

DOI: 10.25558/VOSTNII.2023.61.58.003

УДК 622.831.322

© М.С. Плаксин, 2023

**М.С. ПЛАКСИН**

канд. техн. наук,

старший научный сотрудник

Институт угля ФИЦ УУХ СО РАН, г. Кемерово

доцент КузГТУ, г. Кемерово

e-mail: plaksin@bk.ru



### ИССЛЕДОВАНИЕ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ГАЗОВЫДЕЛЕНИЯ В ПОДГОТОВИТЕЛЬНУЮ ВЫРАБОТКУ С УЧЕТОМ ТЕМПОВ ЕЕ ПОДВИГАНИЯ

*В статье представлен количественный анализ неравномерного распределения объемов выделяющихся газов в выработку с учетом темпов ее подвигания.*

*На примере оценки метанообильности одной выработки выполнена количественная оценка отклонений газовой реакции угольного пласта при среднесуточном усреднении при проведении подготовительной выработки с учетом темпов ее подвигания. Выявлены отклонения в виде дополнительных объемов поступающих (или не поступающих) объемов метана в выработку, сопоставимых с объемами среднесуточной метанообильности выработки.*

Ключевые слова: УГОЛЬНЫЙ ПЛАСТ, ТЕМПЫ ПОДВИГАНИЯ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК, ГАЗООБИЛЬНОСТЬ ВЫРАБОТОК, БЕЗОПАСНОСТЬ ГОРНЫХ РАБОТ, ГАЗОКИНЕТИЧЕСКАЯ РЕАКЦИЯ УГОЛЬНОГО ПЛАСТА.

Внедрение передовых технологий в горнодобывающую промышленность предоставляет техническую возможность увеличения темпов ведения горных работ как при проведении подготовительных выработок, так и очистных забоев, но при этом основным сдерживающим фактором остается газовый. В области газового контроля с целью повышения безопасности выполнено внедрение современных датчиков замера концентрации метана и расхода воздуха с возможностью цифровой регистрации показаний. При «должном» подходе данные показания с применением методов математического моделирования и статистики предоставляют широкую возможность для совершенствования методов прогноза газовой и газодинамической опасности, в том числе с целью опережающего принятия

технологических решений по предотвращению опасных ситуаций.

Исследования в этом направлении ведутся не первое десятилетие. Еще полвека назад в работах О.И. Чернова показана связь интенсивности газовыделения с давлением газа в пласте — одним из основных факторов выбросоопасности [1]. В настоящее время подготовлены и прошли промышленные испытания методы прогноза газовой и газодинамической опасности по метанообильности подготовительной выработки А.Г. Хейфеца (КазНИИБГП) [2], В.В. Славолюбова (ВостНИИ) [3], Г.Я. Полевщикова (ИУУ СО РАН) [4].

В работе [5] на основании выполненных автором исследований, посвящённых общему анализу метанообильности подготовитель-

ных выработок, сделаны следующие основополагающие выводы:

- фактическая метанообильность подготовительной выработки может в разы отличаться от рекомендуемой нормативными документами на стадии проектирования;

- даже близкие по расположению подготовительные выработки могут иметь практически двукратное отличие размеров зон газоистощения пласта, что говорит о высокой изменчивости его свойств даже в небольшой области и объясняет затруднения при проектировании проветривания протяженных штреков;

- даже небольшие изменения скорости подвигания забоев в близких горно-геологических условиях способны заметно изменить газовую обстановку.

Использование в качестве базы для анализа фактических данных о метанообильно-

сти выработок с учетом взаимосвязи газогемеханических процессов дает возможность для создания адаптивных методов прогноза метанообильности проводимой подготовительной выработки, а также методов по уточнению ожидаемой метанообильности соседних подготовительных выработок по методу выработка – аналог.

Подвигание подготовительной выработки вызывает изменение природного напряженного состояния угольного пласта в ее окрестностях. В результате формируется фильтрационный поток газа в сторону обнаженной поверхности. Максимальный приток метана в атмосферу выработки приходится на момент разрушения призабойной зоны пласта из отбитого угля и вследствие перемещения границы зоны неупругих деформаций вглубь массива (рис. 1).

