НАУЧНАЯ СТАТЬЯ
УДК 622.333:622.817.4
https://doi.org/10.56195/20793332-2026-26-5-125-129

SCIENTIFIC ARTICLE
UDC 622.333:622.817.4

Особенности метановыделения из отрабатываемого угольного пласта в зоне геологических нарушений

Е. В. Федоров, С. Б. Кулибаба✉, Н. А. Милетенко
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«Институт проблем комплексного освоения недр имени Н. В. Мельникова»
Российской академии наук (ИПКОН РАН), г. Москва, Российская Федерация
✉ *kulibaba_s@ipkonran.ru*

Резюме. Исследованы фактические данные работы очистного комплекса при пересечении разрывных геологических нарушений угольного пласта и работы в этих зонах скважин предварительной пластовой дегазации. На основе их анализа установлен характер изменения показателей метановыделения в очистное пространство, простоев на проветривание забоя лавы, а также параметров газоотдачи пласта в дегазационные скважины в зависимости от их расположения относительно зон геологических нарушений.

Ключевые слова: разрывные геологические нарушения, опасная зона, метановыделение, дебит метана, пластовая предварительная дегазация

Для цитирования: Федоров Е.В., Кулибаба С.Б., Милетенко Н.А. Особенности метановыделения из отрабатываемого угольного пласта в зоне геологических нарушений. *Маркшейдерия и недропользование*. 2026; 26 (5): 125-129. https://doi.org/10.56195/20793332-2026-26-5-125-129.

Characteristics of methane emission from a coal seam being mined in zones of geological discontinuities

E. V. Fedorov, S. B. Kulibaba✉, N. A. Miletenko
N. V. Melnikov Research Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources of the Russian Academy of Sciences (IPKON RAS), Moscow, Russian Federation
✉ *kulibaba_s@ipkonran.ru*

Abstract. Actual operational data from a longwall mining system were investigated regarding the intersection of fault-type geological discontinuities in the coal seam and the performance of preliminary in-seam degasification boreholes within these zones. Based on an analysis of this data, the study established the patterns of change in methane emission rates into the working area, downtime required for face ventilation, and gas yield parameters from the seam into degasification boreholes, depending on the boreholes' positioning relative to the zones of geological discontinuities.

Keywords: fault-type geological discontinuities, hazard zone, methane emission, methane flow r ate, p reliminary in-seam degasification

For citation: Fedorov E.V., Kulibaba S.B., Miletenko N.A. Characteristics of methane emission from a coal seam being mined in zones of geological discontinuities. *Mine Surveying and Subsurface Use.* 2026; 26 (5): 125-129. (In Russ.). https://doi.org/10.56195/20793332-2026-26-5-125-129.

Введение

Безопасность и эффективность подземной разработки сверхкатегорийных по метану угольных пластов зависит от степени их дегазации перед началом ведения очистных работ. В настоящее время применение современного высокопроизводительного оборудования при угледобыче в значительной степени сдерживается высокой метанообильностью разрабатываемых угольных пластов, что вызывает снижение нагрузки на очистные забои более, чем в 2,5 раза [1-3].

Метаноносность угольных пластов зависит от общих газодинамических процессов, протекавших в угленосных толщах, и от локальных геологических условий сохранения метана в недрах месторождения – степени метаморфизма угля, природной проницаемости, характера и интенсивности развития геологических нарушений [4, 5].

© Федоров Е. В., Кулибаба С. Б., Милетенко Н. А., 2026

Анализ фактических данных по пересечению фронтом очистных работ геологических нарушений свидетельствует о том, что последние могут оказывать значительное влияние на метановыделение на выемочной участок и дебит метана, каптируемого дегазационными скважинами [6, 7]. Даже мелкоамплитудные геологические нарушения с амплитудой смещения, не превышающей 0,2-0,4 мощности пласта, непосредственно влияют на режим работы очистного забоя, осложняют управление кровлей пласта, ухудшают качество добываемого угля, нарушают нормальное проветривание выемочного участка, повышают вероятность возникновения газодинамических явлений [8-10].

Зоны тектонических нарушений, как правило, характеризуются более низкими физико-механическими свойствами углепородного массива, высокой степенью дробления и трещиноватости, повышенной газоносностью [11, 12]. Наличие в углепородном массиве разрывных геологических нарушений с повышенной газопроницаемостью, изолированных от земной поверхности, обуславливает накопление в них свободного газа. Вскрытие таких разрывов подготовительными или очистными горными выработками сопровождается интенсивными газопроявлениями, и может существенно осложнить очистные работы, несмотря на работу скважин пластовой предварительной дегазации отрабатываемого пласта [13-15].

