УДК 622.272
DOI: 10.21209/2308-8761-2017-12-4-73-79

Геннадий Георгиевич Пирогов,
доктор технических наук, профессор,
Забайкальский государственный университет
(672039, Россия, г. Чита, ул. Александро-Заводская, 30),
e-mail: pirogov.chita@mail.ru

Принципы вскрытия рудных месторождений при разработке на базе подземных горно-обогатительных комплексов

Решение задач вскрытия при разработке рудных месторождений подземными горно-обогатительными комплексами (ПГОК) должно основываться на следующих принципах: полная закладка всех выработанных пространств; рудник и подземный обогатительный комплекс располагаются в едином подземном пространстве; рудник и подземный обогатительный комплекс связаны между собой подземными горными выработками; транспортирование руды от ствола шахты до обогатительного комплекса производится по полевым откаточным штрекам; закладочный комплекс приготовления закладочных смесей на основе хвостов подземного обогащения размещается выше самого верхнего горизонта рудника; на земную поверхность осуществляется подъём концентрата. Предложена обобщённая принципиальная схема вскрытия и освоения месторождения ПГОК.

Ключевые слова: вскрытие месторождения, подземный обогатительный комплекс, рудник, закладочный комплекс, транспортно-вентиляционные выработки, подземное пространство, освоение месторождения

Актуальность. Одной из перспективных ресурсосберегающих экологичных технологий рассматривают освоение рудных месторождений подземными горно-обогатительными комплексами. Внедрение технологии сдерживается рядом нерешённых проблем, среди которых вскрытие месторождений.

Предлагаемые решения. В результате выполненного анализа теории и практики вскрытия крутопадающих рудных месторождений, рудопотоков, грузопотоков при освоении месторождений подземными горно-обогатительными комплексами с размещением обогатительного комплекса в недрах на определённой глубине от земной поверхности нами установлено, что решение задач вскрытия при разработке месторождения на базе подземных ГОК должно основываться на следующих принципах:

– полная закладка всех выработанных пространств, что уменьшает развитие зон сдвижения горных пород, следовательно, даёт возможность приближения стволов шахт к месторождению;

– рудник и подземный обогатительный комплекс располагаются в едином подземном пространстве, объединённым общим горным отводом;

– рудник и подземный обогатительный комплекс связаны между собой подземными горными выработками для транспортирования рудной массы до рудоприёмного бункера обогатительного комплекса и хвостов обогащения в закладочный комплекс (рис. 3);

© Пирогов Г. Г., 2017

– транспортирование руды от ствола шахты до разгрузочной ямы приёмного бункера обогатительного комплекса производится по полевым откаточным штрекам, проведённым на горизонтах устройства разгрузочных ям;

– закладочный комплекс приготовления закладочных смесей на основе хвостов подземного обогащения размещается выше самого верхнего горизонта рудника для обеспечения самотечной горизонтальной дальности гидротранспорта смесей до места производства закладочных работ;

– на земную поверхность осуществляется подъём концентрата.

А. С. Воронюк по результатам своих исследований по комплексному вскрытию рудных месторождений предложил следующие варианты вскрытия:

– для крутопадающих месторождений, залегающих на глубине: а) до 500...600 м: вскрытие вертикальным скиповым рудоподъёмным стволом, наклонным съездом для самоходного оборудования и вертикальным вентиляционным стволом; б) более 600 м: вскрытие вертикальным скиповым рудоподъёмным стволом; грузовым стволом, оборудованным кабель-краном, вертикальным вентиляционным стволом;

– для наклонных, пологих и горизонтальных месторождений, залегающих на глубине: а) до 600 м: вскрытие наклонным конвейерным рудовыдачным стволом; наклонным съездом для самоходного оборудования и автотранспорта, вертикальным вентиляционным стволом; б) более 600 м: вскрытие наклонным конвейерным рудовыдачным стволом, грузовым стволом, оборудованным кабель-краном, и вертикальным вентиляционным стволом.

