

И.Э. Мазина, П.П. Ганган, Фан Туан Ань

СНИЖЕНИЯ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ЗАКЛАДКИ ВЫРАБОТАННОГО ПРОСТРАНСТВА ПРИ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКЕ УГЛЯ

Аннотация. Интенсификация добычи угля и усложнение горно-геологических условий ведения подземных работ оказывает влияние на активизацию горно-геологических явлений и процессов. Стратегическая задача предприятия — сохраняя или наращивая уровень производственных мощностей, реализовывать очистные работы с минимальными промышленными и экологическими рисками, при сохранении или увеличении уровня прибыли с учетом законодательства в области экологии и охраны труда. Можно выделить несколько видов природных опасных геологических явлений: движения земной поверхности, газодинамические явления, сейсмические явления и гидрогеологические явления. Эти явления активизируются при масштабном воздействии на углепородный массив. Один из способов снижения уровня техногенного воздействия на геологический массив это система разработки месторождения с технологией закладки выработанного пространства. Сущность метода заключается в ведении очистных работ, одновременно с заполнением выработанного пространства закладочным материалом, с определенным отставанием от фронта ведения очистных работ. Закладка бывает полная и частичная, и определяется технологическими требованиями к системе разработке полезного ископаемого. Рассмотрены основные негативные горно-геологические процессы и явления активизирующиеся при подземной разработке угля, сделан акцент на уменьшении негативного воздействия на окружающую среду при использовании технологии закладки выработанного пространства.

Ключевые слова: газовыделение, напряженно-деформированное состояние, управление кровлей, закладка выработанного пространства, гидравлическая закладка, пневматическая закладка, комбинированная закладка, твердеющая закладка, самотечная закладка, механическая закладка.

DOI: 10.25018/0236-1493-2019-02-0-28-35

Подземная разработка угольных месторождений является первопричиной техногенного изменения состояние массива горных пород, что приводит к необратимым изменениям в процессах и взаимосвязях природно-технической системы (ПТС), организуемой месторождением. Природно-техническая система принципиально отличается от природной. Главнейшее ее отличие состоит в том, что она является управляемой (кибер-

нетической) [1, 2]. Всякое управление предполагает наличие управляемого объекта (в данном случае одной или нескольких природно-технических систем) и некоторый управляющий орган, который представляет собой некоторые воздействия на управляемый объект, изменяя состояние последнего в желательном направлении [3].

При подземной разработке угольных месторождений основным управляющим

фактором, очевидно, является система разработки месторождения, а именно совокупность геотехнологических методов применяемых для проектирования расположения горных выработок, их проходки, ведения очистных работ и т.д. К вспомогательным управляющим факторам можно отнести методы инженерной защиты и мониторинга состояния окружающей среды. Но следует отметить, что вспомогательные методы никогда не смогут реализовывать предупреждение опасных горно-геологических явлений и процессов, т.к. они направлены на сдерживание, а не на компенсацию непосредственной первопричины активизации негативного воздействия на элемент ПТС.

Основные группы опасных горно-геологических явлений и процессов, активизирующихся при техногенном изменении состояния массива горных пород, при подземной разработке угольных месторождений, представлены в виде гидрогеологической группы, включающей в себя геофильтрацию флюидов в массиве горных пород, находящихся в жидком агрегатном состоянии и группу связанную с изменением напряженно-деформированного состояния углепородного массива [1–5].

Следует отметить, что подземная разработка угля воздействует не на отдельные ценозы, а на биогеоценоз в целом (в т.ч. на загрязнение атмосферы, гидросферы, флору и фауну, и т.д.), но в рамках данной работы, они рассмотрены не будут. Обобщая классификации работ в области инженерной геодинамики и горнопромышленной геологии [1–9], рассмотрим основные горно-геологические процессы и явления, активизирующиеся в результате техногенного воздействия:

- Движения земной поверхности (оседание, проседание, изменение геодинамического режима блоков геологической среды). Сдвиги и деформации

горных пород и земной поверхности могут вызвать повреждения объектов, увеличение водо- и газопроницаемости пород над выработанным пространством, изменение гидрогеологического режима поверхностных и грунтовых вод, а также активизацию оползневых процессов [8–9]. Можно выделить следующие повреждения земной поверхности над горными выработками угольных шахт: провалы земной поверхности над действующими выработками, мульды оседания земной поверхности над действующими лавами; трещины и деформации земной поверхности, неравномерное оседание земной поверхности над очистными выработками старых шахт и т.д. Любые виды нарушения земной поверхности приводят к деградации ландшафта и гидрологического режима подземных вод [4]. Подрабатываемые площади земли на долгое время исключаются из сельскохозяйственного оборота. Поверхность земли, подвергшаяся деформациям, может быть подтоплена, и тогда требуется осушение ненарушенных горными работами водоносных участков и т.д.

