

THE METHODOLOGY OF THE PREDESIGN ASSESSMENT OF ROCK MASSIFS' EXPLOSIBILITY IN OPEN PITS

Dunaev V. A.¹, Head of the Department of Geology and Geoinformatics, Professor, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, phone: +7 (4722) 34-65-96

Seryy S. S.¹, Deputy Chief Executive Officer of Scientific Work, Candidate of Engineering Sciences

Ignatenko I. M.¹, Researcher, Candidate of Engineering Science

Ovsyannikov A. N.², Post-Graduate Student

¹ "VIOGEM" JSC (Belgorod, Russia)

² Belgorod State University (Belgorod, Russia)

The authors developed the predesign assessment methodology of rocks explosibility and quality of explosive preparation of rock mass, along with realization technology of this methodology, including the following operations:

-remote (photometric) obtaining of the basic data about blockiness of rock massif and lumpiness of exploded rock mass;

-development of the deposit's rocks classification by blockiness and explosibility;

-modeling of a fissure grid geometry of separateness and anisotropy of fissuring intensity;

-formation of the open pit's field map by explosibility of rocks and, thereupon, designing of parameters of drilling and blasting operations, using the functional BlockBlast module of mining-and-geological program complex GIS GEOMIX on all stages of the process.

The blockiness assessment of rock massif with the unsystematic development of the separateness and lumpiness fissures of exploded rock mass is carried out, using a photograph by its fragmentation on the pieces, using F.Meyer's marker watershed algorithm. At first, with the system development of fissures in the rock massif, the fissures of a block-forming systems are vectorized on the photograph by various types of lines, and then, the required distances are determined by a perpendicular between the adjacent fissures of each system.

The anisotropy of the fissuring intensity of rock massifs with a parallelepiped separateness is characterized by the 3-d model of its form and orientation, and generally – by the flat tenzorial probability model (orientation of vectors of maximum and minimum fissuring intensity in the horizontal plane).

The positive approbation results of base blocks of the offered assessment methodology of rocks explosibility and quality of explosive preparation of rock mass in open pits of Stoylenskiy, Lebedinsky and Kovdor ore dressing and processing enterprises showed its prospectivity. It can be used at other mining enterprises with open-pit mining of mineral raw materials with one or another adaptation to the specific working conditions.

REFERENCES

1. Meyer F. Color image segmentation : the Collection of Materials of the International Conference on Image Processing and its Applications. Maastricht, Netherlands, 1992, pp. 303–306.

2. *Vremennaya klassifikatsiya gornyykh porod po stepeni treshchinovatosti v massive : informatsionnyy vypusk B-199* (Temporary classification of rocks by the fissuring degree in massif : informational issue B-199). Moscow : Skochinsky Institute of Mining, 1968, 30 p.

3. Kutuzov B. N., Lemesh N. I., Pluzhnikov V. F. *Gornyi Zhurnal — Mining Journal*, 1979, No. 2, pp. 41–43.

4. Yakobashvili O. P. Tsifrovaya seismometriya massivov gornyykh porod na karerakh (Numerical seismometry of rock massifs on open pits). *V knige : Aktualnye problemy osvoeniya mestorozhdeniy i ispolzovaniya mineralnogo syr'ya* (In the book: Actual problems of development of deposits and using the mineral raw materials). Moscow : Moscow State Mining University Publ., 1993, pp. 71–91.

5. Redkin G. M. *Nestatsionarnoe anizotropnoe matematicheskoe modelirovanie neodnorodnostey sistem mineralnogo syr'ya* (Non-stationary anisotropic mathematical modelling of the heterogeneity of mineral raw materials' systems). Moscow : Publishing House of Association of the Universities of Civil Engineering, 2007, 500 p.