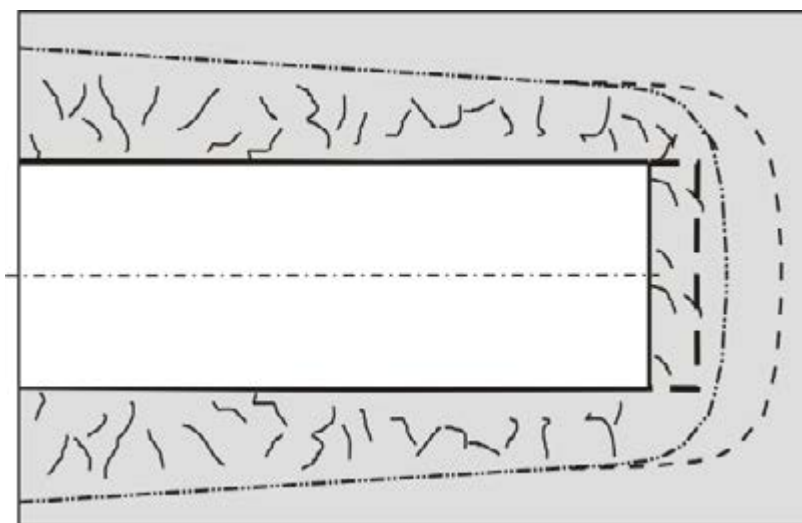


Рис. 1. Схема развития зоны неупругого деформирования в приконтурной части подготовительной выработки вследствие взятия очередной заходки (вид сверху)

\*Условные обозначения: \_\_\_\_\_ — граница выработки; -.- - изменение границы выработки в результате взятия заходки; \_.\_.\_ — граница зоны неупругих деформаций в окрестности выработки; \_.\_.\_.\_ — изменение границы зоны неупругих деформаций в окрестности выработки в результате взятия заходки

При этом при повышении скорости подвигания выработки ожидаемо увеличивается газоносность отбиваемой части пласта и газовое давление в призабойной его части, что приводит к увеличению неравномерности газовыделения в виде амплитудных колебаний.

Изменение концентрации метана в выработке можно рассматривать как адаптивный случайный процесс. Прогнозирование «стохастически» поступающих в выработку объемов метана зачастую трактуется как задача сложно выполнимая, прежде всего вследствие недостаточности данных о газогемеха-

нических процессах в окрестностях выработки.

При проведении подготовительной выработки по интенсивности поступления метана в выработку источники можно распределить: газовыделение из отбитого угля, газовыделение через поверхность забоя и газовыделение через поверхность бортов выработки. По объему содержащегося газа в угле «потенциал» бортов выработки (из-за протяженности) несравнимо больше объема газа в призабойной и отбиваемой части пласта. Наиболее интенсивное газовыделение наблюдается из отбиваемой части пласта, но время нахождения

отбитой массы в пределах выработки мало, и значительный объем метана покидает пределы выработки в отбитом угле.

На рис. 2 представлен график изменения метанообильности подготовительной выработки (среднесуточное усреднение), где наблюдаются значительные отклонения (в виде колебаний) значений метанообильности (ш. Чертинская). Столь значительные колебания газокинетической реакция угольного пласта при проведении выработки можно частично объяснить влиянием темпов подвигания выработки (рис. 3).