- Газодинамические явления (внезапные выбросы угля и метана, горные удары). Газодинамические явления (ГДЯ) — внезапные и быстропротекающие процессы, вызванные разрушением предельно напряженной частью массива полезных ископаемых или вмещающей породы и сопровождающиеся пород в горную выработку, сильным звуковым эффектом, возникновением мощной воздушной волны [6–7]. Прямое негативное влияние газодинамических явлений заключается в следующем: деформирование, засыпка и разрушение горных выработок; залповые выбросы в атмосферу газов через горные выработки при внезапных выбросах в шахтах; неполнота извлечения запасов вследствие аварий на шахте и т.д. Помимо этого, следует выделить высокую вероятность

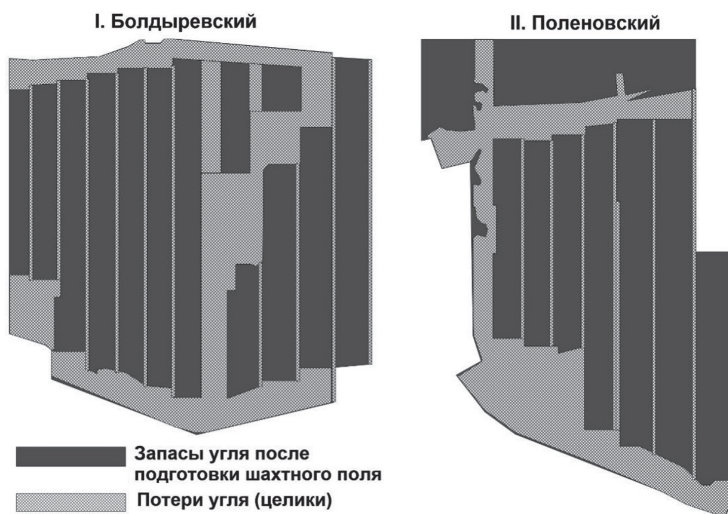
развития неблагоприятных последствий такого явления, как возможность возникновения пожара на шахте, образования крупной воронки оседания земной поверхности, потери дорогостоящей техники, и конечно массовая гибель людей.

- Сейсмические явления (землетрясения, горно-тектонические удары, новые режимы взаимодействия геодинамических блоков и т.д.). Техногенная (наведенная) сейсмичность подразумевает явление инициирования и возбуждения землетрясения. Инициирование — это воздействие на очаг уже подготовленного землетрясения, ускорение процесса его возникновения. Возбуждение — это воздействие на определенные зоны земной коры, в следствии которого и происходит землетрясение, а без внешнего воздействия явление не произошло бы [2]. Буровзрывные работы и механизированные системы добычи с применением угледобывающих комбайнов, экскаваторов и погрузоразгрузочных механизмов оказывают интенсивное, в том числе вибрационное воздействие на породный массив [10]. Затопление выработанного подземного пространства шахтных полей, более трещиноватого и разуплотненного чем исходный массив, изменяет гидродинамический режим за счет более эффективной передачи гидравлического давления на структурные неоднородности и тектонические разломы, увеличивая поровое давление в тектонических нарушениях. Поступление воды снижает прочность пород, контактов блочных структур и разломных зон. В результате в массиве происходит перестройка напряженно-деформированного состояния, которая сопровождается развитием сейсмических событий разного масштабного уровня [10]. Негативные последствия землетрясений и горно-тектонических ударов по сути те же, что и у ГДЯ, но только в больших масштабах. Сюда же следует отнести разрушение

гражданских зданий и сооружений, т.к. землетрясения вызванные техногенными факторами, могут проявиться не только в зоне ведения горных работ.

- Геофлюидодинамика (водопритоки в шахту, заболачивание и подтопление земной поверхности, фильтрация вод из водных объектов, метановыделение). Большая проблема на угольных шахтах это управление газовыделением и водопритоками. Излишние флюидоток ограничивают скорость ведения очистных работ, снижают промышленную и экологическую безопасность. Для уменьшения метановыделения, в угольных шахтах применяют системы дегазации, а для контроля водоприток — системы водотлива. Негативные последствия неконтролируемого флюидопритока могут привести к взрывам, и пожарам в случае вспышки метана, затопления горных выработок или осушения поверхностных водоемов — в случае неконтролируемого водопритока.

