

В.Н. Калмыков, А.А. Гоготин, А.Н. Ивашов, Ю.Д. Мамбетова

ОСНОВНЫЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОТРАБОТКИ ГРУППЫ СБЛИЖЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОДЗЕМНЫМ СПОСОБОМ

На сегодняшний день не разработаны методические положения проектирования отработки группы сблизженных месторождений, что обуславливает снижение рентабельности их эксплуатации. Это связано, с тем что, каждое месторождение группы рассматривается отдельно от других и их освоение ведется не единой горнотехнической системой, что ведет к повышенным капитальным затратам на строительство дополнительных обогатительных фабрик и непроизводительным эксплуатационным затратам на транспортирование. Повысить экономический эффект освоения запасов данных месторождений возможно за счет использования комплексного методического подхода к проектированию горнодобывающего предприятия для группы месторождений, который заключается в обосновании производственной мощности единой горнотехнической системы, рациональной последовательности ввода и отработки месторождений группы и выбора места расположения общей обогатительной фабрики.

Ключевые слова: группа сблизженных месторождений, производственная мощность горнотехнической системы, месторасположение главной промышленной площадки и обогатительной фабрики, очередность ввода месторождений в отработку, последовательность освоения месторождений в группе.

DOI: 10.25018/0236-1493-2017-8-0-101-106

На сегодняшний день имеются нормативные методические материалы для проектирования рудников, где определены содержание проектных решений и порядок их реализации для обеспечения эффективной отработки отдельного месторождения подземным способом. Вопросы же разработки группы месторождений, которые характеризуются близким расположением друг к другу и схожими горно-геологическими условиями, такие как, выбор месторасположения главной промышленной площадки и обогатительной фабрики, очередности вво-

да месторождений в отработку, не рассматриваются.

Анализ геологии медно-колчеданных месторождений Южного Урала показал, что можно выделить 4 группы месторождений: Учалинская, Сибайская, Бурибаевская и Гайская, которые включают 3–8 месторождений, расстояние между которыми изменяется от 3 до 30 км [1, 2]. Горно-геологические и горнотехнические условия залегания, минеральный состав руд данных месторождений схожи между собой, что говорит о возможности применения для их отработки идентич-

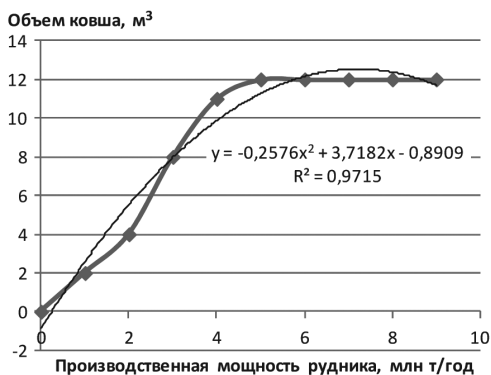


Рис. 1. Зависимость рационального объема ковша ПДМ от производственной мощности рудника

ных технологий и освоения одной горнотехнической системой. Однако, как показывает опыт их эксплуатации, они обрабатываются разрозненно, а иногда и разными предприятиями, что обуславливает высокие капитальные затраты, связанные со строительством нескольких обогатительных фабрик, повышенными эксплуатационными затратами на транспортирование, и приводит к снижению эффективности отработки группы в целом. Повысить рентабельность их отработки возможно путем использования комплексного методического подхода к проектированию горнодобывающего предприятия для группы месторождений, заключающегося в переходе на их освоение единой горнотехнической системой с совокупной производственной мощностью, обоснованием рационального места расположения общей промышленной площадки и обогатительной фабрики, последовательности ввода месторождений в эксплуатацию [3].

Исследования, проведенные для условий отработки группы медно-колчеданных месторождений подземным способом, показали, что на начальном этапе проектирования для каждого месторождения обоснованию подлежат производственная мощность, способ вскрытия, тип применяемой механизации, система разработки.