Рудная масса части разрабатываемого месторождения, находящейся выше горизонта рудоприёмного бункера подземного обогатительного комплекса, перепускается до этого горизонта по капитальным рудоспускам, следовательно, исключается из процесса подъёма по стволу шахты. Руду, добываемую из нижней части месторождения, по стволу поднимают до горизонта рудоприемного бункера и транспортируют от ствола (капитальных рудоспусков в первом случае) по полевому откаточному штреку до разгрузочных ям бункера. Таким образом, высота подъёма руды обусловливается глубиной нижней части месторождения и существенно меньше по сравнению с традиционными схемами подъёма до земной поверхности, что способствует уменьшению затрат и увеличению производительности подъёма.

А. С. Воронюк в приведённых выше вариантах вскрытия крутопадающих месторождений предлагает скиповые рудоподъёмные стволы. Однако при использовании подземного обогатительного комплекса клетевой ствол имеет существенное преимущество в сравнении со скиповым, которое заключается в том, что руду до приёмного бункера комплекса доставляют в одних и тех же шахтных вагонах без перегрузки. При скиповом подъёме возникает необходимость в проходке выработок скипового дробильно-погрузочного комплекса, сооружении загрузочно-разгрузочных устройств. Изложенное не означает выгодность клетевого подъёма руды во всех случаях освоения месторождений подземными горно-обогатительными комплексами. При значительной глубине «нижней» части месторождения (свыше 700...800 м) и большой производственной мощности обогатительного комплекса (свыше 1,5 млн т) скиповой подъём может компенсировать недостатки, отмеченные выше.

Полное заполнение выработанных пространств закладкой способствует сохранению целостности породных массивов при очистной выемке руд, следовательно, предотвращению появления и развития зон сдвижения горных пород. Исключение зон сдвижения позволяет приблизить стволы шахт к месторождению. При этом сокращаются длина квершлагов и затраты на их проходку. По ориентировочным расчётам снижение капитальных затрат на сооружение квершлагов для условий Ново-Широкинского золото-полиметаллического месторождения может составить 3540 тыс. р. или меньше в 1,97 раза в сравнении с проектными затратами. На рис. 1, 2 приведены зависимости затрат на сооружение квершлагов при наличии и отсутствии зон сдвижения.

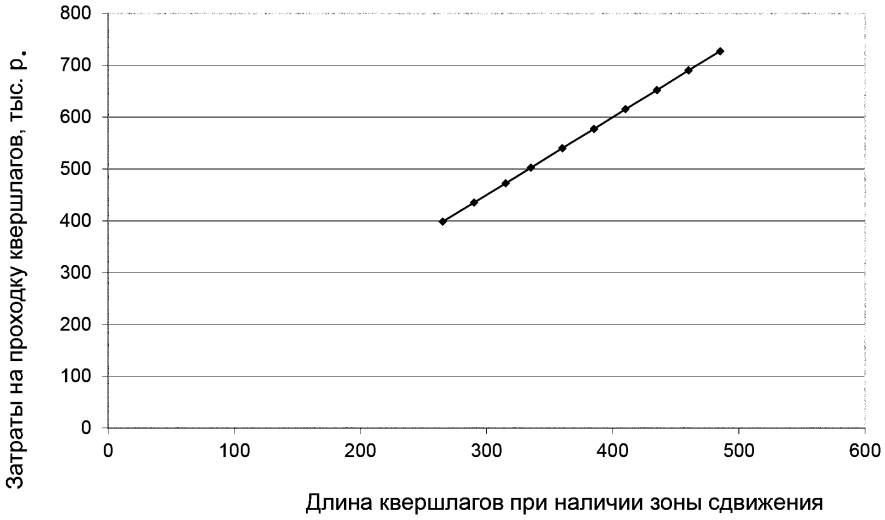

Рис. 1. Затраты на сооружение квершлагов при наличии зон сдвижения горных пород
Fig. 1. Costs for the construction of crosscuts in the presence of zones of strata movement