Руководствуясь мировым и отечественным опытом исследований активизации опасных горно-геологических явлений и процессов, можно однозначно сделать вывод, что главным фактором обуславливающим их развитие в пространстве-времени является изменение напряженно-деформированного состояния массива горных пород [11–13]. Именно техногенное изменение НДС обуславливает пространственно-временную изменчивость инженерно-геологических и гидрогеологических свойств горных пород (не рассматривая изменчивость в геологическом времени, т.к. длительность геологических процессов несопоставима со временем отработки месторождения). Такие параметры как проницаемость пород, коэффициент фильтрации, величина действующих напряжений, размеры зоны влияния (выработки, пласта, ПТС в целом), размеры муьды сдвижения и т.д. однозначно яв-



Сравнение запасов и потерей угля после подготовки шахтных полей I – Болдыревского и II – Поленовского пласта

Comparison of coal reserves and losses after preparation of I–Baldyrevsky coal seam and II–Polenovskiy coal seam

ляются производными изменения НДС массива горных пород. В данной позиции управляющим органом ПТС будет набор геологических параметров массива геотехнологических методов разработки месторождения, определяющих НДС [14–16]:

- мощность, угол падения и глубина разрабатываемых пластов;
- размеры горных выработок, последовательности прохождения и взаимного положения границ очистных выработок в одном пласте и свите пластов;
- структурных особенностей массива горных пород (строения вмещающих пород, наличия разрывных и пликтивных нарушений, изменчивости залегания пород и физико-механических свойств пород;

- способ управления горным давлением;
- скорости продвижения забоя и скорости развития горных работ в целом.

Применяя идеологию сохранения производственных мощностей предприятия и минимизации промышленных и экологических рисков, следует обратиться к управляющему фактору «Способ управления горного давления». При подземной разработке месторождений в целом, и на шахте им. С.М. Кирова в частности применяется способ полного обрушения кровли. При данном способе, по мере продвижения очистного забоя и увеличения консоли непосредственной кровли производят ее периодическое обрушение (посадку) за пределами призабойного пространства на величину шага са-

Оценка запасов и потерей угля для участков шахтных полей
Estimation of coal reserves and losses in sections of mine fields

Пласт	Общие запасы угля, т/%	Потери запасов угля, т/%
«Поленовский»	59 469 524 / 100	21 553 084,46 / 36,24
«Болдыревский»	41 396 281,85 / 100	10 277 859,55 / 24,83
Всего	100 865 805,9 / 100	31 830 944,01 / 31,56

мопроизвольного обрушения непосредственной кровли. Применение способа управления кровлей полным обрушением, диктует необходимость оставления значительных по масштабу предохранительных целиков, что усложняет ведение горных работ и уменьшает потенциал извлечения угля.

Используя геоинформационные системы, оценим общие запасы угля V_o и потери запасов на охранные целики V_n для выделенных участков шахтных полей пласта «Поленовский» и «Болдыревский», при плотности угля $1,28 \text{ т/м}^3$.

Как видно из расчетов, от четверти до трети запасов угля может приходиться на охранные целики, что составляет существенную часть от общих запасов полезного ископаемого.

Один из альтернативных способов управления кровлей, при этом позволяющем повысить полноту извлечения запасов полезных ископаемых (угля) является подземная разработка угля с применением технологии закладки выработанного пространства. Сущность метода заключается в ведении очистных работ, одновременно с заполнением выработанного пространства закладочным материалом, с определенным отставанием от фронта ведения очистных работ. Закладка бывает полная и частичная, и определяется технологическими требованиями к системе разработки полезного ископаемого.

Рассмотрим основные технологические способы заложения выработанного пространства:

Гидравлическая закладка включает в себя технологические процессы подготовки и аккумулирования закладочного материала, приготовления закладочной гидросмеси, гидротранспортирования закладочного материала и заполнения выработанного пространства отработанной водой. Недостатками этого способа является трудность дозирования

материала и низкая концентрация в образуемой гидросмеси. Гидротранспорт закладочных материалов к выработанному пространству осуществляется по системе нисходящих и горизонтальных трубопроводов. Нисходящие трубопроводы монтируются в стволах, вертикальных или наклонных шурфах и скважинах, а горизонтальные — прокладываются по выработкам вентиляционного (закладочного) горизонта.

