

Обоснование возможности применения анкерной крепи горных выработок в условиях обводненных и ослабленных пород

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2018-12-21-25>

В статье освещены результаты оценки возможности применения анкерной крепи в качестве основного вида крепления при поддержании горных выработок в особо сложных горно-геологических условиях, с прочностью пород, не позволяющей применять анкерную крепь.

Ключевые слова: горные выработки, анкерная крепь, горно-геологические условия, прочность пород, крепление выработок, упрочнение массива.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время, в соответствии с п. 1 приложения № 10 к Инструкции [1], в слабых, трещиноватых и тонкослоистых породах (с расчетной прочностью пород кровли менее 25 МПа и угля – менее 10 МПа, пород в боках – менее 20 МПа и угля – менее 6 МПа) анкерная крепь, в сочетании с металлическими подхватами и решетчатыми затяжками, применяется только при условии упрочнения нагнетанием вяжущих растворов с доведением расчетного сопротивления R_c до вышеназванных величин. В связи с этим анкерная крепь в сложных горно-геологических условиях АО «Воркутауголь» СП «Шахта «Воргашорская» не применяется, и основным видом крепи на настоящий момент является рамная крепь, что влечет за собой низкие показатели темпов проведения горных выработок, значительный объем потребления материальных и физических ресурсов и, как следствие, высокие финансовые затраты.

На основании этого специалистами ООО «РАНК 2» в сотрудничестве с техническими службами шахты, было принято решение провести комплексные научно-прикладные исследования с детальным изучением фактических горно-геологических условий и определением возможности применения анкерного крепления [2].

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АНКЕРОВ

Проведенная оценка горно-геологических условий конвейерного штрека № 141-ю показывает, что:

- ложная кровля выработки представляет собой легкообрушаемый слой аргиллита мощностью до 0,7 м;
- выявлено наличие сильнотрещиноватой слабоустойчивой кровли, примыкающей к зоне тектонических нарушений;
- непосредственная кровля представлена алевролитом и способна расслаиваться по напластованию до тонкоплитчатого состояния;

ДУДИН Артем Александрович

Заместитель директора по инженерно-исследовательской работе
ООО НИЦ-ИПГП «РАНК»,
650992, г. Кемерово, Россия,
тел.: +7 (905) 968-82-97,
e-mail: pf.nits-ipgp@yandex.ru

ВАХРУШЕВ Евгений Владимирович

Начальник проектного отдела
ООО НИЦ-ИПГП «РАНК»,
650992, г. Кемерово, Россия

ЗЛОБИН Семен Евгеньевич

Инженер-проектировщик
ООО НИЦ-ИПГП «РАНК»,
650992, г. Кемерово, Россия

ПРОКОФЬЕВ Андрей Станиславович

Главный инженер
СП «Шахта «Воргашорская»,
169933, г. Воркута, Россия

ПАЙКИН Денис Игоревич

Заместитель технического директора АО «Воркутауголь»,
169908, г. Воркута, Россия

ЛЫСЕНКО Максим Владимирович

Заместитель директора по научной работе и инновациям ООО НИЦ-ИПГП «РАНК»,
650992, г. Кемерово, Россия,
тел.: +7 (913) 323-33-73,
e-mail: limak2@yandex.ru

– водоприток подготовительных выработок составляет 5-10 м³/час, а также присутствует струйчатый капеж в забое горной выработки.

На основании исследований, проведенных на конвейерном штреке № 141-ю, установлено:

- фактическая крепость пород по результатам отбора керн на участке конвейерного штрека № 141-ю (ПК15+2м) с учетом влияния обводненности равна 2,2 по М.М. Прото-

