

## ГЕОТЕХНОЛОГИЯ (ПОДЗЕМНАЯ, ОТКРЫТАЯ И СТРОИТЕЛЬНАЯ)

DOI: 10.26730/1999-4125-2019-6-37-43

УДК 622.273.2

### КОНСТРУИРОВАНИЕ СПОСОБОВ ОТРАБОТКИ НАКЛОННЫХ ЗАЛЕЖЕЙ КАМЕРНОЙ СИСТЕМОЙ РАЗРАБОТКИ С ЗАКЛАДКОЙ

### CONSTRUCTION OF DEVELOPMENT METHODS OF INCLINED DEPOSITS CHAMBER MINING SYSTEM WITH FILLING

**Алексеев Роман Радионович**  
аспирант, e-mail: lager92@mail.ru

**Roman R. Alekseev**  
postgraduate student

**Бритвин Денис Сергеевич**  
аспирант, e-mail: baumann.q@yandex.ru

**Denis S. Britvin**  
postgraduate student

**Волков Евгений Павлович**  
старший преподаватель, e-mail: volkoff2@yandex.ru

**Eugene P. Volkov**  
senior lecturer

**Ахпашев Богдан Андреевич**  
канд. техн. наук, доцент, e-mail: 79050863461@yandex.ru

**Bogdan A. Akhpashev**  
C. Sc. in Engineering, associate professor

**Анушенков Александр Николаевич**  
д-р техн. наук, профессор, e-mail: Aanushenkov@sfu-kras.ru

**Aleksandr N. Anushenkov**  
Dr. Sc. in Engineering, professor

Сибирский федеральный университет, Институт горного дела, геологии и геотехнологий, просп.  
Красноярский рабочий, 95, г. Красноярск, 660095, Россия  
Siberian Federal University, Institute of mining, Geology and geotechnologies, 95, Krasnoyar-skiy  
Rabochiy Avenue, Krasnoyarsk, 660025, Russia

#### **Аннотация:**

*Работа направлена на усовершенствование технологии выемки запасов наклонных рудных залежей путем конструирования варианта камерной системы разработки с закладкой с учетом факторов повышающих безопасность работ, уменьшающих потери и разубоживание при очистной выемке, снижающих объем горно-подготовительных работ (ГПР), обеспечивающих минимальную себестоимость добычи полезного ископаемого, за счет поворота разрезного орта (заходки) относительно вентиляционно-закладочного штрека на угол, обеспечивающий более полное вписывание выработок в контур рудного тела.*

**Ключевые слова:** наклонные залежи, конструирование, камерная система разработки, закладка, подземная разработка.

#### **Abstract:**

*The work is aimed at improving the technology of excavation of inclined ore deposits by constructing a variant of a chamber development system with a bookmark, taking into account the factors that increase safety, reducing*

*losses and dilution during a mining excavation, reducing the volume of GPRs ensuring a minimum cost of mining, ort (saddle) with respect to the venting-gating drift to an angle that ensures a more complete inscription of the excavations into the contour of the ore body.*

**Key words:** *inclined deposits, design, chamber system of development, laying, underground development.*

Важную роль в обеспечении народного хозяйства страны высококачественным сырьем играет подземная разработка месторождений полезных ископаемых [1-9]. В решениях современных актуальных задач рационального и комплексного использования недр, одна из главных ролей принадлежит технологиям разработки полезных ископаемых. Опыт отработки наклонных рудных залежей ценных руд показывает, что наиболее распространенными технологиями являются камерные системы разработки с закладкой. Высокие затраты при использовании данных геотехнологий компенсируются следующими преимуществами перед другими способами разработки [1, 2, 7]:

- Эффективность управления горно-механическими процессами, создание безопасных условий труда, в том числе в массивах, склонных к горным ударам. Системы с закладкой способны хорошо адаптироваться к сложным геомеханическим условиям разработок;
- Высокие показатели полноты и качества извлечения запасов. Учитывая невозобновляемость и истощимость месторождений минерального сырья, особенно рудных ископаемых, значимость этого преимущества постоянно возрастает;
- Удовлетворительные затратные показатели по системе разработки и интенсивность очистной выемки;
- Охрана земной поверхности, сооружений, природных и социальных объектов от вредного влияния подземных горных работ. Закладка выработанного пространства предотвращает опасные движения и нарушения земной поверхности;
- Возможность утилизировать отходы производства. Для приготовления закладочных смесей широко используются «хвосты» обогатительных фабрик, отвальные породы от вскрышных и проходческих работ, гранулированные шлаки металлургического производства, золы ТЭЦ и т.д. Применение систем разработки с закладкой позволяет создавать безотходную геотехнологию подземной добычи руд, отказаться от размещения отвалов и хвостохранилищ на земной поверхности.

Из основных недостатков при разработке наклонных залежей камерными системами с закладкой необходимо отметить:

- сложность соблюдения проектного контура очистной выемки;
- увеличенный объем потерянной руды и примешанных пород на контакте руда-порода;

потеря качества полезного ископаемого в процессе добычи (разубоживание) [5-12].

Вариант отработки наклонных залежей камерной системой разработки с закладкой, применяемый на рудниках Норильского горно-металлургического комбината представлен на рис.1.

Отработка залежи ведётся по простиранию рудного тела, сверху вниз. Месторождения рудное тело по простиранию разбивается на секции ленты. Ленты обрабатываются камерами, которые находятся под защитным бетонным слоем.

Горно-подготовительные работы в блоке заключаются в проведении транспортного и вентиляционно-закладочного штреков, рудоспуска, слоевого орта и заездов на транспортный штрек. Нарезные работы начинаются с прохождения разрезного штрека из слоевого орта. Затем из разрезного орта забуриваются верхние восходящие комплекты буровых скважин. Отбитую руду до рудоспуска транспортируют погрузочно-доставочными машинами (ПДМ).

После выемки руды в устье заходки возводится перемычка и затем выработанное пространство заполняется твердеющей смесью. Смесью подаётся из вентиляционно-закладочного штрека через закладочный трубопровод.

Недостатками данного варианта системы разработки являются:

- повышенный объём ГПР за счёт проходки заездов;
- невысокая интенсивность отработки по сравнению с камерно-целиковой системой разработки.

Вариант отработки наклонных залежей камерно-целиковой системой разработки, применяемой на Ачисайском полиметаллическом комбинате представлен на рис. 2. Камеры при отработке располагаются по простиранию рудного тела.

Недостатком данного варианта системы разработки является оставление в целиках более 35-50% запасов полезного ископаемого. Достоинство рассматриваемой системы разработки состоит в отсутствии наклонных съездов, пройденных по пустым породам.

В предлагаемой системе разработки выемка осуществляется не горизонтальными, пройденными по простиранию залежи, а наклонными камерами. Применение наклонных камер позволяет избавиться от необходимости проведения наклонных съездов, служащих для