Пневматическая закладка выработанного пространства производится пневмозакладочной машиной (устройством для введения закладочного материала в напорный транспортный трубопровод) и основана на перемещении потоком сжатого воздуха по трубопроводу закладочного материала и подачи его с помощью воздушной струи в выработанное пространство. Пневматическая закладка обладает следующими преимуществами: широкий диапазон решаемых на ее основе технологических задач; высокая производительность; простота возведения закладочного массива; возможность уплотнения закладочного массива за счет кинетической энергии закладочного материала подаваемого в выработанное пространство.

Самотечная закладка применяется при разработке крутых пластов, где для транспортирования закладочного материала в выработанном пространстве возможно использование сил тяжести. Основные схемы доставки закладочного материала до забоя включают в себя опрокидывание вагонеток или конвейерного транспорта. Перед закладкой выработанного пространства возводится ограждение (шаг закладки) в виде органичного ряда с тканевым покрытием.

Закладка литыми твердеющими материалами представляет собой композицию материалов, представленных вяжущими, заполнителями, водой и добавками, способная твердеть в воздушной и

водной среде, что является следствием определенных физико-химических процессов между компонентами смеси. Сама по себе твердеющая закладка — технологический процесс по заполнению шахтного пространства твердеющими смесями, отвечающими определенным требованиям производства горных работ. Важно ввести следующие термины:

- Вяжущие материалы — минеральные вещества, обладающие вяжущими свойствами. Местное вяжущее — вяжущее на основе граншлака, горелых пород, извести золотшлаков, гипса, ангидрида; нефелиновых и бокситовых шламов.

- Заполнители — компоненты в твердеющих смесях для уменьшения усадки и экономии вяжущих; применяется материалы минерального происхождения, Заполнители делятся на мелкие и хрупкие. К мелким относятся природные и искусственные пески из отходов обогащения, золотшлаковые отходы ТЭЦ и ГРЭС, хвосты обогатительных фабрик, нефелиновые и бокситовые шламы. К крупным относятся шлаки котельных, горелые и шахтные породы, доменные шлаки, кусковые отходы обогатительных фабрик, аглопорит и другие.

- Добавки к вяжущим и смесям — водные растворы, суспензии и порошковые вещества, изменяющие и улуч-

шающие свойства вяжущего и смесей. Добавки вводят в твердеющие закладочные смеси с целью уменьшения сроков схватывания, ускорения сроков набора прочности, увеличения дальности транспортирования, сокращения расхода вяжущего, активизации компонентов со скрытыми вяжущими свойствами. Добавки могут быть представлены как природными материалами, так и искусственными, выбор их зависит от множества факторов и для конкретных шахт определяется опытным путем. Добавки должны быть в достаточном количестве, т.е. недефицитными, сравнительно дешевыми, нетоксичными, эффективными, технологичными. Учитывая это, стремятся использовать в качестве добавок отходы промышленности.

Учитывая все вышеизложенное актуальной задачей, является разработка концептуальной технологической схемы подземной разработки угля с закладкой выработанного пространства. Под технологической схемой понимается структура организации ведения горных работ вместе с обоснованием применимости технологии заложения выработанного пространства в первую очередь с позиции экологической и промышленной безопасности и рационального освоения недр.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бондарик Г.К., Ярг Л.А. Инженерно-геологические изыскания: учебник, 2-е изд. — М.: КДУ, 2008.
2. Бондарик Г.К., Пендин В.В., Ярг Л.А. Инженерная геодинамика. Учебник. — М.: КДУ, 2007. — 440 с.
3. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Инженерная геодинамика. — Л.: Недра, 1977. — 480 с.
4. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология месторождений полезных ископаемых. Учебник для вузов. — Л.: Недра, 1986. — 272 с.
5. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Специальная инженерная геология. Учебное пособие для вузов. — Л.: Недра, 1978. — 496 с.
6. Черняк И.Л., Ярунин С.А. Управление состоянием массива горных пород. — М.: Недра, 1995. — 395 с.
7. Петухов И.М., Линьков А.М. Механика горных ударов и выбросов. — М.: Недра, 1983.
8. Татаринов В.Н., Бугаев Е.Г., Татаринова Т.А. К оценке деформаций земной поверхности по данным спутниковых наблюдений // Горный журнал. — 2015. — № 10. — С. 27–32. DOI: dx.doi.org/10.17580/gzh.2015.10.05.