Анализ опыта предприятий, ведущих отработку месторождений подземным способом, научно-методической литературы свидетельствует, что в настоящее время определение производственной мощности в большинстве случаев осуществляется исходя из размеров рудного поля, т.е. по горным возможностям, либо по производительности имеющихся обогатительных фабрик [4].

На основе анализа методик расчета производственной мощности рудников, можно выделить два основных фактора, определяющих ее значения по горным возможностям — количество очистных блоков и их производительность. В свою очередь количество блоков определяется горно-геологическими условиями месторождения, а именно мощностью, углом падения, длиной по падению и простиранию, глубиной залегания рудных тел, степенью механизации технологических процессов. Для исследования влияния данных факторов на производственную мощность рудника произведено экономико-математическое моделирование освоения подземным способом медно-колчеданных месторождений при различных способах вскрытия. При моделировании рассматривались варианты вскрытия: вертикальными, наклонными стволами, штольнями [5]. Выбор системы разработки проводился методом вариантов в соответствии с горно-геологическими и горнотехническими условиями разработки [6–8].

Согласно принятым способам вскрытия, системам разработки и производственной мощности рудника производится выбор комплекса добычного оборудования. В настоящее время наибольшее распространение на подземных рудниках получила самоходная техника. Для упрощения выбора и расчетов получены зависимости рационального объема ковша погрузочно-доставочной машины от производственной мощности рудника (рис. 1).

По результатам экономико-математического моделирования подземной разработки крутопадающих и пологозалегающих медно-колчеданных месторождений путем аппроксимации данных установлены зависимости оптимальной производственной мощности рудника, учитывающие горные возможности и геологические характеристики месторождения:

$$A_{\text{ГОД}}^{\text{КРУТ}} = -2,43 + 0,15 \cdot H_{\text{Н}} + 0,008 \cdot H_{\text{З}} + 0,033 \cdot m + 0,0006 \cdot L_{\text{ПР}}, \quad (1)$$

$$A_{\text{ГОД}}^{\text{ПОЛОГ}} = -1,41 + 0,018 \cdot m + 0,00037 \cdot H_{\text{З}} + 0,0058 \cdot L_{\text{ПАД}} + 0,006 \cdot L_{\text{ПР}}, \quad (2)$$

где $H_{\text{Н}}$ — начальная глубина залегания рудных тел, м; $H_{\text{З}}$ — максимальная глубина залегания месторождения, м; m — мощность рудных тел, м; $L_{\text{ПР}}$ — длина по простиранию, м, $L_{\text{ПАД}}$ — длина по падению, м.

Полученные зависимости позволяют осуществить расчет оптимальной производственной мощности рудника как отдельного месторождения, а так и эффективную производственную мощность горнотехнической системы при отработке группы месторождений [9, 10].

Для выбора месторождения первоочередного ввода в отработку, так называемого базового месторождения, за которое, как правило, принимается месторождение с наибольшей стоимостью запасов, а также обоснования порядка освоения запасов группы требуется осуществить расчет стоимости запасов каждого месторождения по формуле:

$$Ц_i^3 = 0,01 * V_{\text{ЗАП}} \cdot C_{\text{П.К.}} \cdot Ц_{\text{МЕ}} \cdot k_{\$}, \quad (3)$$

где $V_{\text{ЗАП}}$ — количество запасов месторождения, млн. т; $C_{\text{П.К.}}$ — содержание полезных компонентов в руде месторождения, %; $Ц_{\text{МЕ}}$ — стоимость металла на рынке, \$/т; $k_{\$}$ — курс доллара, руб./\$.

Выбор базового месторождения позволяет обосновать расположение главной промышленной площадки и обога-

тительной фабрики. Согласно проведенным исследованиям на их расположение оказывает основное влияние стоимость запасов и расстояние между месторождениями. Установлено, что при отношении стоимости запасов базового месторождения к рядовым более 1,5, целесообразно располагать обоганительную фабрику на базовом месторождении, а если менее 1,5 — в центре тяжести запасов группы месторождений [11].