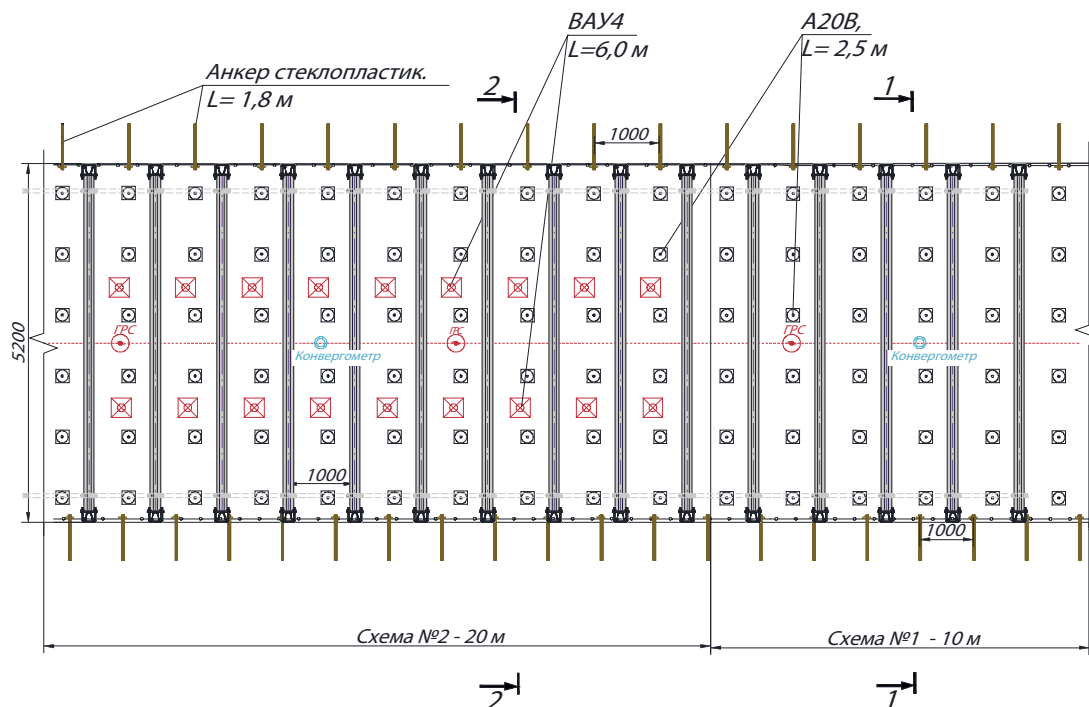


Рис. 1. Схема крепления и усиления крепи экспериментального участка, протяженностью 30 м, закрепленного на конвейерном штреке № 141-ю

для коноу, что является недопустимым для применения только анкерной крепи, в связи с чем был выполнен расчет параметров комбинированной крепи;

– максимальная глубина распространения трещиноватости массива вмещающих пород горной выработки составляет 2,07 м.

Для оценки возможности применения анкеров в качестве основного вида крепи конвейерного штрека № 141-ю был закреплен экспериментальный участок по специальной технологии – работы по креплению экспериментального участка анкерами выполнялись под защитой рамной крепи МТПШ [3]. С целью обеспечения «чистоты» эксперимента верхняки и стойки рамной крепи устанавливались таким образом, чтобы отсутствовал их непосредственный контакт с кровлей и боками выработки [4].

Мониторинг смещений пород кровли осуществлялся вне зоны влияния очистного забоя посредством установки глубинных реперов РГЗ с шагом 5 м. Для измерения смещений кровли и почвы, а также контроля состояния закрепленного приконтурного массива горных пород были установлены конвергометры КШ1.

Схема крепления экспериментального участка представлена на рис. 1. На протяжении периода обследования показания смещений конвергометров не превысили 3 мм (рис. 2, 3). Смещения почвы выявлены не были. Смещения датчиков РГЗ также не превышали 3 мм.

При детальном анализе ствола скважины, отбуренной в кровле конвейерного штрека № 141-ю (ПК20+3 м) установлено, что раскрытие трещины отрыва не превышает 5 мм (рис. 4).