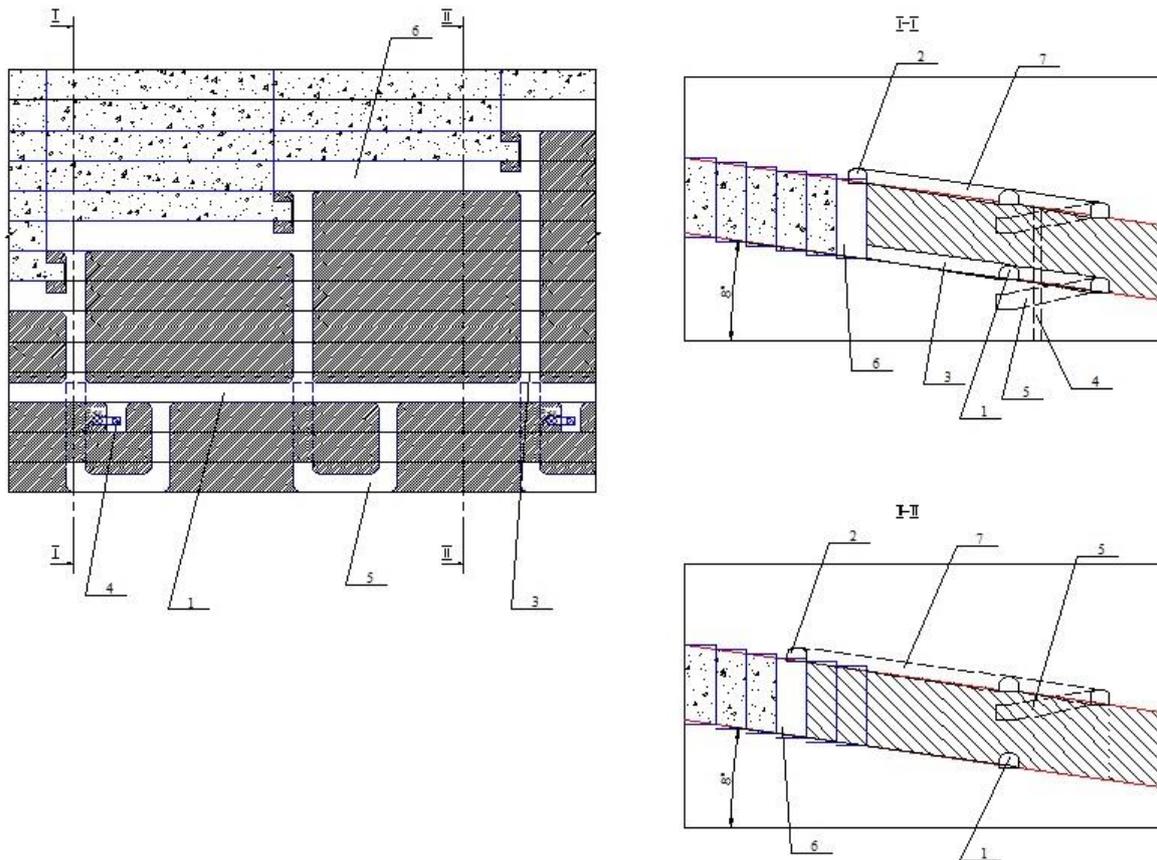


Рис. 1. Вариант системы разработки применяемый на рудниках Норильского горно-металлургического комбината: 1 - доставочный штрек; 2 – вентиляционно-закладочный штрек; 3 – слоевой орт; 4 – рудоспуск; 5 – заезд; 6 – камера; 7 – вентиляционно-закладочный уклон  
 Fig. 1. A variant of the development system used at the mines of the Norilsk Mining and Metallurgical Combine.