Известно, что месторождения в группе можно отработать последовательно, параллельно и последовательно-параллельно. В качестве оптимального считается порядок, который обеспечит наибольшее значение показателя чистого дисконтированного дохода при отработке группы месторождений. Исследования показывают, что в зависимости от стоимости запасов месторождений в группе, количества крупных и небольших по запасам целесообразно вести их отработку в различном порядке. Если группа месторождений состоит только из крупных, наибольший эффект достигается при их параллельном освоении, если из небольших — последовательном. При наличии в группе крупных и небольших месторождений по запасам целесообразнее их обрабатывать последовательно-параллельно. Это обусловлено тем, что при отработке крупных месторождений последовательно, их срок освоения затягивается, вследствие снижается ЧДД, поэтому в данных условиях наибольший экономический эффект достигается при их параллельном освоении. Отработка же небольших месторождений параллельно приводит к большим капитальным затратам в начальном периоде и к короткому сроку эксплуатации месторождений, что так же обуславливает снижение экономических показателей. После принятия решения о порядке отработки месторождений в группе возможно определить производительность обога-

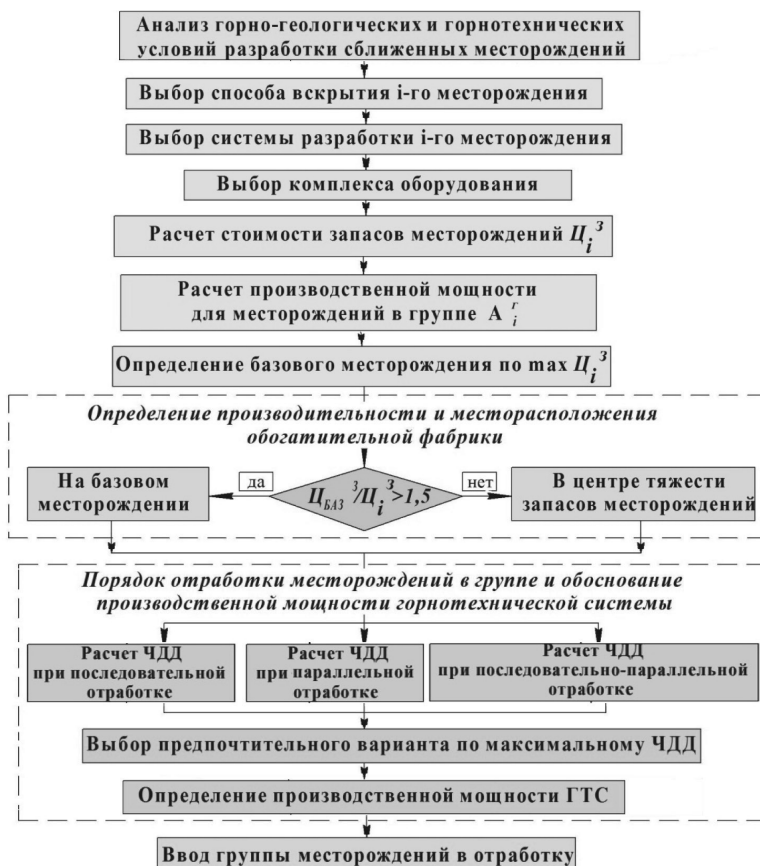


Рис. 2. Алгоритм определения основных параметров горнотехнической системы для освоения запасов сближенных месторождений в группе

ной фабрики. При этом надлежит обеспечить постоянную производительность обогатительной фабрики на протяжении всего срока эксплуатации группы месторождений.

Таким образом, из результатов проведенных исследований следует, что для обеспечения эффективной отработки группы месторождений необходимо на этапе проектирования решить ряд задач, таких как обоснование производственной мощности для каждого месторождения в группе, выбор расположения главной промышленной площадки и обогатительной фабрики, последовательность ввода месторождений в отработку и др. Для практического применения результатов исследований разработан алгоритм

определения основных параметров горнотехнической системы и оптимального порядка отработки месторождений в группе, представленный на рис. 2.