Так как анкерная крепь в сочетании с металлическими подхватами и решетчатыми затяжками применяется при условии упрочнения пород и угля путем нагнетания в них вяжущих растворов с доведением расчет-



Рис. 2. Показания смещений конвергометра №1 за период обследования



Рис. 3. Показания смещений конвергометра №2 за период обследования

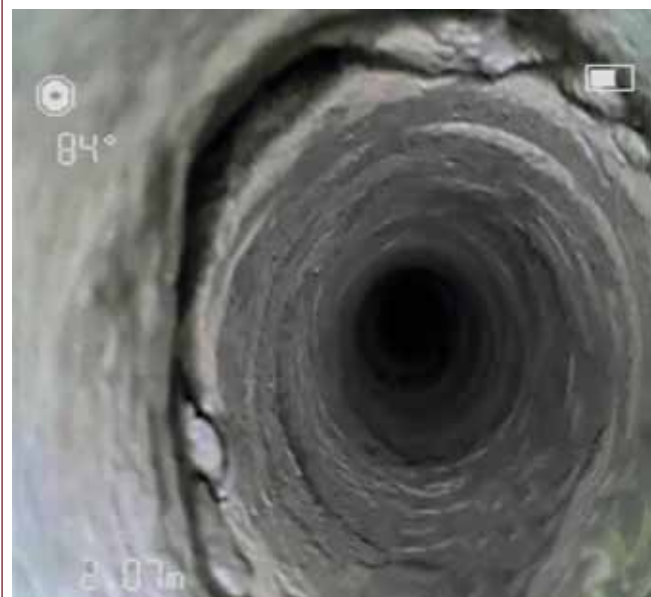


Рис. 4. Субгоризонтальная трещина отрыва полукрытого типа в скважине №2 (ПК20+3) на глубине 2,07 м

ного сопротивления R_c до 25 МПа, в соответствии с п. 1 приложения № 10 [1], а также с учетом данных видеозендоскопических исследований был выполнен расчет необходимого количества скрепляющего состава для упрочнения приконтурного массива [5, 6]:

$$\frac{d_c}{d_{ск} - d_a} = \frac{15,2}{28 - 22} = 2,5,$$

где d_c – диаметр стержня анкера, мм; $d_{ск}$ – диаметр скважины (шпура), мм; d_a – диаметр ампулы, мм.

На основании проведенных исследований и натурных испытаний [7] известно, что распределение скрепляющего состава по трещине осуществляется не менее чем на ширину выработки ($B_{тр}$) – 5,2 м. По результатам видеозендоскопических исследований скважин установлено, что раскрытие трещины отрыва ($h_{тр}$) составляет не более 5 мм. Таким образом, необходимый объем заполнения трещины составит:

$$V_{тр} = B \cdot h_{тр} \cdot n = 5,2 \cdot 0,005 \cdot 1 = 0,026 \text{ м}^3 = 26 \text{ л},$$

где B – ширина выработки, м; $h_{тр}$ – величина раскрытия трещины, м; n – шаг установки крепи, м.

Согласно номограмме, приведенной на рис. 5, длина закрепления стержня в шпуре ($l_{зак}$) составляет 1,4 м. Для определения величины заполнения массива скрепляющим составом, необходимо вычислить расстояние от устья шпура до закрепляющей втулки анкера ($l_{ан}$):

$$l_{ан} = L - l_{зак} - l_b = 6 - 1,4 - 0,2 = 4,4 \text{ м},$$

где $l_{ан}$ – расстояние от устья шпура до закрепляющей втулки анкера, м; L – длина скважины (шпура), $L = 6$ м; $l_{зак}$ – длина закрепления стержня в шпуре, м; l_b – длина выступающей части анкера (0,2 м).

Исходя из полученных данных, можно высчитать объем необходимого количества скрепляющего состава на одну скважину ($V_{см}$):

$$V_{см} = (\Phi_{скв} - \Phi_{анк}) \cdot l_{ан} \cdot n = (28 - 15,2) \cdot 4400 \cdot 1 = 56320 \text{ мм}^3 = 0,056 \text{ м}^3 = 56 \text{ л}$$

Необходимый объем скрепляющего состава на 1 п.м с учетом заполнения трещиноватости пород составит:

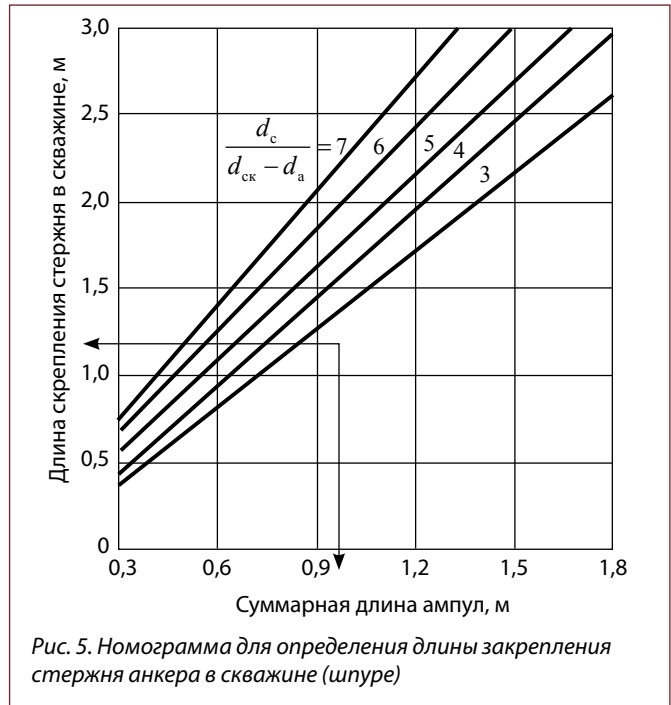


Рис. 5. Номограмма для определения длины закрепления стержня анкера в скважине (шпуре)

$$V_{сумм} = V_{см} + V_{тр} = 26 + 56 = 82 \text{ л}$$

Необходимый объем скрепляющего состава на 1 м² с учетом заполнения трещиноватости пород составит:

$$V_{сумм.уд} = \frac{V_{сумм}}{B} = \frac{82}{5,2} = 15,8$$

Комплект двухкомпонентной инъекционной смолы типа Беведол WX – Беведан [8] составляет ~ 65 л. С учетом опыта упрочнения скрепляющими составами приконтурного массива в подобных условиях [9], принимаем два комплекта двухкомпонентной инъекционной смолы на 1 скважину, суммарным объемом 130 л. Принятый документацией объем смолы больше, чем расчетное значение количества смолы (130 л > 82 л). Это свидетельствует о том, что данное количество полностью обеспечивает упрочнение 1 п.м. выработки [10]. Схема упрочнения массива представлена на рис. 6.

Для подтверждения полученных данных, было выполнено повторное видеозендоскопическое обследование скважины № 2 (рис. 7) после упрочнения массива.

По данным ИЦ АО «Воркутауголь», в результате определения физико-механических свойств горных пород на экспериментальном участке после упрочнения массива было установлено, что нагнетание вяжущих составов в кровлю выработки способствовало повышению крепости вмещающих пород до $f = 4,2$ по М.М. Протодеяконову на глубине 2,5–2,9 м, что создало благоприятные условия для применения анкерной крепи.

ВЫВОДЫ

Применение двухуровневой схемы анкерной крепи в горно-геологических условиях АО «Воркутауголь» СП «Шахта «Воргашорская» показало свою работоспособность и эффективность при оптимально подобранных параметрах крепления выработок и упрочнения массива на основании фактических данных, полученных при проведении исследований.

Технология нагнетания вяжущих растворов в массив, при параметрах упрочнения, рассчитанных по фактическим горно-геологическим данным, создает благоприят-