9. Маневич А. И., Татарин В. Н. Применение искусственных нейронных сетей для прогноза современных движений земной коры // Исследования по геоинформатике: труды Геофизического центра РАН. — 2017. — т. 5. — № 2. — С. 37–48. DOI: 10.2205/2017BS045.

10. Адушкин В. В. Триггерная сейсмичность Кузбасса / Триггерные эффекты в геосистемах. Тезисы докладов III Всероссийского семинара-совещания. Институт динамики геосфер РАН. — 2015. — С. 8–28.


11. Маневич А. И., Макаров В. А., Пашенков П. Н. Перспективы математического моделирования как составной части геомеханического мониторинга на шахтах с целью повышения эффективности управления газовыделением // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2017. — № 6. — С. 91–100.

12. Коликов К. С., Никитин С. Г., Маневич А. И. Аналитическая оценка прогноза метанообильности, рекомендуемого нормативными документами // Безопасность труда в промышленности. — 2016. — № 8. — С. 34–39.

13. Морозов В. Н., Маневич А. И. Моделирование напряженно-деформированного состояния эпицентральной зоны землетрясения 13.03.1992 (M = 6.9, Турция) // Геофизические исследования. — 2018. — Т. 19. — № 1. — С. 17–29. DOI: 10.21455/gr2018.1-2.

14. Pytel W., Świtoń J., Wójcik A. The effect of mining face's direction on the observed seismic activity // International Journal of Coal Science & Technology. 2016. Vol. 3. Iss. 3, pp. 322–329, DOI: 10.1007/s40789-016-0122-5.

15. Cheng Y., Jiang H., Zhang X., Cui J., Song C., Li X. Effects of coal rank on physicochemical properties of coal and on methane adsorption // International Journal of Coal Science & Technology. 2017. Vol. 4. Iss. 2, pp. 129–146. DOI: 10.1007/s40789-017-0161-6.

16. Conte E., Troncone A., Vena M. A method for the design of embedded cantilever retaining walls under static and seismic loading // Géotechnique. 2017. Vol. 67. Iss. 12. pp. 1081–1089. DOI: 10.1680/jgeot.16.P.201. 

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Мазина Ирэна Эдуардовна¹ — ведущий инженер,

Ганган Полина Павловна¹ — аспирантка,

e-mail: polina.gangan@yandex.ru,

Фан Туан Ань¹ — аспирант,

¹ МГИ НИТУ «МИСиС».

ISSN 0236-1493. Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2019. No. 2, pp. 28–35.

Reduction in environmental impact of underground coal mining with backfilling

Mazina I.E.¹, Leading Engineer,

Gangan P.P.¹, Graduate Student, e-mail: polina.gangan@yandex.ru,

Phan Tuan Anh¹, Graduate Student,

¹ Mining Institute, National University of Science and Technology «MISiS», 119049, Moscow, Russia.

Abstract. High-rate coal production and complication of geological conditions in underground coal mining inevitably activates geological phenomena and processes. The strategic mission of a coal mining company is to maintain and increase the production output at the minimized industrial and ecological risks and sustainable or higher profit return with regard to laws of ecology and labor protection. Generalization of numerous engineering geological classifications points at some hazardous types of natural geological phenomena: ground surface movement, gas-dynamic events, seismic events and hydrogeological events. These phenomena are activated under large-scale effect on coal and host rock mass. One of the methods of mitigating the impact on geological mass is application of the system of mining with backfill. In this system, longwalling is carried out at the same with backfilling of mined-out void with a certain time lag between the longwall and backfill fronts. Backfill can be complete or partial, and depends on the tech-

nological requirements imposed on the system of mining. The article discusses the main adverse geological processes and phenomena activated by underground coal mining, and emphasizes reduction in the environmental impact when the technology with backfill is used.

Key words: gas release, stress-strain state, ground control, backfill, hydraulic backfill, pneumatic backfill, hybrid backfill, cemented backfill, gravity-flow backfill, mechanical backfill.