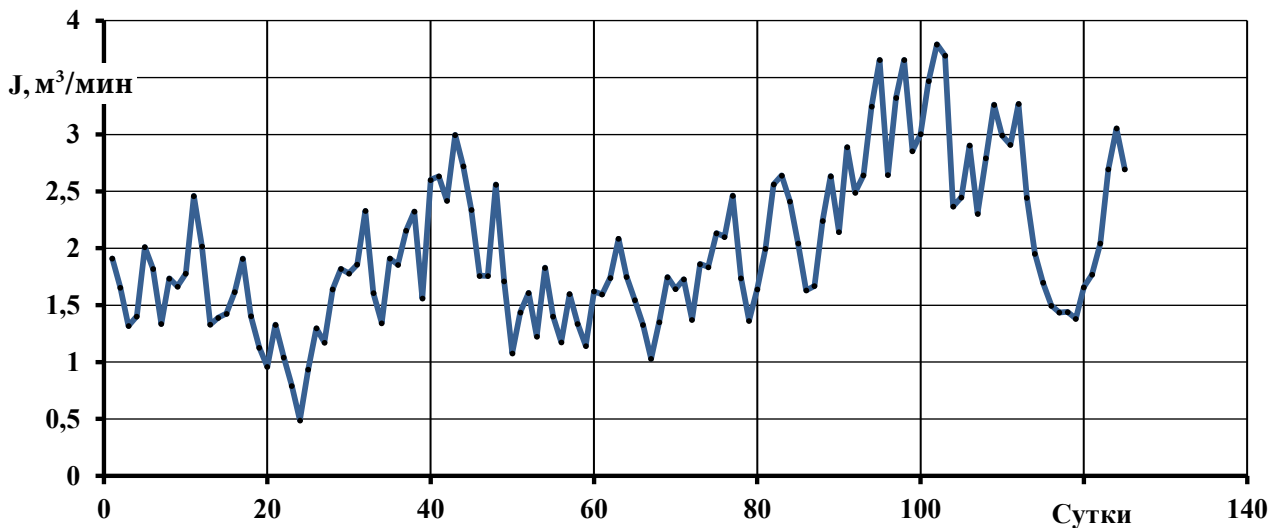


Рис. 2. Изменение метанообильности подготовительной выработки (среднесуточное усреднение)

В качестве причин можно также отметить взаимное наложение нелинейных геомеханических и газокинетических процессов на процесс газоистощения из пласта. Исследование взаимосвязи газогемеханических процессов в угольном пласте актуально как при проходческих, так и при очистных работах [6, 7]. Данное исследование в совокупности с исследованиями связи проницаемость — механические напряжения в пласте [8], способно повысить качество прогноза эффективности дегазационных мероприятий [9, 10, 11].

На основании [12] на рис. 4 представлен результат определения зависимости темпов

подвигания выработки по данным, показанным на рис. 1 и 2 от метанообильности, при том, что каждому элементу метанообильности  $I_i$  (где  $i$  — номер суток) соответствует средняя скорость за последние пять суток, включая текущие  $V_{i.cп5} = \frac{V_i + V_{i-1} + V_{i-2} + V_{i-3} + V_{i-4}}{5}$ .

На рис. 5 для сравнения представлены показания метанообильности по фактическим данным и расчетные значения. Отметим, что наблюдаются значительные отклонения, которые вызваны изменениями физико-механических свойств угля и механических напряжений по трассе проведения выработки.