Рис. 6. Схема упрочнения массива

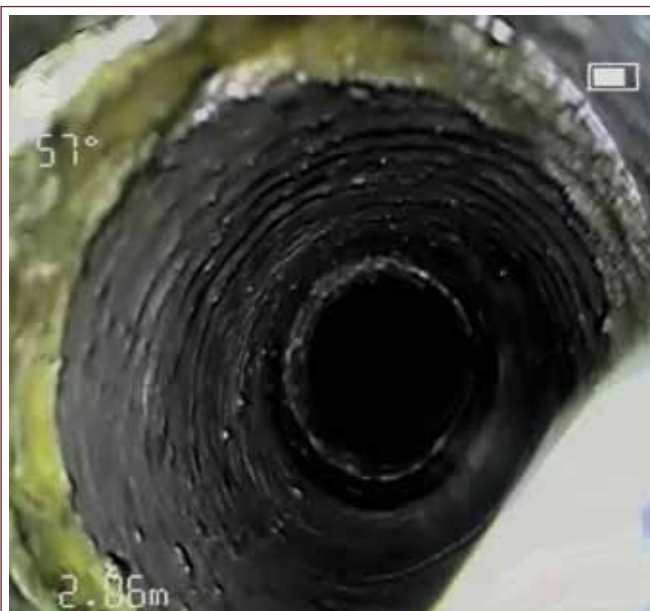
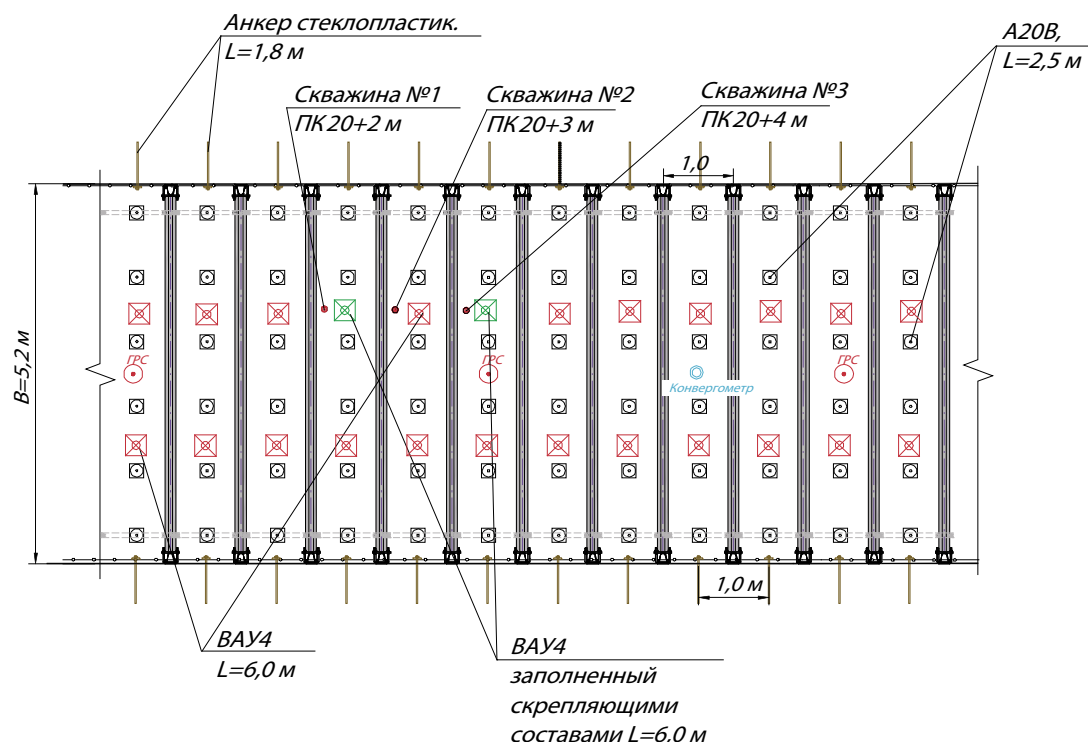


Рис. 7. Массив, заполненный скрепляющим составом, в скважине №2 (ПК20+3 м) на глубине 2,06 м

ные условия для применения анкерной крепи в сложных горно-геологических условиях.

Применение технологии двухуровневой схемы крепления горных выработок с нагнетанием вяжущих растворов, разработанной на основании результатов проведенных исследований, позволило:

- более чем на 30% повысить темпы проведения горных выработок в сложных горно-геологических условиях АО «Воркутауголь» СП «Шахта «Воргашорская»;
- повысить уровень механизации работ по креплению;
- снизить трудоемкость выполнения работ при креплении выработок;
- увеличить уровень безопасности ведения горных работ.