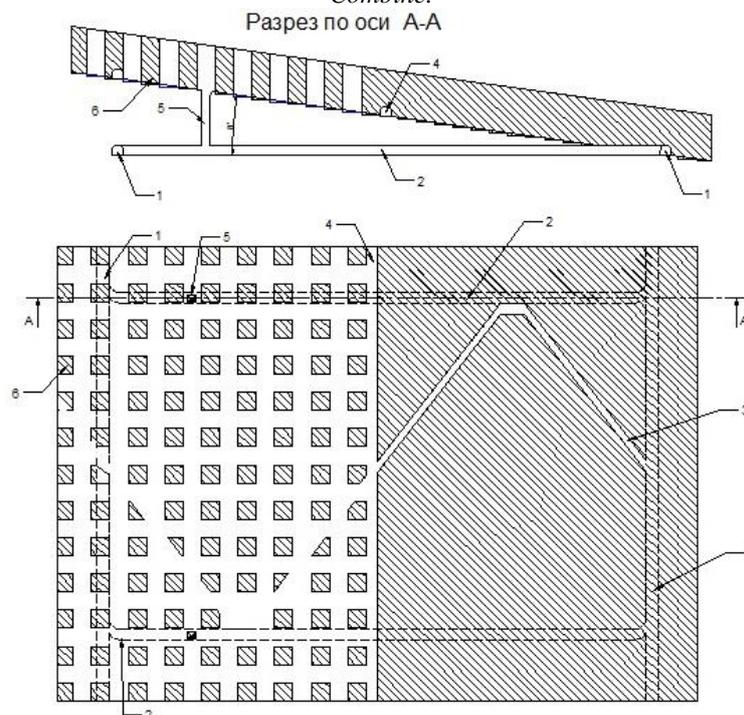
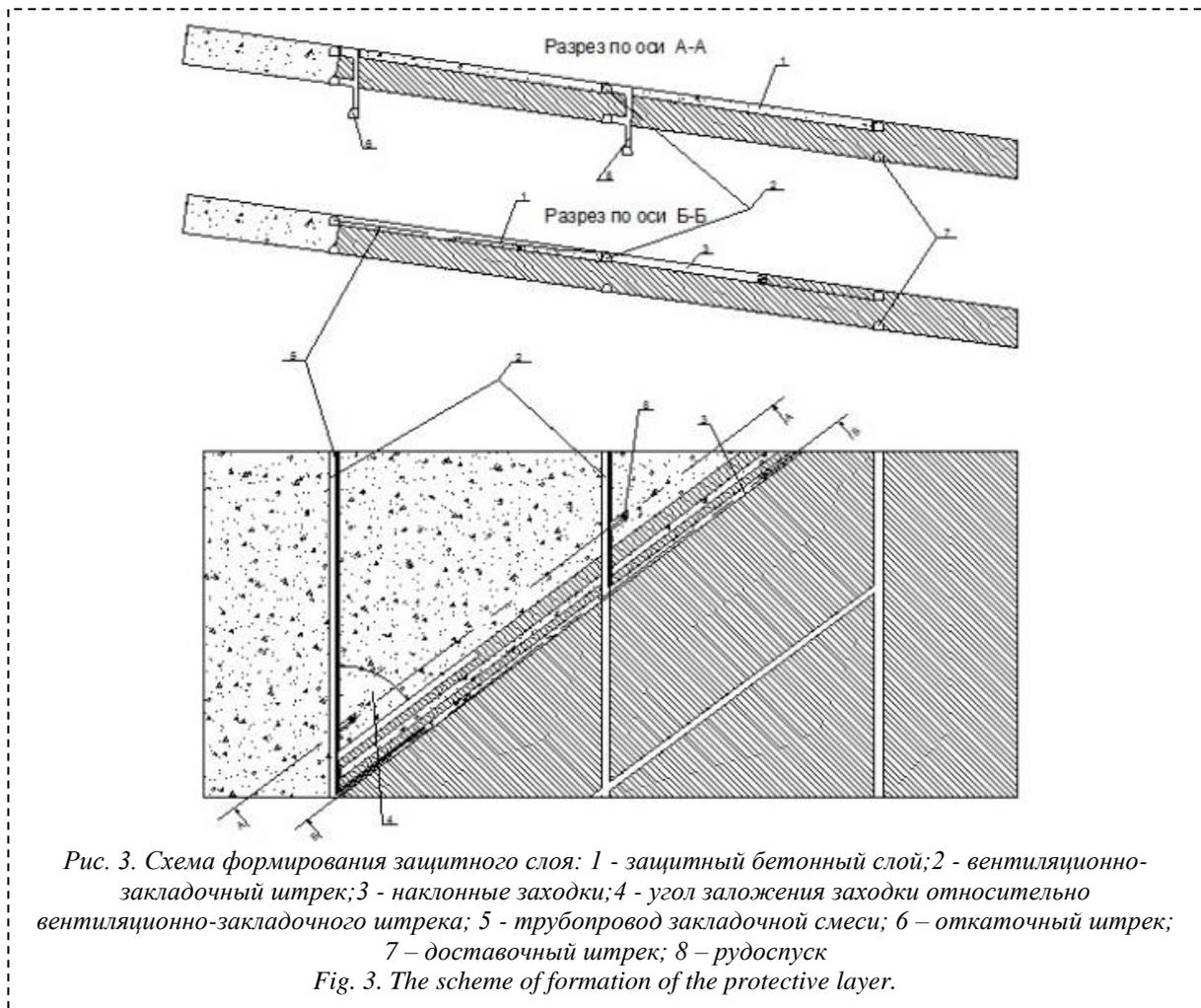


Рис. 2. Камерно-целиковая система разработки: 1- откаточный штрек; 2- откаточный квершлаг; 3 – диагональные съезды; 4 – разрезной штрек; 5- рудоспуск; 6 – предохранительный целик  
 Fig. 2. The whole-chamber development system.