DOI: 10.25018/0236-1493-2019-02-0-28-35

REFERENCES

1. Bondarik G. K., Yarg L. A. *Inzhenerno-geologicheskije izyskaniya: uchebnik*, 2-e izd. [Engineering-geological survey: textbook, 2nd edition], Moscow, KDU, 2008.
2. Bondarik G. K., Pendin V. V., Yarg L. A. *Inzhenernaya geodinamika*. Uchebnik [Engineering geodynamics. Textbook], Moscow, KDU, 2007, 440 p.
3. Lomtadze V. D. *Inzhenernaya geologiya. Inzhenernaya geodinamika* [Engineering geology. Engineering geodynamics], Leningrad, Nedra, 1977, 480 p.
4. Lomtadze V. D. *Inzhenernaya geologiya mestorozhdeniy poleznykh iskopaemykh*. Uchebnik dlya vuzov [Engineering geology of mineral deposits. Textbook for high schools], Leningrad, Nedra, 1986, 272 p.
5. Lomtadze V. D. *Inzhenernaya geologiya. Spetsial'naya inzhenernaya geologiya*. Uchebnoe posobie dlya vuzov [Engineering geology. Special engineering geology. Higher educational aid], Leningrad, Nedra, 1978, 496 p.
6. Chernyak I. L., Yarunin S. A. *Upravlenie sostoyaniem massiva gornykh porod* [Management of the state of the rock massif], Moscow, Nedra, 1995, 395 p.
7. Petukhov I. M., Lin'kov A. M. *Mekhanika gornykh udarov i vybrosov* [Mechanics of mountain impacts and emissions], Moscow, Nedra, 1983.
8. Tatarinov V. N., Bugaev E. G., Tatarinova T. A. K otsenke deformatsiy zemnoy poverkhnosti po dannym sputnikovyykh nablyudeniyy [To the estimation of deformations of the earth's surface according to satellite observations], *Gornyy zhurnal*. 2015, no 10, pp. 27–32. DOI: dx.doi.org/10.17580/gzh.2015.10.05. [In Russ].
9. Manevich A. I., Tatarinov V. N. Primenenie iskusstvennykh neyronnykh setey dlya prognoza sovremennykh dvizheniy zemnoy kory [Application of artificial neural networks for the prediction of modern movements of the Earth's crust]. *Issledovaniya po geoinformatike: trudy Geofizicheskogo tsentra RAN*. 2017. t. 5, no 2, pp. 37–48. DOI: 10.2205/2017BS045. [In Russ].
10. Adushkin V. V. Triggernaya seysmichnost' Kuzbassa [Trigger seismicity of the Kuznetsk Basin]. *Triggernyye efekty v geosistemakh. Tezisy dokladov III Vserossiyskogo seminara-soveshchaniya*. Institut dinamiki geosfer RAN. 2015, pp. 8–28. [In Russ].
11. Manevich A. I., Makarov V. A., Pashchenkov P. N. Perspektivy matematicheskogo modelirovaniya kak sostavnoy chasti geomekhanicheskogo monitoringa na shakhtakh s tsel'yu povysheniya effektivnosti upravleniya gazovydeleniem [Prospects of mathematical modeling as an integral part of geomechanical monitoring at mines with the aim of increasing the efficiency of gas release control], *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2017, no 6, pp. 91–100. [In Russ].
12. Kolikov K. S., Nikitin S. G., Manevich A. I. Analiticheskaya otsenka prognoza metanoobil'nosti, rekomenduemogo normativnymi dokumentami [Analytical estimation of the forecast of methaneobility, recommended by normative documents], *Bezopasnost' truda v promyshlennosti*. 2016, no 8, pp. 34–39. [In Russ].
13. Morozov V. N., Manevich A. I. Modelirovanie napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya epitsentral'noy zony zemletryaseniya 13.03.1992 (M = 6.9, Turtsiya) [Modeling of the stress-strain state of the epicentral zone of the earthquake 13.03.1992 (M = 6.9, Turkey)], *Geofizicheskie issledovaniya*. 2018, vol. 19, no 1, pp. 17–29. DOI: 10.21455/gr2018.1-2. [In Russ].
14. Pytel W., Świtoń J., Wójcik A. The effect of mining face's direction on the observed seismic activity. *International Journal of Coal Science & Technology*. 2016. Vol. 3. Iss. 3, pp. 322–329, DOI: 10.1007/s40789-016-0122-5.
15. Cheng Y., Jiang H., Zhang X., Cui J., Song C., Li X. Effects of coal rank on physicochemical properties of coal and on methane adsorption. *International Journal of Coal Science & Technology*. 2017. Vol. 4. Iss. 2, pp. 129–146. DOI: 10.1007/s40789-017-0161-6.
16. Conte E., Troncone A., Vena M. A method for the design of embedded cantilever retaining walls under static and seismic loading. *Géotechnique*. 2017. Vol. 67. Iss. 12. pp. 1081–1089. DOI: 10.1680/jgeot.16.P.201.