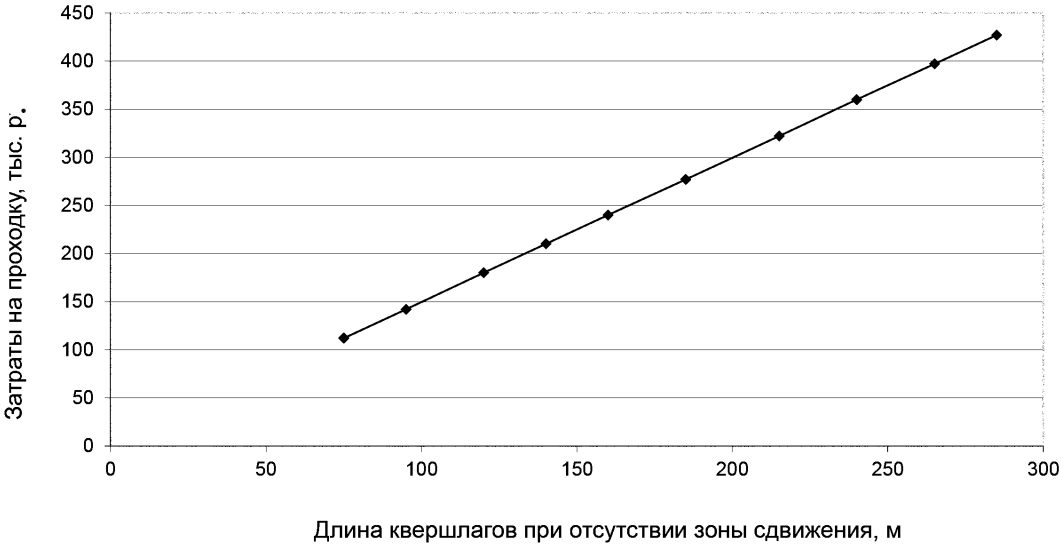

Рис. 2. Затраты на сооружение квершлагов при отсутствии зон сдвижения горных пород
Fig. 2. Costs for the construction of crosscuts in the absence of zones of strata movement

Важной для рудника и обогатительного комплекса является задача размещения в системе транспортно-вентиляционных горных выработок закладочного комплекса. Для рудника значимость решения вопроса связана с необходимостью непрерывного приготовления закладочных смесей и транспортирования к местам выполнения закладочных работ с минимальными затратами, для подземного обогатительного комплекса — с непрерывным и экономичным транспортированием твёрдых отходов (хвостов).

Перемещение хвостов обогащения в технологической схеме подземного горно-обогатительного комплекса предлагается осуществлять следующим образом. От зумпфа пульпоперекачной станции накопительной камеры, расположенной на нижнем горизонте обогатительного комплекса, хвосты по полевому штреку и вспомогательному стволу рудника транспортируют напорным гидротранспортом (пнемотранспортом) до закладочного комплекса (рис. 3).