УДК 622.272.3:622.274.41.001.5

С. В. СЕРГЕЕВ, Д. А. ЗАЙЦЕВ (Белгородский государственный университет)

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ЗАКЛАДОЧНОГО МАССИВА ПРИ РАЗРАБОТКЕ ЯКОВЛЕВСКОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ



С. В. СЕРГЕЕВ,
зав. кафедрой,
проф., д-р техн. наук



Д. А. ЗАЙЦЕВ,
аспирант

Представлены результаты исследования условий формирования закладочных массивов при разработке Яковлевского месторождения КМА. Рекомендовано использовать благоприятные для обеспечения нормативной прочности закладочного массива естественные и техногенные температурные и влажностные параметры в подземном руднике в целях повышения безопасности работ и приближения срока возобновления очистных работ на прилегающих участках.

Ключевые слова: железорудное месторождение, подземный рудник, геотермический градиент, водообильность, закладка выработанных пространств, формирование закладочного массива, термовлажностные условия.

Разработка Яковлевского месторождения в Белгородском железорудном районе КМА сопряжена с трудностями освоения подземного пространства из-за сложных гидрогеологических и горнотехнических условий. В первую очередь к ним следует отнести залегание рудного тела под мощной (более 550 м) осадочной тол-

щей с заключенной в ней системой высоконапорных (до 4 МПа) водоносных горизонтов, а также проведение горных выработок в неустойчивых и весьма неустойчивых рыхлых богатых рудах [1]. Эти факторы определили выбор нисходящей слоевой системы разработки с

закладкой выработанного пространства твердеющими смесями в качестве основного способа обеспечения безопасного и экономически приемлемого освоения месторождения.

Для приготовления закладочных смесей в качестве вяжущего материала используют портландцемент класса 32,5Б (ЦЕМ II/A-Ш 32,5Б) или 32,5Н (ЦЕМ II/A-Ш 32,5Н), в качестве заполнителя — природный песок из карьера «Большие Маячки», расположенного рядом с технологическими комплексами Яковлевского рудника. Не исключена возможность применения вместе с песком дробленого щебня фракции –10 мм из скальных пород и шлаковых отходов черной и цветной металлургии после проведения соответствующих лабораторных и опытно-промышленных испытаний.

Закладочные работы выполняют с минимальным отставанием во времени после завершения очистных работ. Сначала армируют нижний (несущий) слой выработки сварной сеткой с размером ячеек 100×100 мм из проволоки диаметром 5–6 мм в комбинации с вертикальной арматурой, затем подают закладочную смесь в нижний слой на высоту 2,5 м (с нормативной прочностью 10 МПа), после схватывания и усадки которого доливают

верхнюю часть заходки малопрочной (1 МПа) смесью. Нормативная прочность закладочного массива нижележащих очистных слоев под защитной потолочной составляет 4 МПа, в сопряжениях выработок — не ниже 6 МПа [2].

В одном из эксплуатационных блоков шахтного поля строящегося Яковлевского рудника проведены исследования напряженно-деформированного состояния (НДС) формируемого закладочного массива с использованием струнных преобразователей деформаций для оценки изменения напряжений в закладочном массиве в процессе проведения горных выработок в эксплуатационном блоке.

В соответствии с программой работ [3], кроме контроля развития деформаций, исследован температурный режим при формировании закладочного массива. Для измерения температуры использованы простые и надежные струнные преобразователи температуры ПТС-60 омического сопротивления (ТУ-34-28-15501-77), позволяющие контролировать изменение теплового показателя в интервале от –20 до +60 °С. Датчики размещали перед подачей в очистное пространство закладочной смеси, температурный регистратор ПТС-60 закрепляли на высоте 1,5–2 м от почвы выработки (рис. 1).

Изучение теплового режима формируемого закладочного массива является важным информативным звеном в его диагностике. Строительной практикой установлено [4], что оптимальными для твердения цементно-песчаных смесей являются теплые и влажные среды. Химические реакции минералов цементного клинкера с водой перестают действовать, если бетон высыхает или вода замерзает. Нормальные условия твердения цементного бетона (при температуре 18–22 °С и относительной влажности воздуха 95–100 %) обеспечивают оптимальные темпы нарастания прочности — через 28 сут бетон набирает марочную прочность.