заезда на доставочный горизонт, обеспечить более полное вписывание контура камеры в контуры рудного тела.

На основе рассмотренных методов отработки наклонных залежей был сконструирован вариант камерной системы разработки с закладкой [13-15]. Систему разработки возможно воспроизвести в двух вариантах:

1. С защитным слоем;
2. Без защитного слоя.

Проходка защитного слоя обязательно проводится при ведении горных работ на больших глубинах, в условиях повышенного горного давления, неустойчивых вмещающих породах. При устойчивых рудах и вмещающих породах, небольшой глубине отработки, отсутствии повышенного горного давления, проходка защитного слоя не обязательна к применению.

На рис. 3 представлена технология подготовки и нарезки защитного слоя.

Формирование защитного слоя ведётся вкрест простирания рудного тела. Технология формирования защитного слоя заключается в проведении вентиляционно-закладочного штрека по руде в верхней части рудного тела на контакте руда-порода. Из вентиляционно-закладочного

штрека проводятся наклонные заходки. Выемку слоёв производят в шахматном порядке для уменьшения времени отработки блока. После проведения заходки выработанное пространство заполняется твердеющей смесью. Смесь подаётся из вентиляционно-закладочного штрека через трубопровод.

Угол заложения заходки, относительно вентиляционно-закладочного штрека в горизонтальной плоскости, рассчитывается таким образом, чтобы угол подъема заходки соответствовал техническим возможностям погрузочно-доставочных машин и буровых установок, и рассчитывается по формуле:

$$\alpha_3 = \arcsin \left( \frac{\sin(\alpha_B)}{\tan(\alpha)} \right), \text{ град.},$$

где  $\alpha_3$  - угол заложения заходки относительно вентиляционно-закладочного штрека в горизонтальной плоскости, град.;  $\alpha_B$  - угол наклона выработки, град.;  $\alpha$  - угол падения залежи, град.

Различные углы заложения выработки в зависимости от угла падения залежи и угла наклона выработки приведены на рис. 4.

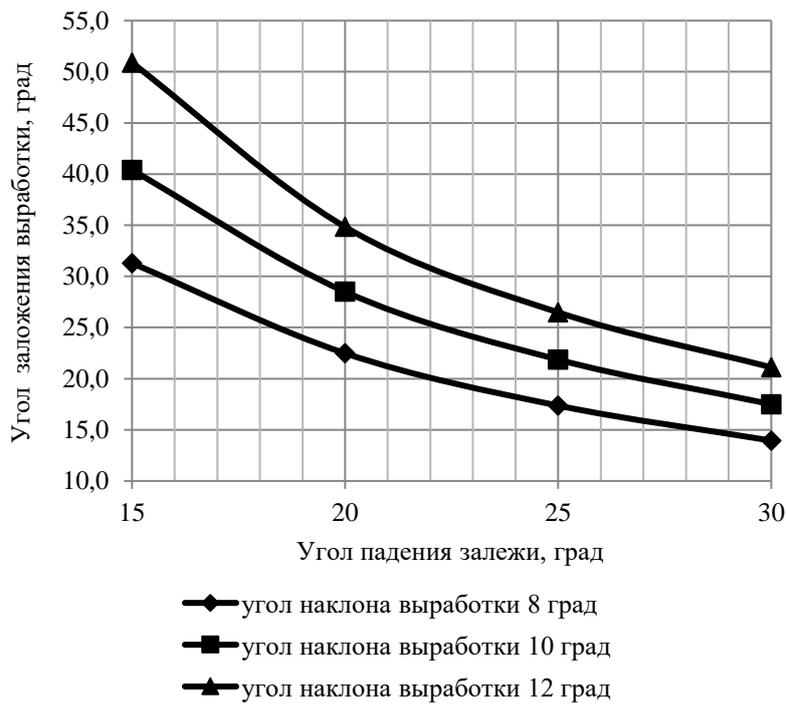


Рис. 4. Графики зависимости угла заложения выработки от угла падения залежи.  
 Fig. 4. Graphs of the dependence of the angle of development on the angle of incidence.