Список литературы

1. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Инструкция по расчету и применению анкерной крепи на угольных шахтах». Серия 05. Выпуск 42. М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2015. 186 с.
2. Иванов И.Е. Совершенствование метода прогнозирования зон обрушений пород непосредственной кровли в очистных забоях тонких пологих пластов: дисс.... канд. техн. наук: 05.15.11 / И.Е. Иванов. Донецк, 2000. 337 с.
3. Инструкция по выбору рамных податливых крепей горных выработок. СПб: ВНИМИ, 1991. 125 с.
4. Физико-технические свойства горных пород и углей / Г.Г. Штумпф, Ю.А. Рыжков, В.А. Шаламанов, А.И. Петров. М.: Недра, 1994. 447 с.
5. Управление состоянием массива пород при подземной геотехнологии. Учебное пособие / Ю.А. Боровков, Т.С. Спиритина. М.: Лань, 2018. 337 с.
6. Семенов С.Н. Новые методы заполнения закрепного пространства горизонтальных горных выработок в условиях проходки и увеличения безопасности труда при ликвидации вывалообразования на шахтах Донского ГОКа // Проблемы недропользования: материалы V Всерос. молодежной науч.-практ. конф. Екатеринбург: ИГД СО РАН, 2011. С. 478–484.
7. Progressive Technologies of Coal, Coalbed Methane, and Ores Mining. / V. Bondarenko, I. Kovalevs'ka, K. Ganushevych. London: Taylor & Francis Group, 2014. 534 p.
8. Опыт применения полимерных технологий на горнодобывающих предприятиях России. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.miningexpo.ru/articles/333> (дата обращения 15.11.2018).
9. Technical and Geoinformational Systems in Mining: School of Underground Mining 2011 / G. Pivnyak, V. Bondarenko, I. Kovalevs'ka. London: Taylor & Francis Group, 2013. 360 p.
10. Progress in Mine Safety Science and Engineering II. / X. He, H. Mitri, B. Nie, Y. Wang, T. X. Ren, W. Chen, X. Li. London: Taylor & Francis Group, 2014. 320 p.

UDC 622.272:622.281.74 © A.A. Dudin, E.V. Vakhrushev, S.E. Zlobin, A.S. Prokofiev, D.I. Paikin, M.V. Lysenko, 2018
ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2018, № 12, pp. 21-25

Title SUBSTANTIATION OF THE POSSIBILITY OF USING MINE WORKING ROOF BOLTING IN CONDITIONS OF WATERED AND WEAKENED ROCKS

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2018-12-21-25>

Authors

Dudin A.A.¹, Vakhrushev E.V.¹, Zlobin S.E.¹, Prokofiev A.S.², Paikin D.I.³, Lysenko M.V.¹

¹ NITs-IPGP "RANK" LLC, Kemerovo, 650992, Russian Federation

² "Vorgashorskaya" mine Joint Venture, Vorkuta, 169933, Russian Federation

³ "Vorkutaugol" JSC, Vorkuta, 169908, Russian Federation

Authors' Information

Dudin A.A., Deputy Director for Engineering and Survey Work,
tel.: +7 (905) 968-82-97, e-mail: pf.nits-ipgp@yandex.ru

Vakhrushev E.V., Chief of Design Department

Zlobin S.E., Design Engineer

Prokofiev A.S., Chief Engineer

Paikin D.I., Deputy Technical Director

Lysenko M.V., Deputy Director for Research Work and Innovation,
tel.: +7 (913) 323-33-73, e-mail: limak2@yandex.ru

Abstract

The paper describes the results of assessing possibility of using roof bolting as the main type of support while maintaining mine workings in particularly difficult geological conditions, with rock strength that does not allow the use of roof bolting.

Keywords

Mine workings, Roof bolting, Mining and geological conditions, Rock strength, Workings support, Massive strengthening.

References

1. *Federal'nyye normy i pravila v oblasti promyshlennoy bezopasnosti "Instruktsiya po raschetu i primeneniyu ankerovoy krepi na ugol'nykh shakhtakh"* [Federal rules and regulations in the sphere of industrial safety "Instructions for mine roof bolting design and use"]. Series 05. Issue 42. Moscow, NTTs PB JSC, 2015, 186 p.
2. Ivanov I.E. *Sovershenstvovaniye metoda prognozirovaniya zon obrusheniya porod neposredstvennoy krovli v ochnykh zaboyakh tonkikh plogikh plastov*. Diss. kand. techn. nauk [Improvement of the method for predicting direct roof rock-breakage zones in in high wall minings of thin flat seams. PhD (Engineering) diss.]. Specialty 05.15.11. Donetsk, 2000, 337 p.