Значительные глубины ведения горных работ на Яковлевском руднике сами по себе способствуют обеспечению благоприятных условий для формирования закладочного массива за счет геотермического градиента повышения температуры природного массива (в среднем на 3 °С на каждые 100 м увеличения глубины), однако при этом следует учитывать геологические особенности месторождения, эндогенную активность региона, а также неоднородную теплопроводность горных пород [5].

На стадии геологоразведочных работ (1955–1957 гг.) для оценки возможности и технологий применения замораживания при строительстве шахтных стволов было проведено изучение теплофизических свойств горных пород и температурного режима подземных вод на Яковлевском месторождении. По данным [6], определение геотермической ступени проводили с использованием электротермометра типа ЭС-СБУ при сопротивлении изоляции 12 МОм и скорости подъема 300 м/ч. Геотермические исследования проводили на скважинах № 22, 31Ц, 76 и 171 режимной сети, пробуренных и оборудованных для наблюдений за 10 мес до производства работ. Анализ полученных данных показал, что на глубине 550–725 м температура в рудном массиве изменилась от 23 до 27 °С. Эти данные хорошо согласуются с

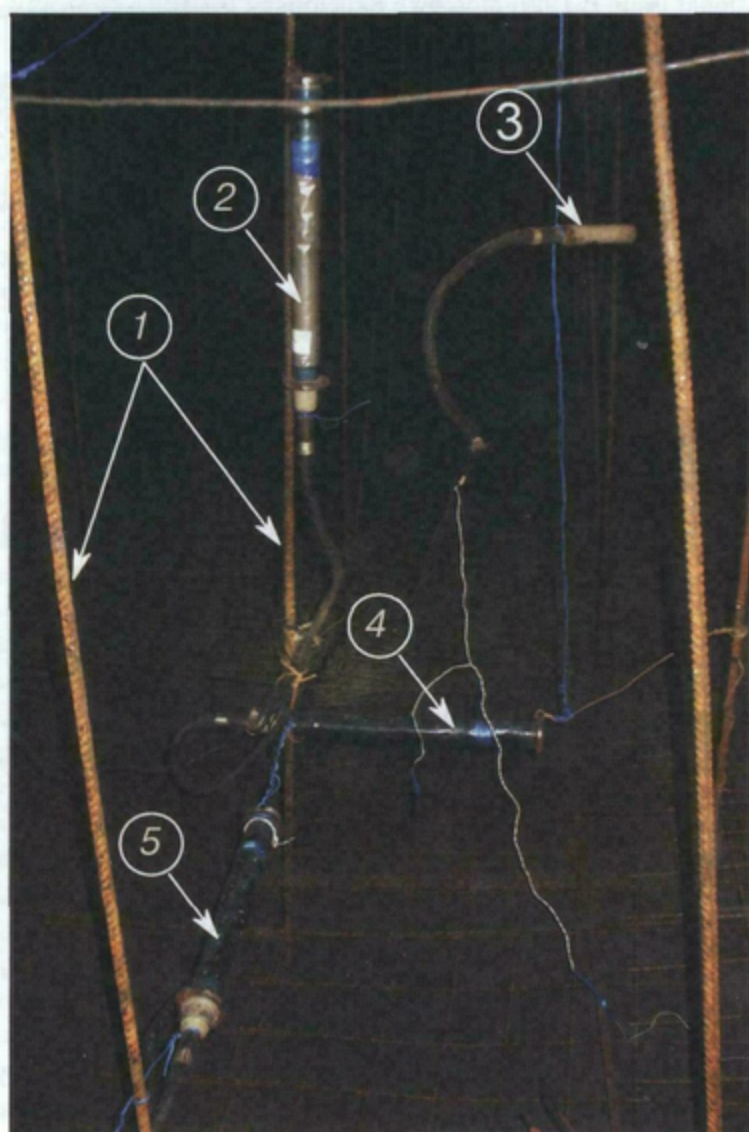


Рис. 1. Схема размещения тензометрической аппаратуры в выработке:

1 — элементы вертикальной армировки; 2 — вертикальный деформометр; 3 — датчик температуры; 4 — поперечный деформометр; 5 — осевой деформометр

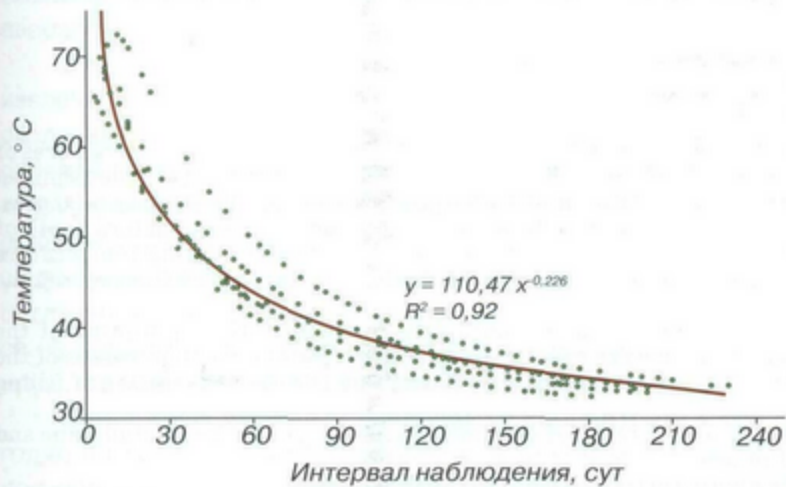


Рис. 2. Результаты замеров температуры разогрева и остывания твердеющей закладочной смеси во времени

результатами современных замеров температуры в очистных забоях горных выработок на горизонте –370 м.

Освоение Яковлевского месторождения осуществляется в сложных гидрогеологических условиях при наличии локальных зон рудного массива с повышенной влажностью и не полностью дренированных участков в краевых частях депрессионной воронки рудно-кристаллического водоносного горизонта. Кроме того, при подработке водоупорных отложений возможно появление вод нижекаменноугольного водоносного горизонта. Вместе с тем технологическое поступление воды при дренаже закладочной смеси, промывке трубопроводов закладочного хозяйства и буровых работах также способствуют постоянному сохранению естественной относительной влажности воздуха на уровне 100 %. Наиболее интенсивно происходит выделение дополнительной воды за счет парообразования в первые трое суток после поступления закладочной смеси в выработанное пространство.

Таким образом, естественные и техногенные термовлажностные условия, сопровождающие процесс формирования закладочного массива в подземном выработанном пространстве Яковлевского рудника, классифицируются как благоприятные и соответствующие нормальным условиям твердения строительных бетонов.

При проведении экспериментальных работ установлено, что происходит сохраняющийся долгое время экзотермический разогрев массы твердеющей закладки за счет химических процессов гидратации цемента: через 90 сут температура в центре вертикального сечения горной выработки сохраняется на уровне 40 °С. Этот тепловой эффект следует интерпретировать как положительный фактор дополнительной термообработки закладочного массива.

В процессе исследований выполнено около 300 замеров температуры закладочного массива по всем установленным наблюдательным станциям. Статистическая обработка результатов наблюдений показала, что разогрев закладочного массива происходит в первые 5–7 сут. В этот период температура достигает свое-

го максимума, повышаясь до 66–72 °С. Фактически зафиксированная средняя максимальная температура по всем установленным замерным станциям составила 69,1 °С при среднеквадратичном отклонении 2,5 °С. Доверительный интервал средней максимальной температуры разогревания закладочного массива с надежностью 95 % составил 69,1±2,7 °С. Вслед за интервалом повышения температуры отмечена относительная стабилизация теплового режима закладочного массива в течение 1–2 сут с сохранением набранной температуры в пределах достигнутых максимумов. В дальнейшем происходит его остывание, сопровождающееся снижением фиксируемых величин температуры (рис. 2).