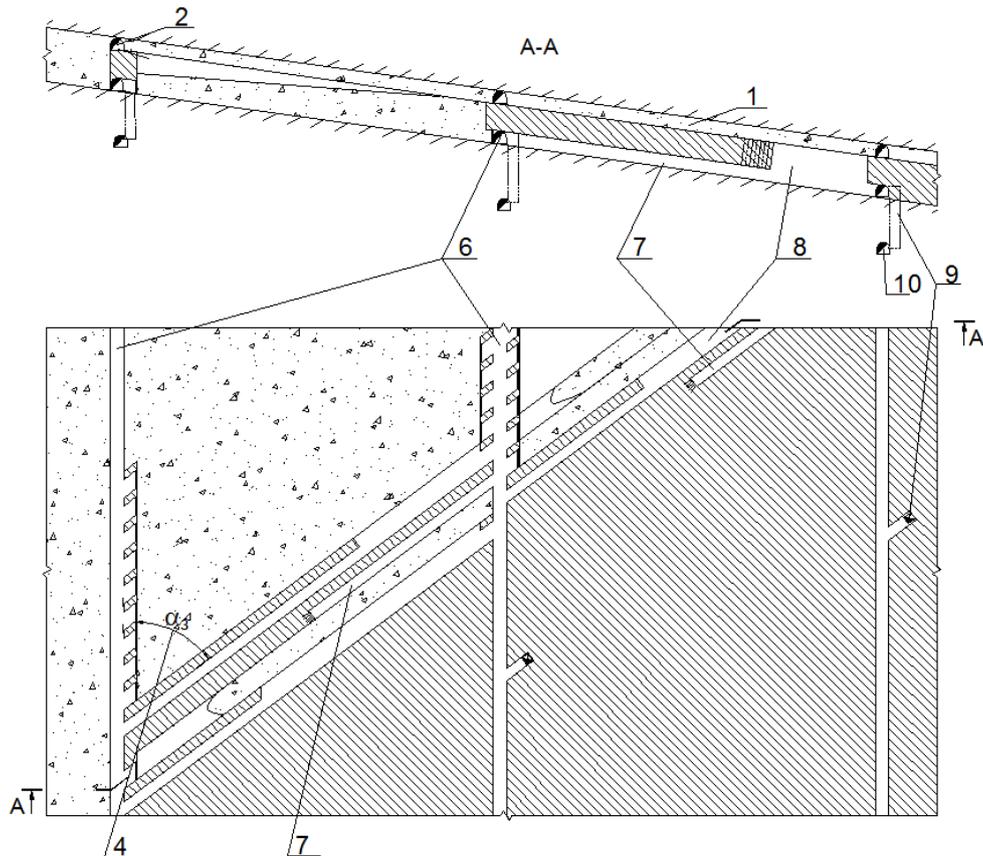


Рис. 5. Схема выемки камер вкрест простирания рудного тела:  
 1 - защитный бетонный слой; 2 - вентиляционно-закладочный штрек; 4 - угол заложения заходки относительно вентиляционно-закладочного штрека; 5 - трубопровод закладочной смеси; 6 - доставочный штрек; 7 - разрезной орт; 8 - камера; 9 - рудоспуск; 10- откаточный штрек  
 Fig. 5. Diagram of the excavation of chambers across the strike of the ore body.

После набора защитным слоем необходимой прочности осуществляется выемка камерами основных запасов. Выемка камер также происходит в шахматном порядке. Схема выемки камер представлена на рис. 5 и включает следующие этапы: по простиранию рудного тела проводится доставочный штрек; из доставочного штрека проводится разрезной орт, угол заложения разрезного орта относительно доставочного штрека определяется по вышеприведенной формуле; после сбойки разрезного штрека с вышележащим доставочным штреком осуществляется выемка камеры с применением скважинной отбойки, отбитая руда доставляется до рудоспуска, из которого отгружается в рудничный транспорт на откаточном штреке. После отработки камеры осуществляется заполнение камеры

твердеющей закладочной смесью, поступающей из вентиляционно-закладочного штрека через закладочные скважины.