3. *Instruktsiya po vyboru ramnykh podatlivykh krepey gornykh vyrabotok* [Instructions for selection of frame cushion supports of mine workings]. Saint Petersburg, VNIMI Publ., 1991, 125 p.

4. Stumpf G.G., Ryzhkov Yu.A., Shalamanov V.A. & Petrov A.I. *Fiziko-tehnicheskiye svoystva gornykh porod i ugley* [Physical and mechanical properties of rocks and coals]. Moscow, Nedra Publ., 1994, 447 p.

5. Borovkov Yu.A. & Spirina T.S. *Upravleniye sostoyaniyem massiva porod pri podzemnoy geotekhnologii*. Uchebnoye posobiye [Rock massif state management in underground geotechnology. Guidance manual]. Moscow, Lan Publ., 2018, 337 p.

6. Semenov S.N. *Novyye metody zapolneniya zakrepnogo prostranstva gorizontallykh gornykh vyrabotok v usloviyakh prokhodki i uvelicheniya bezopasnosti truda pri likvidatsii vyvaloobrazovaniya na shakhtakh Donskogo GOKa* [New methods of filling the behind roof space of horizontal mine workings in conditions of tunnelling and improvement of labour safety during liquidation of rockfall formation in the mines of Donskoy mining-and-processing integrated works]. Subsoil use problems. Materials of the 5th All-Russian youth scientific and practical conference. Yekaterinburg, Mining Institute SB RAS, 2011, pp. 478-484.

7. Bondarenko V., Kovalevs'ka I. & Ganushevych K. *Progressive Technologies of Coal, Coalbed Methane, and Ores Mining*. London, Taylor & Francis Group, 2014, 534 p.

8. *Opyt primeneniya polimernykh tekhnologiy na gornodobyvayushchikh predpriyatiyakh Rossii* [Experience of polymer technologies use in mining enterprises of Russia]. [Electronic resource]. Available at: <http://www.miningexpo.ru/articles/333> (accessed 15.11.2018).

9. Pivnyak G., Bondarenko V., Kovalevs'ka I. *Technical and Geoinformational Systems in Mining: School of Underground Mining 2011*. London, Taylor & Francis Group, 2013, 360 p.

10. He X., Mitri H., Nie B., Wang Y., Ren T.X., Chen W. & Li X. *Progress in Mine Safety Science and Engineering*. London, Taylor & Francis Group, 2014, 320 p.

Шахта имени В.Д. Ялевского АО «СУЭК-Кузбасс» добыла восемь миллионов тонн угля

Коллектив шахты имени В.Д. Ялевского АО «СУЭК-Кузбасс» в конце ноября 2018 г. выдал на-гора 8 млн т угля с начала года, перевыполнив годовой план.

Уголь добыт двумя бригадами: Евгения Космина - более 5 млн т и Анатолия Кайгородова, которая подошла к отметке добычи в 2 млн т с начала года. Бригада под руководством Героя Кузбасса Евгения Космина работает фактически в ежемесячном режиме миллионной добычи, показывая лучшую производительность в угольной отрасли страны. В 2017 г. бригада установила несколько рекордов добычи российского и мирового уровня. В мае и июле коллектив выдавал на-гора соответственно 1 млн 407 тыс. т



и 1 млн 567 тыс. т, а по итогам августа текущего года этот коллектив установил мировой рекорд добычи угля за месяц, выдав на-гора 1 млн 627 тыс. т угля.

Шахта им. В.Д. Ялевского является одной из передовых в угольной отрасли России по уровню производительности, технической оснащенности и безопасности шахтерского труда. Суммарный объем инвестиций Сибирской угольной энергетической компании в развитие шахты им. В.Д. Ялевского за последние пять лет составил 10 млрд руб.