Разработанный алгоритм позволяет определить наиболее эффективный порядок отработки группы месторождений в зависимости от горно-геологических и горнотехнических условий отработки месторождений, расстояния между месторождениями и стоимости запасов каждого. Применение данного методического подхода на этапе проектирования отработки группы месторождений позволит обеспечить наибольший экономический эффект от их отработки по сравнению с раздельным освоением месторождений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Серавкин И. Б., Пирожок П. И., Скуратов В. Н. и др. Минеральные ресурсы Учалинского горно-обогатительного комбината. — Уфа: Башк. кн. изд., 1994. — 328 с.
2. Волков Ю. В., Соколов И. В. Подземная разработка медноколчеданных месторождений Урала. — Екатеринбург: УрО РАН, 2006. — 232 с.
3. Гоготин А. А., Ивашов А. Н., Швейкина Ю. Г. Методика расчета максимального количества блоков при освоении наклонных и крутопадающих рудных месторождений подземным способом // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: материалы 73-й международной научно-технической конференции. Т. 1 / Под ред. В. М. Колокольцева. — Магнитогорск: Изд-во МГТУ им. Г.И. Носова, 2015. — С. 14—17.
4. Дик Ю. А., Котенков А. В., Танков М. С. Практика опытно-промышленных испытаний технологий разработки рудных месторождений. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2014. — 480 с.
5. Гоготин А. А., Ивашов А. Н., Мамбетова Ю. Д. Обоснование параметров разработки группы месторождений подземным способом / Сборник докладов в 13-й Международной научной школы молодых ученых и специалистов «Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых». — М.: ИПКОН, 2016. — С. 200—204.
6. Капунов Д. Р. Развитие производственной мощности подземных рудников при техническом перевооружении. — М.: Наука, 1989. — 264 с.
7. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых [Электронный ресурс]: утв. приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору 11.12.2013. — URL: www.consultant.ru.
8. Нормы технологического проектирования горнодобывающих предприятий металлургии с подземным способом проектирования. — СПб.: Гипроруда, 1993. — 201 с.
9. Калмыков В. Н., Гоготин А. А., Ивашев А. Н. Горный журнал. — 2015 — № 12. — С. 37—41.
10. Мажитов А. М., Мещеряков Э. Ю.. Определение параметров и показателей адаптивного варианта системы разработки с площадно-торцевым выпуском для условий отработки пологих залежей // Вестник МГТУ. — 2013. — № 2. — С. 5—8.
11. Тонких А. И., Макишин В. Н., Ивановский И. Г. Техничко-экономические расчеты при подземной разработке рудных месторождений: учебное пособие. — Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2007. — 137 с. **ПАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

*Калмыков Вячеслав Николаевич*¹ — доктор технических наук, профессор,
*Гоготин Алексей Анатольевич*¹ — кандидат технических наук, доцент,
*Ивашов Артем Николаевич*¹ — аспирант,
Мамбетова Юлия Данияровна — ведущий специалист, ООО «УралГеоПроект»,
e-mail: mambetova_yuliya@bk.ru,
¹ Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова.
e-mail: prmpi@magtu.ru.

ISSN 0236-1493. Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2017. No. 8, pp. 101–106.

UDC 622.013

V.N. Kalmykov, A.A. Gogotin, A.N. Ivashov, Yu.D. Mambetova

BASIC UNDERGROUND MINE PLANNING PROVISIONS FOR A GROUP OF CLOSELY SPACED DEPOSITS

Today almost no methodological provisions related to the testing of groups of contiguous deposits, which leads to lower profitability of mining them as a whole. This is due to the fact that each field group is considered separately from the others and their development is not a single mining system, which leads to high capital costs associated with the need for construction of additional main

industrial sites and the processing plant and operating costs for transportation. To increase the economic effect of development of the reserves of these fields is possible through the use of a comprehensive methodological approach to the design of the mining enterprise for group of fields, which is to justify the production capacity of a single mining system, the rational sequence input and testing of deposits of the group and the location of the overall concentrator.

Key words: group of contiguous deposits, the production capacity of the mining system, the location of the main industrial sites and the processing plant, the order of the input fields in the testing, the sequence of development of fields in the group.