Достоинствами предлагаемой системы разработки являются простая схема подготовки, высокая производительность труда (возможность применения скважинной отбойки и большегрузных погрузочно-доставочных машин на доставке), небольшой объем горно-подготовительных работ, пройденных по пустым породам, уменьшение объема потерянной руды и примешанных пород на контакте руда-порода, предусмотренный системой расчет угла заложения  $\alpha_z$  позволяет расположить наклонную заходку (разрезной орт) в пространстве таким образом, чтобы обеспечивалось вписывание стенок камеры в контур залежи.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агошков М.И. Разработка рудных и нерудных месторождений / М.И. Агошков, С.С. Борисов, В.А. Боярский. – М.: Недра, 1983. – с. 423.
2. Именитов В.Р. Процессы подземных горных работ при разработке рудных месторождений / В.Р. Именитов // Учебное пособие для вузов, 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1984. – 504 с.
3. Основы процессов производства и транспортирования закладочных смесей, при подземной разработке месторождений полезных ископаемых: учеб. Пособие / А.Н. Анушенков, А.Ю. Стовманенко, Е.П. Волков. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2015. – 208 с.
4. Feng Guang-Ming, Ding Yu, Zhu Hong-Ju, Bai Jian-Biao. Zhongguo kuangye daxue xuebao//Journal of China University of Mining and Technology. 2010. Vol. 39. № 6. P. 813-819.
5. Ермолович Е. А., Измestьев К. А. Исследование физико-механических свойств горно-металлургических отходов как компонентов твердеющих закладочных смесей//Горный информационно-аналитический бюллетень. 2012. № 10. С. 9-15.
6. Вильчинский В. Б., Трофимов А. В., Корейво А. Б., Галаов Р. Б., Марысюк В. П. Обоснование целесообразности применения систем разработки с закладочными смесями на рудниках Талнаха//Цветные металлы. 2014. № 9. С. 23-28.
7. Хайрутдинов М.М., Шаймярдянов И.К. Подземная геотехнология с закладкой выработанного пространства: недостатки, возможности совершенствования//Горный информационно-аналитический бюллетень. -2009. -№ 1. -С. 240-250.
8. Balaz P., Ficeriova J., Boldizarova E., Haber M., Jelen S., Kammel R. Thiosulfate leaching of gold from a mechanochemically pretreated complex sulfide concentrate/Proc. XXI IMPC, Rome, Italy, July 23-27, 2000. - Amsterdam, Elsevier, 2000. P. A6-74-A6-81.
9. Каплунов Д. Р., Рыльникова М. В., Арсентьев В. А., Квитка В. В., Маннанов Р. Ш. Новая технология и оборудование для высокопроизводительной закладки выработанного пространства при подземной отработке месторождений//Горный журнал. 2012. № 2. С. 41-43.
10. Hassani F. P., Benzaazoua M., Nokken M. Evaluation of the effect of sodium silicate addition to mine Backfill, Gelfill//22nd World Mining Congress & Expo. -Istanbul, 2011. Vol. 1. P. 317-324.
11. Гусев Ю.П., Березиков Е.П., Крупник Л.А., Шапошник Ю.Н., Шапошник С.Н. Ресурсосберегающие технологии добычи руды на Малеевском руднике Зыряновского ГОКа (АО «Казцинк»)//Горный журнал, 2008, №11, с.20-22.
12. Szponder D. K., Trybalski K. The determination of physico-chemical and mineralogical properties of fly ash used in mining industry//22nd World Mining Congress & Expo. -Istanbul, 2011. Vol. 2. P. 629-639.
13. Анушенков А.Н., Ахпашев Б.А., Алексеев Р.Р. Способ подземной разработки наклонных рудных залежей – патент на изобретение №2651727 / Режим доступа.- <https://elibrary.ru/item.asp?id=37366761> [23.04.2018].
14. Алексеев Р.Р., Ахпашев Б.А., Анушенков А.Н. Отработка наклонных залежей камерной системой разработки с закладкой// Земля, 2018, №1 стр. 21-26/ Режим доступа.- <https://elibrary.ru/item.asp?id=35618356> [05.01.2018].

