибыль предприятия до 176,8 у. е., но срок отработки сокращается до двух лет.

Согласно сказанному, отработка рудной залежи, представленной рассредоточенными рудными телами, целесообразна при максимальном использовании существующих горно-капитальных выработок. При этом необходимо разделение залежи на участки с индивидуальным вскрытием и схемой проветривания. Минимизировать убытки возможно за счет совместного освоения всех запасов месторождения.

Заключение

Несмотря на отрицательный экономический эффект, опыт проектирования отработки I залежи Камаганского месторождения, представленной рассредоточенными рудными телами малой мощности и ярусного залегания, содержит ряд полезных положений для исследований, проектирования и освоения схожих по горно-геологическим характеристикам рудных залежей. Среди них можно выделить следующие.

1. При ярусном залегании рассредоточенных рудных тел отработка залежи производится без объединения их в одну рудную зону.
2. Вскрытие залежи производится с учетом максимального использования существующих горно-капитальных выработок.
3. При выборе систем разработки предварительно производится ранжирование рудных тел по элементам залегания и содержанию полезного компонента и для каждого участка рекомендуется свой вариант.

4. Рациональный порядок развития фронта горных работ с целью минимизации первоначальных капитальных вложений заключается в разделении залежи по вертикали на участки с обособленным проветриванием и поочередным вводом их в эксплуатацию.

5. Отработка залежей, имеющих подобную морфологию и условия залегания, целесообразна только совместно с отработкой основных запасов месторождения для поддержания производственной мощности предприятия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bruntland G. (ed.). Our common future: The World Commission on Environment and Development, United Nations. Oxford: Oxford University Press, 1987. 300 p.
2. Auty R. M., Mikesell R. F. Sustainable Development in Mineral Economies. Oxford: Clarendon Press, 1998. 285 p.
3. Stansinoupolos P., Smith M. H., Hargroves K., Desha Ch. Whole System Design: An Integrated Approach to Sustainable Engineering. London: Earthscan, 2008. 183 p.
4. Каплунов Д. Р., Рыльникова М. В., Радченко Д. Н. Расширение сырьевой базы горнорудных предприятий на основе комплексного использования минеральных ресурсов месторождений // Горный журнал. 2013. № 12. С. 29–33. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21116802>
5. Каплунов Д. Р., Рыльникова М. В., Радченко Д. Н. Условия устойчивого развития минерально-сырьевого комплекса России // Условия устойчивого функционирования минерально-сырьевого комплекса России: препринт. 2014. Вып. 1. С. 3–11.
6. Рыльникова М. В., Корнеев С. А., Мажитов А. М., Корнеева В. С. Обоснование способов освоения и систем разработки маломощных рудных тел Камаганского медноколчеданного месторождения // Горный журнал. 2014. № 5. С. 86–90. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21759530>
7. Мажитов А. М. Оценка влияния подземных горных работ на напряженно-деформированное состояние прикарьерного массива месторождения Камаганское // Актуальные проблемы горного дела. 2016. № 1. С. 29–35.
8. Tishkov M. V., Semenov D. P., Neverov A. A., Neverov S. A., Nikolsky A. M. Geomechanical analysis of mining system by cut and fill at deep levels of Internatsionalnaya pipe // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2018. Vol. 134, issue 1. № 012063. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/134/1/012063>
9. Калмыков В. Н., Волков П. В., Мещеряков Э. Ю. Разработка интегрированных технологических схем интенсивного освоения запасов приграничных зон карьеров // Комбинированная геотехнология: комплексное освоение и сохранение недр Земли: материалы междунар. науч.-техн. конф. Екатеринбург, 2009. С. 31–33.
10. Мещеряков Э. Ю., Иванов А. А. Методика выбора технологических схем при освоении ярусно залегающих рудных тел // Вестник МГТУ. 2003. № 4. С. 16–19.
11. Мажитов А. М. Обоснование параметров технологии отработки пологих медноколчеданных месторождений с обрушением руды и вмещающих пород: дис. ... канд. техн. наук. Магнитогорск, 2013. 140 с.
12. Sokolov I. V., Balek A. N., Antipin Yu. G., Smirnov A. A. Substantiation of underground geotechnology for hybrid mining of Kyshtym quartz deposits // Gornyi Zhurnal. 2016. Issue 5. P. 58–63. <https://doi.org/10.17580/gzh.2016.05.07>
13. Rylnikova M., Ainbinder I., Radchenko D. Role of Safety Justification of Mining Development for the Regulatory Framework Formation and Mineral Resources Management // E3S Web of Conferences. 2018. Vol. 41, № 01033. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20184101033>
14. Kaplunov D. R. Combined geotechnology in sustainable ecologically balanced subsoil management // Gornyi Zhurnal. 2018. Issue 1. P. 14–17. <https://doi.org/10.17580/gzh.2018.01.01>
15. Трубецкой К. Н., Чантурия В. А., Каплунов Д. Р., Рыльникова М. В. Комплексное освоение месторождений и глубокая переработка минерального сырья. М.: ИПКОН РАН, 2010. 437 с.

Статья поступила в редакцию 15 декабря 2018 г.

Substantiation of parameters of underground geotechnology for the development of dispersed ore bodies of staged occurrence

Artur Maratovich MAZHITOV,
Sergey Aleksandrovich KORNEEV,
Dmitriy Viktorovich DOMOZHROV,
Pavel Vladimirovich VOLKOV

Nosov Magnitogorsk State Technical University
Magnitogorsk, Russia

Relevance of the work. Many mining enterprises are currently in the process of development and have exhausted almost all of their resource potential. However, when development of deposits there remains a certain amount of reserves in the depths that previously considered to be unpromising and unclaimed. This leads to the need to search for opportunities for their development. Such zones, for example, for copper-sulphide deposits, are represented by pod-like ore bodies dispersed throughout the mine field, as a rule, of low thickness and with a low content of useful component. In this regard, the substantiation of the underground geotechnology of mining such ore bodies and deposits is a very relevant theoretical and practical task.