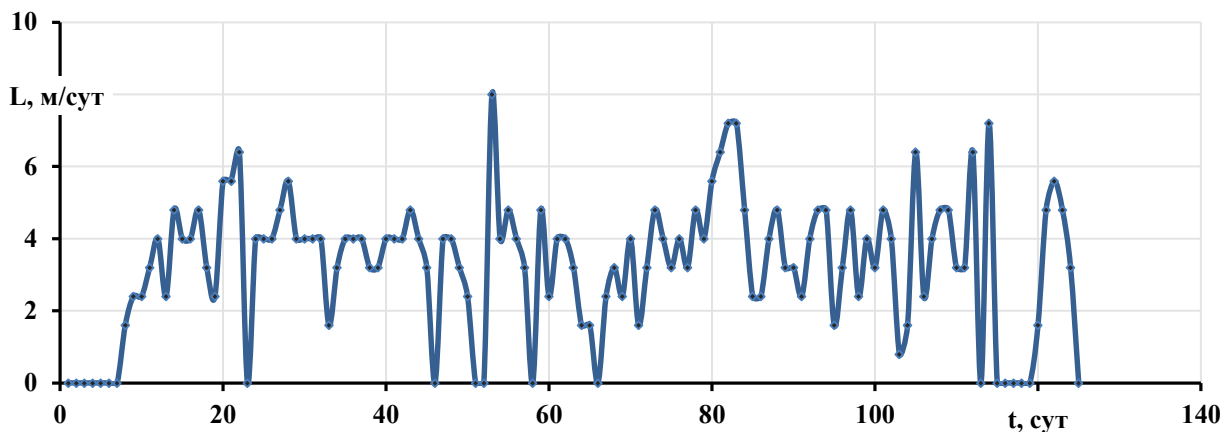


Рис. 3. Изменение скорости подвигания выработки

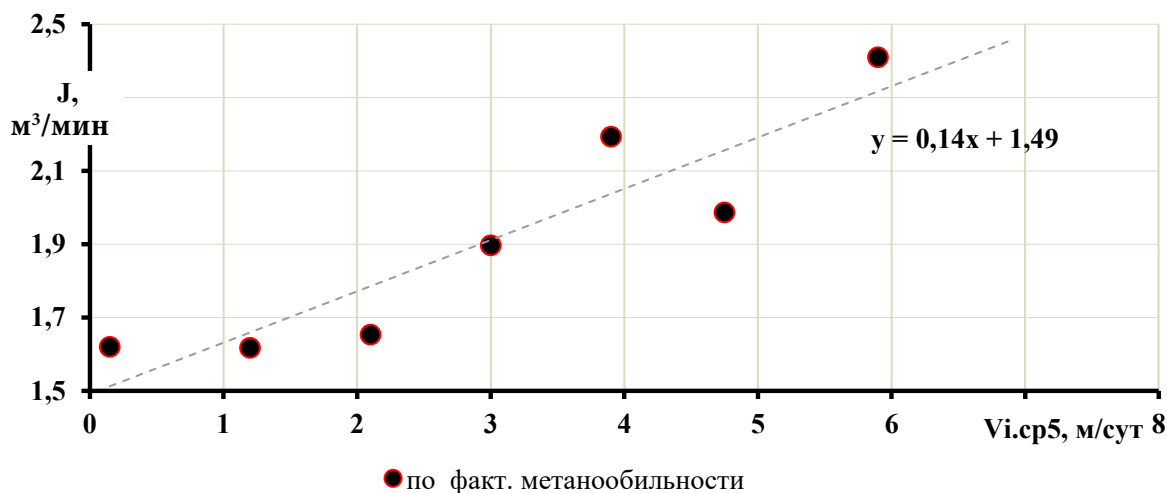


Рис. 4. Зависимость метанообильности анализируемых выработок от их скорости подвигания

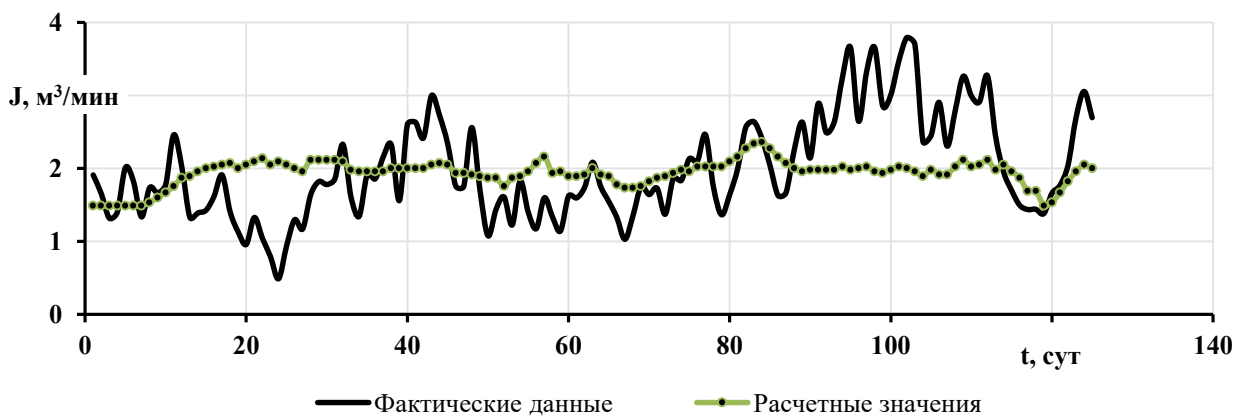


Рис. 5. Изменение метанообильности выработки (фактическое и расчетное)

На рис. 6 отражен график, характеризующий разницу величин фактических данных метанообильности и расчетных значений с учетом темпов подвигания выработки. По изменению величины, отраженной на рис.

6, можно сделать выводы о высокой изменчивости свойств пласта в приконтурной его части, в конечном итоге реализующиеся в стохастичности газокинетической реакции даже в масштабах оценки суточных значений.