Согласно СН 290-74 «Инструкция по приготовлению и применению строительных растворов», при сохранении температуры окружающего массива на уровне 35–40 °С набор нормативной прочности для возраста 28 сут может быть достигнут значительно быстрее — через 16–18 сут. Сокращение времени набора нормативной прочности закладочного массива является весьма эффективным фактором, обеспечивая повышение безопасности работы горного персонала и позволяя приблизить сроки возобновления очистных работ на участках вблизи сформированного закладочного массива.

Библиографический список

1. Обоснование безопасных условий отработки Яковлевского железорудного месторождения под неосушенным нижекарбонным водоносным комплексом без сооружения водонепроницаемых перемычек: отчет о НИР / рук. работ Г. Н. Гензель. — Белгород : НТЦ «НОВОТЭК», 2004. — 122 с.
2. Сергеев С. В., Лябах А. И., Зайцев Д. А. Опыт разработки богатых железных руд Яковлевского месторождения КМА // Научные ведомости БелГУ. 2011. № 3. Вып. 14. С. 200–208.
3. Сергеев С. В., Зайцев Д. А. Перспективные методы контроля деформирования закладочного массива при слоевой системе разработки богатых железных руд // Известия ТулГУ. Науки о Земле. 2011. Вып. 1. С. 365–371.
4. Черкасов Г. И. Введение в технологию бетона. — Иркутск : Восточно-Сибирское книжное изд-во, 1974. — 311 с.
5. Монтянова А. Н. Формирование закладочных массивов при разработке алмазных месторождений в криолитозоне. — М. : Горная книга, 2005. — 597 с.
6. О геологоразведочных и поисковых работах, произведенных на Яковлевском железорудном месторождении Белгородского железорудного района КМА (по состоянию на 1 октября 1958 г.). Кн. 2: Гидрогеологические и инженерно-геологические условия Яковлевского месторождения Белгородского железорудного района КМА: отчет / рук. работ А. А. Саар и др. — М., 1958. — 254 с. [Ж]

Сергеев Сергей Валентинович,
e-mail: sergeev@bsu.edu.ru
Зайцев Денис Александрович,
e-mail: zossen45@yandex.ru

RESEARCH OF A TEMPERATURE MODE OF THE FILLING MASSIF DURING THE DEVELOPMENT OF YAKOVLEVSKIY IRON-ORE DEPOSIT

Sergeev S. V.¹, Head of a Chair, Professor, Doctor of Engineering Sciences
 Zaytsev D. A.¹ Post-Graduate Student, e-mail: zossen45@yandex.ru

¹ Belgorod National Research State University (Belgorod, Russia)

The paper presents the research results of the formation conditions of filling mass during the development of rich iron ores of Yakovlevskiy deposit of Kursk Magnetic Anomaly. The severe mining and hydrogeological conditions of the deposit determined the usage of layerwise development system with the descending processing order and with a goaf stowing by the solidity mixtures. The experimental works were carried out in one of the operational units of Yakovlevskiy mine, at more than 600 meters depth of mining operations. The strain gauge monitoring stations of the stress-strain state of the massif include the string temperature converters STC-60 (ИТС-60) with an ohmic resistance. These temperature converters are applied as a means of the thermal regime monitoring of filling massif.

There are also established natural factors, which determine the environmental humidity conditions of deep mining at the mine. The sizes and duration of the exothermic reheating of solid stowing were practically set due to the chemical processes of the cement hydration, which should be considered as an anthropogenic factor, which has an influence on the thermal regime of filling massif.

With the object to improve the work safety and drawing near the resumption of second workings in the underground mine and surrounding areas, the following parameters are recommended to use:

- the parameters, which are favorable for the ensuring of the characteristic strength of filling massif;
- natural and anthropogenic parameters;
- temperature and humidity parameters.

Key words: deep iron ore mine, underground mine, geotermic gradient, water abundance, goaf stowing, formation of filling area, temperature and humidity conditions.