Purpose of the work. Substantiation of the optimal geotechnology for mining of dispersed ore bodies of stepped occurrence for efficient field mining.

Research methodology. The substantiation of the field development was made using geotechnological detailing of options for technological development schemes and their technical and economic comparison based on economic and mathematical modeling.

Results. The paper provides a rationale for the method of deposit opening and mining systems represented by dispersed ore bodies of staged occurrence. The study helped to determine that the best option for performance of dispersed ore bodies is opening with maximum use of existing mining and development workings and a stagen mining procedure with simultaneous performance of reserves (or non-commercial reserves). Moreover, based on ranking of sites, the optimal mining systems with the highest possible ore preparation were determined by economic and mathematical modeling taking into account the elements of occurrence and the content of useful component.

Conclusions. Conclusions and recommendations presented in this work can be used while design and planning of mining operations in the development of deposits of similar geological and mining characteristics.

Keywords: underground geotechnology, dispersed ore bodies, mining systems, deposit opening, economic efficiency.

REFERENCES

1. Bruntland G. (ed.). 1987, Our common future: The World Commission on Environment and Development, United Nations. Oxford: Oxford University Press, 300 p.
2. Auty R. M., Mikesell R. F. Sustainable Development in Mineral Economies. Oxford: Clarendon Press, 1998. 285 p.
3. Stasinopoulos P., Smith M. H., Hargroves K., Desha Ch. 2008, Whole System Design: An Integrated Approach to Sustainable Engineering. London: Earthscan, 183 p.
4. Kaplunov D. R., Ryl'nikova M. V., Radchenko D. N. 2013, Expansion of the resource base of mining enterprises on the basis of the integrated use of mineral resources of deposits. *Gornyi zhurnal* [Mining journal], no. 12, pp. 29–33. (In Russ.) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21116802>
5. Kaplunov D. R., Ryl'nikova M. V., Radchenko D. N. 2014, *Usloviya ustoychivogo razvitiya mineral'no-syr'yevogo kompleksa Rossii* [Conditions for sustainable development of the mineral resource complex of Russia]. Conditions for sustainable functioning of the mineral resources complex in Russia: preprint. Issue 1, pp. 3–11.
6. Ryl'nikova M. V., Korneev S. A., Mazhitov A. M., Korneeva V. C. 2014, Substantiation of the development methods and mining systems of low-thickness ore bodies of the Kamaganskoye copper-sulphide field. *Gornyi Zhurnal* [Mining Journal], no. 5, pp. 86–90. (In Russ.) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21759530>
7. Mazhitov A. M. 2016, Estimation of influence of underground mining on the stress-strain state of close to quarry massif of the Kamaganskoe field. *Aktual'nyye problemy gornogo dela* [Topical issues of mining], no. 1, pp. 29–35. (In Russ.)
8. Tishkov M. V., Semenov D. P., Neverov A. A., Neverov S. A., Nikolsky A. M. 2018, Geomechanical analysis of mining system by cut and fill at deep levels of Internatsionalnaya pipe. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, vol. 134, issue 1. 012063. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/134/1/012063>
9. Kalmykov V. N., Volkov V. P., Meshcheryakov E. Yu. 2009, *Razrabotka integrirovannykh tekhnologicheskikh skhem intensivnogo osvoyeniya zapasov prigranichnykh zon kar'yerov* [Development of integrated technological schemes for the intensive development of reserves in the border areas of quarries]. Combined geotechnology integrated development and conservation of the earth's subsoil: proceedings of the international scientific and technical conference, Ekaterinburg, pp. 31–33.
10. Meshcheryakov E. Yu., Ivanov A. A. 2003 Choice technique of technological schemes in the development of staged ore bodies. *Vestnik MGTU* [Scientific journal of Murmansk State Technical University], no. 4, pp. 16–19. (In Russ.)
11. Mazhitov A. M. 2013, *Obosnovaniye parametrov tekhnologii otrabotki pologikh mednokolchedannykh mestorozhdeniy s obrusheniym rudy i vmeshchayushchikh porod* [Substantiation of parameters of the technology for mining flat copper-sulphide deposits with ore caving and host rocks]. PhD thesis. Magnitogorsk, 140 p.
12. Sokolov I. V., Balek A. N., Antipin Yu. G., Smirnov A. A. 2016, Substantiation of underground geotechnology for hybrid mining of Kyshtym quartz deposits. *Gornyi Zhurnal* [Mining journal], issue 5, pp. 58–63. <https://doi.org/10.17580/gzh.2016.05.07>
13. Ryl'nikova M., Ainbinder I., Radchenko D. 2018, Role of Safety Justification of Mining Development for the Regulatory Framework Formation and Mineral Resources Management. E3S Web of Conferences, vol. 41, 01033. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20184101033>
14. Kaplunov D. R. 2018, Combined geotechnology in sustainable ecologically balanced subsoil management. *Gornyi Zhurnal* [Mining journal], issue 1, pp. 14–17. <https://doi.org/10.17580/gzh.2018.01.01>
15. Trubetskoy K. N., Chanturiya, V. A., Kaplunov D. R., Ryl'nikova M. V. 2010, *Kompleksnoye osvoyeniye mestorozhdeniy i glubokaya pererabotka mineral'nogo syr'ya* [Integrated development of deposits and deep processing of mineral raw materials]. Moscow, 437 p.

The article was received on December 15, 2018

* a.mazhitov@magtu.ru

<https://orcid.org/0000-0001-8219-4264>