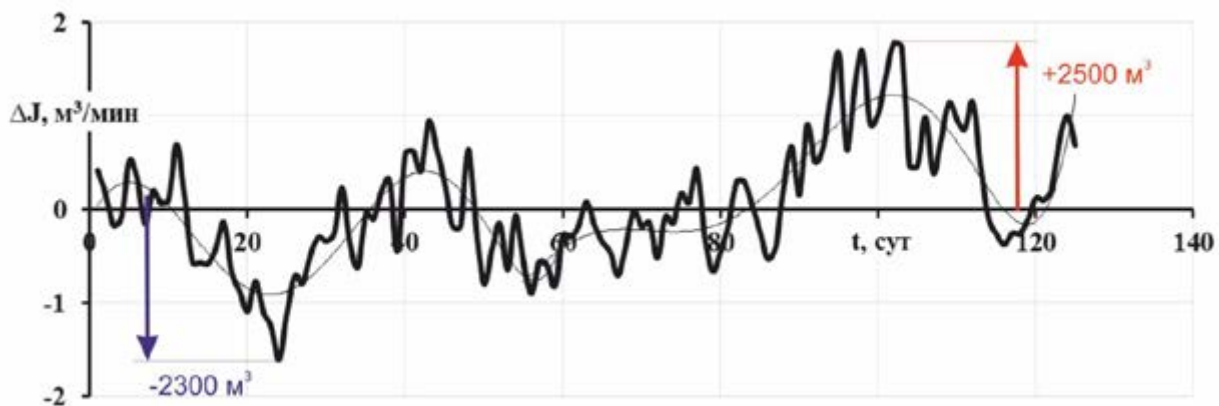


Рис. 6. Разность фактических и расчетных значений метанообильности выработки с учетом темпов подвигания выработки

### ВЫВОДЫ

В результате анализа метанообильности одной подготовительной выработки по среднесуточным значениям установлена амплитуда газовыделения «стохастического» характера. На 102 сутки дополнительный газоприток в выработку при скорости подвигания 4 м/сут составил 2500 м<sup>3</sup>. Тогда как на

24 сутки при аналогичной скорости подвигания забоя снижение составило около 2300 м<sup>3</sup>, при среднем газопритоке в выработку около 3000 м<sup>3</sup>/сут. Представленные количественные изменения объемов поступающего метана с учетом темпов подвигания выработки указывают на высокую изменчивость свойств пласта даже в небольших его пределах.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чернов О.И. Прогноз опасных по внезапным выбросам участков пластов в угольных шахтах // Вопросы безопасности угольных шахтах. Труды ВостНИИ. М., 1959. Т. 1. С. 88–106.
2. Хейфец А.Г., Ходжаев Р.Р., Антонов А.В. и др. Разработка автоматизированного способа прогноза выбросоопасных зон и контроля эффективности способов предотвращения выбросов в подготовительных выработках шахт Карагандинского бассейна // Внезапные выбросы угля и газа, рудничная аэрология. М., 1992. С. 96–100.
3. Рудаков В.А., Крючков В.И., Славолюбов В.В. и др. Метод автоматизированного прогноза выбросоопасных зон угольных пластов в крутопадающих подготовительных выработках // Безопасность жизнедеятельности предприятий в угольных регионах. Кемерово, 1998. С. 53–54.
4. Методика прогноза газодинамических явлений с использованием аппаратуры контроля метана при проведении подготовительных выработок. Кемерово, 1994. 14 с.
5. Плаксин М.С. Разработка и обоснование мероприятий по безопасному проведению подготовительных выработок на высокогазоносных угольных пластах // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2016. № 4. С. 16–21.
6. Шинкевич М.В., Козырева Е.Н. Взаимосвязи основных особенностей процессов разгрузки и сдвигающих вмещающих пород с динамикой выделения метана из разрабатываемого пласта при его отработке длинными выемочными столбами // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2006. № 6. С. 17–19.
7. Козырева Е.Н. Комплексный прогноз динамики метанообильности высокопроизводительных выемочных участков // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2004. № 6.1 (43). С. 95–97.
8. Тайлаков О.В., Уткаев Е.А., Смыслов А.И. и др. Физическое моделирование изменения фильтрационных свойств угольных пластов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2014. № 6 (106). С. 13–16.

9. Родин Р.И. Эффективность дегазации шахт Кузбасса // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2011. № 2-2. С. 116–119.

10. Клишин В.И., Кокоулин Д.И., Кубанычбек Б. и др. Разупрочнение угольного пласта, в качестве метода интенсификации выделения метана // Уголь. 2010. № 4. С. 40–42.

11. Полевщиков Г.Я., Козырева Е.Н., Шинкевич М.В. и др. Основы эффективной разработки углеметановых месторождений Кузбасса // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2011. № 3. С. 8–11.

12. Плаксин М.С. Исследование влияния эффективности дегазационных мероприятий на метанообильность подготовительных выработок // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2021. № 2. С. 19–24.