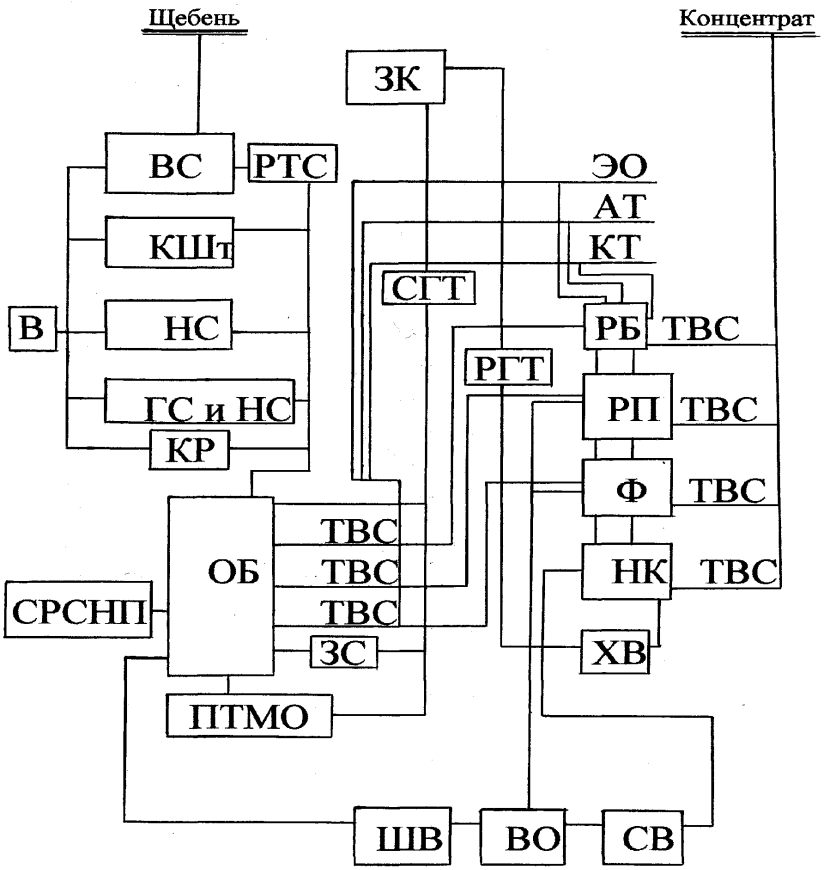

Рис. 3. Обобщённая принципиальная схема вскрытия и освоения рудного месторождения подземными горно-обогатительными комплексами:
В — вскрытие; ВС — вертикальный ствол; КШт — капитальная штольня; НС — наклонный съезд; ГС и НС — грузовой ствол и наклонный съезд (междуэтажный); КР — капитальный рудоспуск (при отработке части месторождения выше горизонта расположения рудоприёмного бункера подземного обогатительного комплекса); ОБ — очистной блок; СРСНП — система разработки сплошной слоевой выемкой наклонных прирезок; ПТМО — подземный техногенный минеральный объект; ЗК – закладочный комплекс; ЭО – электровозная откатка; АТ — автотранспорт; К – конвейерный транспорт; РГТ – напорный рудничный гидротранспорт; СГТ – самотечный гидротранспорт; ТВС – горные выработки транспортно-вентиляционной системы обогатительного комплекса; РБ – рудоприёмный бункер обогатительного комплекса; РП – цех рудоподготовки; Ф – цех флотации; НК – накопительная камера; ХВ – хвосты; ЗС – закладочная смесь; ВО – очистка вод в системе замкнутого водооборота; СВ – сточные воды обогатительного комплекса; ШВ – шахтные воды

Fig. 3. Generalized schematic diagram of dissection and development of ore deposits underground mining complexes:
In the autopsy; VS – vertical shaft; Ksht – major tunnel; NS – inclined Congress; the HS and HC – cargo trunk and a sloping exit (interfloor); CU – major ore pass (during the mining part of the deposit above the horizon at rhodopirellula bunker underground enrichment complex); cleaning block; SRNP system development solid layered sloped notch scores; PTMO – underground man-made mineral object; ZK – stowing facility; EO – locomotive haulage; at — transport; – conveyor transport; RGT – pressure mine hydrotransport; SGT – gravity hydraulic transport; fuel assemblies – mining transport-ventilation systems and processing complex; RB – radiopriemnye hopper processing plant; SPM – plant ore preparation; f – flotation plant; NK – collection chamber; XB – tails; ZS – filling mixture; – clean water in the closed water system; SV – waste water processing plant; SWISS – mine water

В горизонтальной плоскости место размещения закладочного комплекса может быть определено по известному методу Л. Д Шевякова определения мест заложения стволов шахты. Систему неравенств можно представить в следующем виде:

$$\sum V_{\text{прав}} + V^1 > \sum V_{\text{лев}},$$

$$\sum V_{\text{лев}} + V^1 > \sum V_{\text{прав}},$$

где $V_{\text{прав}}$, $V_{\text{лев}}$ — объёмы выработанных пространств в правой или левой частях месторождения относительно закладочного комплекса;

V^1 — сосредоточенный элементарный объём.