15. Баранов А.О. Проектирование технологических схем и процессов подземной добычи руд: Справочное пособ. – М.: Недра, 1993, 283 с.

## REFERENCES

1. Agoshkov M. I., Borisov S. S., Boyarsky V. A. Development of ore and non-metallic deposits - Moscow, Nedra, 1983, 423 p. [In Russ]
2. Imenitov V. R. Processes of underground mining operations in the development of ore deposits. [Text] // Textbook for high schools, Moscow: Nedra 1984, 504 p. [In Russ]
3. Anushenkov A. N., Stovmanenko A. Yu., Volkov E. P. Fundamentals of the production and transportation of filling mixtures for underground mining of minerals: Proc. Manual - Krasnoyarsk, SFU, 2015, 208p. [In Russ]
4. Feng Guang-Ming, Ding Yu, Zhu Hong-Ju, Bai Jian-Biao. Zhongguo kuangye daxue xuebao//Journal of China University of Mining and Technology. 2010. Vol. 39. № 6. P. 813-819.
5. Ermolovitch E. A., Izmest'ev K. A. Study of the physicochemical properties of mining and metallurgical wastes as components of hardening filling mixtures // *Gornyy informacionno-analiticheskij bjulljuten'*. 2012. № 10. p. 9-15. [In Russ]
6. Vil'chinskij V. B., Trofimov A. V., Korejvo A. B., Galaov R. B., Marysjuk V. P. Rationale for the use of development systems with filling mixtures in the mines of Talnakh // *Cvetnye metally*. 2014. № 9. p. 23-28. [In Russ]
7. Hajrutdinov M.M., Shajmardjanov I.K. Underground geotechnology with stowage to mined-out areas: disadvantages and improvement feasibilities// *Gornyy informacionno-analiticheskij bjulljuten'*. -2009. -№ 1. -p 240-250. [In Russ]
8. Balaz P., Ficeriova J., Boldizarova E., Haber M., Jelen S., Kammel R. Thiosulfate leaching of gold from a mechanochemically pretreated complex sulfide concentrate/Proc. XXI IMPC, Rome, Italy, July 23-27, 2000. - Amsterdam, Elsevier, 2000. P. A6-74-A6-81.
9. Kaplunov D. R., Ryl'nikova M. V., Arsent'ev V. A., Kvitka V. V., Mannanov R. Sh. New technology and equipment for high-performance laying of the open space during underground mining of deposits // *Gornyy zhurnal*. 2012. № 2. p. 41-43. [In Russ]
10. Hassani F. P., Benzaazoua M., Nokken M. Evaluation of the effect of sodium silicate addition to mine Backfill, Gelfill//22nd World Mining Congress & Expo. -Istanbul, 2011. Vol. 1. P. 317-324.
11. Gusev Ju. P., Berezikov E. P., Krupnik L. A., Shaposhnik Ju. N., Shaposhnik S.N. Resource-saving technologies of ore mining at Maleevsky mine Zyryanovsky OPP (JSC «Kazzinc»)//*Gornyy zhurnal*, 2008, №11, p.20-22. [In Russ]
12. Szponder D. K., Trybalski K. The determination of physico-chemical and mineralogical properties of fly ash used in mining industry//22nd World Mining Congress & Expo. -Istanbul, 2011. Vol. 2. P. 629-639.
13. Anushenkov A.N., Akhpashev B.A., Alekseev R.R. The method of underground mining of inclined ore deposits - development patent №2651727 / Access mode .- <https://elibrary.ru/item.asp?id=37366761> [23.04.2018].
14. Alekseev R.R., Akhpashev B.A., Anushenkov A.N. Development of inclined deposits of the development chamber system with a bookmark // *Earth*, 2018, No. 1 p. 21-26 / Access mode.- <https://elibrary.ru/item.asp?id=35618356> [05.01.2018].
15. Baranov A.O. The design of technological schemes and processes of underground ore mining: a reference guide. - M.: Nedra, 1993, 283 p.

Поступило в редакцию 10.12.2019

Received 10 December 2019