---

DOI: 10.25558/VOSTNII.2023.61.58.003

UDC 622.831.322

© M.S. Plaksin, 2023

**M.S. PLAKSIN**

Candidate of Engineering Sciences,

Senior Researcher

Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry, Kemerovo

e-mail: plaksin@bk.ru

#### **RESEARCH OF NON-UNIFORMITY OF GAS RELEASE INTO PREPARATORY PRODUCTION TAKING INTO ACCOUNT THE RATE OF ITS DISPLACEMENT**

*The article presents a quantitative analysis of the uneven distribution of the volumes of released gases into production, taking into account the rate of its displacement.*

*Based on the example of assessing the methane mobility of one mine, a quantitative assessment of deviations in the gas reaction of the coal seam was made at the average daily averaging during the preparatory mine, taking into account the rate of its displacement. Deviations were identified in the form of additional volumes of incoming (or non-incoming) volumes of methane into production comparable to the volumes of the average daily methane content of production.*

**Keywords:** COAL SEAM, PACE OF PROPULSION OF PREPARATORY WORKINGS, GAS RECOVERY OF WORKINGS, MINE SAFETY, GAS KINETIC REACTION OF COAL SEAM.

#### **REFERENCES**

1. Chernov O.I. Forecast of hazardous areas of formations in coal mines by sudden emissions // Safety issues of coal mines. Proceedings of VostNII. M., 1959. Vol. 1. P. 88–106. [In Russ.].

2. Heifets A.G., Khodjaev R.R., Antonov A.V., etc. Development of an automated method for predicting emission-hazardous zones and monitoring the effectiveness of methods for preventing emissions in the preparatory workings of mines in the Karaganda basin // Sudden emissions of coal and gas, mining aerology. M., 1992. P. 96–100. [In Russ.].

3. Rudakov V.A., Kryuchkov V.I., Slavolyubov V.V., etc. Method of automated prediction of emission-hazardous zones of coal seams in steeply falling preparatory workings // Safety of vital activity of enterprises in coal regions. Kemerovo, 1998. P. 53–54. [In Russ.].

4. The method of forecasting gas dynamic phenomena using methane monitoring equipment during preparatory workings. Kemerovo, 1994. 14 p. [In Russ.].

5. Plaksin M.S. Development and justification of measures for the safe conduct of preparatory workings on high-gas coal seams // Bulletin of the Scientific Center for the Safety of work in the coal

industry [Vestnik Nauchnogo centra po bezopasnosti rabot v ugolnoj promyshlennosti]. 2016. No. 4. P. 16–21. [In Russ.].

6. Shinkevich M.V., Kozyreva E.N. Interrelations of the main features of the processes of unloading and displacement of host rocks with the dynamics of methane release from the reservoir under development during its development by long excavation pillars // Bulletin of the Kuzbass State Technical University [Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta]. 2006. No. 6. P. 17–19. [In Russ.].

7. Kozyreva E.N. Comprehensive forecast of the dynamics of methane abundance of high-performance dredging sites // Bulletin of the Kuzbass State Technical University [Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta]. 2004. No. 6.1 (43). P. 95–97. [In Russ.].

8. Tailakov O.V., Utkaev E.A., Smyslov A.I., etc. Physical modeling of changes in filtration properties of coal seams // Bulletin of the Kuzbass State Technical University [Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta]. 2014. No. 6 (106). P. 13–16. [In Russ.].

9. Rodin R.I. Efficiency of degassing of Kuzbass mines // Bulletin of the Scientific Center for the Safety of Work in the Coal Industry [Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta]. 2011. No. 2-2. P. 116–119. [In Russ.].

10. Klishin V.I., Kokoulin D.I., Kubanychbek B. et al. Softening of the coal seam, as a method of intensification of methane release // Coal [Ugol]. 2010. No. 4. P. 40–42. [In Russ.].

11. Polevshchikov G.Ya., Kozyreva E.N., Shinkevich M.V., etc. Fundamentals of effective development of coal-methane deposits in Kuzbass // Bulletin of the Kuzbass State Technical University [Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta]. 2011. No. 3. P. 8–11. [In Russ.].

12. Plaksin M.S. Investigation of the effect of the effectiveness of degassing measures on the methane abundance of preparatory workings // Bulletin of the Scientific Center for the Safety of work in the coal industry [Vestnik Nauchnogo centra po bezopasnosti rabot v ugolnoj promyshlennosti]. 2021. No. 2. P. 19–24. [In Russ.].