Таким образом, место размещения закладочного комплекса в горизонтальной плоскости выбирается вблизи от рудоподъёмного ствола шахты и соответствует минимальной работе гидротранспорта закладочных смесей.

В состав закладочного комплекса включают камеру для установки и последующей эксплуатации грануляторов для производства из хвостов обогащения гранул диаметром 10. . . 15 мм. На рис. 3 представлена обобщённая принципиальная схема вскрытия и освоения рудного месторождения подземными горно-обогатительными комплексами, включающая вскрывающие, транспортные, вентиляционные выработки, связующие рудник и подземный обогатительный комплекс, составные части рудника и плекса.

Выводы. Предложенные принципы вскрытия рудных месторождений при их освоении подземными горно-обогатительными комбинатами, а также обобщённая принципиальная схема вскрытия и освоения месторождений могут быть использованы при проектировании горных предприятий.

Список литературы

1. Каплунов Д. Р. Актуальные проблемы подземной разработки рудных месторождений // Горный журнал. 1995. № 1. С. 46—49.

2. Каплунов Д. Р., Ломоносов Г. Г. Основные проблемы освоения недр при подземной разработке рудных месторождений // Горный журнал. 1999. № 1. С. 42—45.

3. Шварц Ю. Д., Кутузов Д. С., Зицер И. С. Эколого-экономическая эффективность подземных комплексов по добыче и переработке полезных ископаемых // Цветная металлургия. 1994. № 8. С. 3–9.

4. Абрамов В. Ф., Лушников В. И., Саженев А. А. Перспективы применения подземной разработки с предконцентрацией в горных выработках // Материалы Всесоюзной науч.-техн. конф. Алма-Ата, 1986. С. 152–153.

5. Новая технология разработки рудных месторождений подземным способом / Н. С. Ефремовцев [и др.] // Горный журнал. 1985. № 10. С. 35–38.

6. Ломоносов Г. Г., Зейнулин А. А. Основные положения теории и технологии добычи руд с подземной предконцентрацией // Горный информ.-аналитический бюл. 1997. № 1. С. 82–86.

7. Абрамов В. Ф., Лушников В. И., Саженев А. А. Опыт разработки месторождений с подземным обогащением руды на зарубежных рудниках // Цветная металлургия. 1984. № 12. С. 71–72.

8. Безотходное горно-обогатительное производство на базе подземных комплексов / Ю. Д. Шварц [и др.] // Горный журнал. 1992. № 5. С. 42–45.

9. Шварц Ю. Д., Кутузов Д. С., Зицер И. С. Эколого-экономическая эффективность подземных комплексов по добыче и переработке полезных ископаемых // Цветная металлургия. 1994. № 8. С. 3–9.

10. Геологические аспекты создания подземных комплексов по добыче и переработке минерального сырья / Р. И. Семигин [и др.] // Горный журнал. 1995. № 5. С. 31–33.

11. Способ разработки рудных месторождений: пат № 2338879 РФ / Г. Г. Пирогов. Опубл. 20.11.2008. Бюл. № 32.

Статья поступила в редакцию 05.06.2017; принята к публикации 17.06.2017

Библиографическое описание статьи

Пирогов Г. Г. Принципы вскрытия рудных месторождений при разработке на базе подземных горно-обогатительных комплексов // Учёные записки Забайкальского государственного университета. Сер. Физика, математика, техника, технология. 2017. Т. 12, № 4. С. 73–79. DOI: 10.21209/2308-8761-2017-12-4-73-79.