References

1. *Obosnovanie bezopasnykh usloviy otrabotki Yakovlevskogo zhelezorudnogo mestorozhdeniya pod neosushennym nizhnekarbonovym vodonosnym kompleksom bez sooruzheniya vodonepronitsaemykh peremychek: otchet o nauchno-issledovatel'skoy rabote* (Substantiation of safety development conditions of Yakovlevskiy iron ore deposit under the undrained low carboxylic water-bearing complex without the construction of waterproof dams: report about the scientific and research work). Operations manager G. N. Genzel. Belgorod: «NOVOTEK» Scientific and Research Center, 2004, 122 p.
2. Sergeev S. V., Lyabakh A. I., Zaytsev D. A. *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo Gosudarstvennogo Universiteta — Scientific bulletin of Belgorod State University*, 2011, No. 3, Iss. 14, pp. 200–208.
3. Sergeev S. V., Zaytsev D. A. *Izvestiya Tulsogo Gosudarstvennogo Universiteta. Nauki o Zemle — Bulletin of Tula State University. Sciences about Earth*, 2011, Iss. 1, pp. 365–371.
4. Cherkasov G. I. *Vvedenie v tekhnologiyu betona* (Introduction to the concrete technology). Irkutsk: East Siberian book Publ., 1974, 311 p.
5. Montyanova A. N. *Formirovanie zakladochnykh massivov pri razrabotkealmaznykh mestorozhdeniy v kriolitozone* (Formation of filling mass with a development of diamond deposits in the cryolite zone). Moscow: Gornaya Kniga, 2005, 597 p.
6. *O geologorazvedochnykh i poiskovykh rabotakh, proizvedennykh na Yakovlevskom zhelezorudnom mestorozhdenii Belgorodskogo zhelezorudnogo rayona Kurskoy Magnitnoy Anomalii (po sostoyaniyu na 1 oktyabrya 1958 goda). Kniga 2: Gidrogeologicheskie i inzhenerno-geologicheskie usloviya Yakovlevskogo mestorozhdeniya Belgorodskogo zhelezorudnogo rayona KMA: otchet* (About the geological prospecting and searching works, which were held on Yakovlevskiy iron ore deposit of Belgorod iron ore area of Kursk Magnetic Anomaly (as of 1 October 1958). Book 2: Hydrogeological and engineering and geological conditions of Yakovlevskiy deposit of Belgorod iron ore area of Kursk Magnetic Anomaly: report). Operational managers A. A. Saar et al. Moscow, 1958, 254 p.

УДК 622.272/.275

Е. А. ЕРМОЛОВИЧ, И. А. ШОК (Белгородский государственный университет)

ТЕХНОГЕННЫЕ ОТХОДЫ В СОСТАВЕ ЗАКЛАДОЧНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ



Е. А. ЕРМОЛОВИЧ,
доцент,
канд. техн. наук



И. А. ШОК,
доцент,
канд. техн. наук

В бассейне Курской магнитной аномалии (КМА) производится в настоящее время более половины железорудного концентрата России. Отметим, что действующие ГОКи региона приближаются к предельным глубинам открытых горных работ (500 м). Это диктует необходимость их перехода на комбинированную (открыто-под-

Представлены экологически рациональные мало- и бесцементные составы литых и пастовых закладочных композиций на основе техногенных отходов. Приведены их физико-механические свойства. Доказана нецелесообразность обесшламливания закладочного материала.

Ключевые слова: Курская магнитная аномалия, закладка выработанного пространства, отходы обогащения железистых кварцитов, сверхтонкое измельчение, суперпластификатор.

земную) и подземную технологии. Для обеспечения полноты извлечения полезного ископаемого целесообразно доработку месторождений подземным способом осуществлять с применением систем с закладкой выработанного пространства. Но высокие затраты на проведение закладочных работ, которые достигают 65 % расходов на добычу, в том числе до 60 % — на основной вяжущий