DOI: 10.25018/0236-1493-2017-8-0-101-106

AUTHORS

Kalmykov V.N.¹, Doctor of Technical Sciences, Professor,

Gogotin A.A.¹, Candidate of Technical Sciences,

Assistant Professor,

Ivashov A.N.¹, Graduate Student,

Mambetova Yu.D., Leading Specialist,

e-mail: mambetova_yuliya@bk.ru,

LLC «Uralgeoproekt», Magnitogorsk, Russia,

¹ Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov,

455000, Magnitogorsk, Russia, e-mail: prmpi@magtu.ru.

REFERENCES

1. Seravkin I. B., Pirozhok P. I., Skuratov V. N. *Mineral'nye resursy Uchalinskogo gorno-obogatitel'nogo kombinata* (Mineral reserves of Uchaly Mining and Processing Plant), Ufa, Bashk. kn. izd., 1994, 328 p.

2. Volkov Yu. V., Sokolov I. V. *Podzemnaya razrabotka mednokolchedannykh mestorozhdeniy Urals* (Underground pyritic-copper ore mining in the Urals), Ekaterinburg, UrO RAN, 2006, 232 p.

3. Gogotin A. A., Ivashov A. N., Shveykina Yu. G. *Aktual'nye problemy sovremennoy nauki, tekhniki i obrazovaniya: materialy 73-y mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii*. T. 1. Pod red. V. M. Kolokol'tseva (Current Challenges of the Modern Science, Technology and Education: 73rd International Conference Proceedings. Vol. 1. Kolokol'tsev V. M. (Ed.)), Magnitogorsk, Izd-vo MGTU im. G. I. Nosova, 2015, pp. 14–17.

4. Dik Yu. A., Kotenkov A. V., Tankov M. S. *Praktika opytno-promyshlennykh ispytaniy tekhnologiy razrabotki rudnykh mestorozhdeniy* (Practice of field tests of ore mining technologies), Ekaterinburg, Izd-vo Ural. Un-ta, 2014, 480 p.

5. Gogotin A. A., Ivashov A. N., Mambetova Yu. D. *Sbornik dokladov v 13-y Mezhdunarodnoy nauchnoy shkoly molodykh uchenykh i spetsialistov «Problemy osvoeniya nedr v XXI veke glazami molodykh»* (Proceedings of the 13th International School of Young Scientists and Specialists: Problems of Mineral Mining in XXI Century in the Eyes of the Youth), Moscow, IPKON, 2016, pp. 200–204.

6. Kaplunov D. R. *Razvitie proizvodstvennoy moshchnosti podzemnykh rudnikov pri tekhnicheskoy perevooruzhenii* (Development of production capacity upon technical upgrading of underground mines), Moscow, Nauka, 1989, 264 p.

7. *Federal'nye normy i pravila v oblasti promyshlennoy bezopasnosti pri vedenii gornykh rabot i pererabotke tverdykh poleznykh iskopaemykh: utv. prikazom Federal'noy sluzhby po ekologicheskomy, tekhnologicheskomy i atomnomu nadzoru 11.12.2013* (Federal standards and regulations on hard mineral mining safety: approved by the Federal Environmental, Industrial and Nuclear Supervision Service on Dec 11, 2013), URL: www.consultant.ru.

8. *Normy tekhnologicheskogo proektirovaniya gornodobyvayushchikh predpriyatiy metallurgii s podzemnym sposobom proektirovaniya* (Design standards for underground mine production planning in metallurgy), Saint-Petersburg, Giproruda, 1993, 201 p.

9. Kalmykov V. N., Gogotin A. A., Ivashov A. N. *Gornyy zhurnal*. 2015, no 12, pp. 37–41.

10. Mazhitov A. M., Meshcheryakov E. Yu. *Vestnik MGTU*. 2013, no 2, pp. 5–8.

11. Tonkikh A. I., Makishin V. N., Ivanovskiy I. G. *Tekhniko-ekonomicheskie raschety pri podzemnoy razrabotke rudnykh mestorozhdeniy: uchebnoe posobie* (Feasibility studies in underground ore mining: Educational aid), Vladivostok, Izd-vo DVG TU, 2007, 137 p.