Gennady G. Pirogov,
Doctor of Engineering Science, Professor,
Transbaikal State University
(30 Aleksandro-Zavodskaya st., Chita, 672039, Russia),
e-mail: pirogov.chita@mail.ru

The Principles of Opening Ore Deposits in the Development on the Basis of Underground Mining Complexes

The task of opening with the development of ore deposits by underground mining and processing complexes (PGOK) should be based on the following principles: complete backfilling of the developed spaces; underground mine and processing plant are located in a common underground space; underground mine and processing complex are connected by underground workings; ore transportation from the mine shaft to the mill complex is on the field haulage drifts; stowing complex of preparation of backfilling mixtures based on tailings underground enrichment is above the upper horizon of the mine; there is a rise of the concentrate on the earth's surface. A generalized schematic diagram of the opening and development of deposits PGOK is given.

Keywords: development, underground and processing plant, mine stowing facility, transportation and ventilation of development, underground space, development of the field

References

1. Kaplunov D. R. Aktual'nye problemy podzemnoi razrabotki rudnykh mestorozhdenii // Gornyi zhurnal. 1995. № 1. S. 46—49.

2. Kaplunov D. R., Lomonosov G. G. Osnovnye problemy osvoeniya nedr pri podzemnoi razrabotke rudnykh mestorozhdenii // Gornyi zhurnal. 1999. № 1. S. 42—45.

3. Shvarts Yu. D., Kutuzov D. S., Zitser I. S. Ekologo-ekonomicheskaya effektivnost' podzemnykh kompleksov po dobyche i pererabotke poleznykh iskopaemykh // Tsvetnaya metallurgiya. 1994. № 8. S. 3–9.

4. Abramov V. F., Lushnikov V. I., Sazhenev A. A. Perspektivy primeneniya podzemnoi razrabotki s predkontsentratsiei v gornykh vyrabotkakh // Materialy Vsesoyuznoi nauch.-tekhn. konf. Alma-Ata, 1986. S. 152–153.

5. Novaya tekhnologiya razrabotki rudnykh mestorozhdenii podzemnym sposobom / N. S. Efremovtsev [i dr.] // Gornyi zhurnal. 1985. № 10. S. 35–38.

6. Lomonosov G. G., Zeinulin A. A. Osnovnye polozheniya teorii i tekhnologii dobychi rud s podzemnoi predkontsentratsiei // Gornyi inform.-analiticheskii byul. 1997. № 1. S. 82–86.

7. Abramov V. F., Lushnikov V. I., Sazhenev A. A. Opyt razrabotki mestorozhdenii s podzemnym obogashcheniem rudy na zarubezhnykh rudnikakh // Tsvetnaya metallurgiya. 1984. № 12. S. 71–72.

8. Bezotkhodnoe gorno-obogatitel'noe proizvodstvo na baze podzemnykh kompleksov / Yu. D. Shvarts [i dr.] // Gornyi zhurnal. 1992. № 5. S. 42–45.

9. Shvarts Yu. D., Kutuzov D. S., Zitser I. S. Ekologo-ekonomicheskaya effektivnost' podzemnykh kompleksov po dobyche i pererabotke poleznykh iskopaemykh // Tsvetnaya metallurgiya. 1994. № 8. S. 3–9.

10. Geologicheskie aspekty sozdaniya podzemnykh kompleksov po dobyche i pererabotke mineral'nogo syr'ya / R. I. Semigin [i dr.] // Gornyi zhurnal. 1995. № 5. S. 31–33.

11. Sposob razrabotki rudnykh mestorozhdenii: pat № 2338879 RF / G. G. Pirogov. Opubl. 20.11.2008. Byul. № 32.

Received: June 05, 2017; accepted for publication June 17, 2017

Reference to article

Pirogov G. G. The Principles of Opening Ore Deposits in the Development on the Basis of Underground Mining Complexes // Scholarly Notes Of Transbaikal State University. Series Physics, Mathematics, Engineering, Technology. 2017. Vol. 12, No 4. No. 4. PP. 73–79. DOI: 10.21209/2308-8761-2017-12-4-73-79.