Методика исследований

Рассмотрим влияние геологических нарушений на показатели метановыделения на выемочный участок и в пластовые дегазационные скважины в условиях шахты

Шахта им. С. М. Кирова АО «СУЭК-Кузбасс» разрабатывает пласты Болдыревский и Поленовский и относится к сверхкатегорийной по метану – газоносность угольных пластов на достигнутых глубинах превышает 20 м^3/т. Отработка запасов угля вышележащего пласта Болдыревский ведется с опережением в плане на четыре выемочных столба (1300 м) относительно пласта Поленовский. В почве плата Болдыревский на глубине 9 м залегает пласт Промежуточный мощностью m = 1,6 м. Для выемочных участков рассматриваемых пластов предусмотрена комбинированная схема проветривания с отводом метановоздушной смеси из выработанного пространства с помощью поверхностных газоотсасывающих установок. С целью снижения метановыделения в выработанное пространство выемочных участков пластов и предотвращения выноса метана в действующие горные выработки также предусматривается предварительная пластовая дегазация угольных пластов (ППД) и комплексная дегазация выработанного пространства. Дегазация выработанного пространства на шахте им. С. М. Кирова осуществляется:

– вертикальными скважинами, пробуренными с земной поверхности в купол обрушения горных пород;

– скважинами, пробуренными из горных выработок в купол обрушения;

– трубопроводами, заведенными за изолирующие перемычки.

Рассмотрим влияние геологических нарушений на показатели метановыделения на выемочный участок и в пластовые дегазационные скважины в условиях шахты им. С. М. Кирова АО «СУЭК-Кузбасс»

В выемочном столбе лавы 24-64 пласта Болдыревский выделены четыре опасные зоны разрывных мелкоамплитудных нарушений: зона № 580 с амплитудой 0,4-0,8 м, № 429 (0,4-0,6 м), № 425 (0,3-0,6 м) и № 387 (0,6-1, м). Геологические нарушения № 580, 429 ориентированы вдоль оси выемочного столба лавы, а нарушения № 425, 387 – практически параллельно очистному забою. Протяженность указанных геологических нарушений существенно отличается – от 360 м до 27 м. Соответственно, и время фактического нахождения очистного забоя в опасной зоне геологического нарушения варьировалось от 43 суток до 17 суток.

На рис. 1 в качестве примера представлен геологический разрез по лаве с одним из разрывных нарушений – опасная зона № 387. Геологическое нарушение пересекает под углом падения 25-30° пласт Болдыревский, общая протяженность зоны нарушения по отрабатываемому пласту составляет около 27 м.



Рис. 1. **Геологическое разрывное нарушение зоны № 387 /**
Fig. 1. **Geological fault of zone No. 387**

Оценка влияния зон геологических нарушений на газовую обстановку в лаве осуществлялась по данным системы аэрогазового контроля шахты. Для этого определялись среднесуточные концентрации CH_4 в исходящей струе на выходе из лавы и метановыделение в очистное пространство, а также фактические простои очистного комплекса, связанные с необходимостью проветривания лавы при превышении концентрации метана нормативных значений. Указанные параметры определялись непосредственно в период нахождения очистного забоя в опасной зоне и в сопоставимых по размерам участкам выемочного столба, как до опасной зоны, так и и за ней.

Для оценки влияния геологических нарушений на метановыделение из отрабатываемого угольного пласта выполнялся анализ среднего дебита метана в пластовые скважины предварительной дегазации, удельного метановыделения в скважины $q_{ср}$ и концентрации метана в каптируемой скважиной смеси.

Результаты исследований и их обсуждение

В табл. 1 представлены средние величины определенных показателей по всем опасным зонам геологических нарушений в выемочном столбе лавы 24-64 пласта Болдыревский.

Анализ полученных результатов показывает, что при входе очистного забоя в зону геологического нарушения происходит существенное увеличение метановыделения в очистное пространство (рост на 12 %), концентрация метана в исходящей струе увеличивается на 9 %. Результатом указанных изменений является увеличение простоев на проветривание очистного забоя на 20 %.

При выходе из зоны геологического нарушения указанные показатели снижаются, но при этом превышают зафиксированные до входа очистного забоя в опасную зону значения.

При входе очистного забоя в зону геологического нарушения, которая является коллектором, вследствие разгрузки массива вскрывается обширная область перемятых газонасыщенных пород, по которой метан, в том числе из надработанного нижележащего пласта Промежуточный, поступает на выемочный участок, дополнительно осложняя тем самым газовую обстановку в очистном забое.

Таблица 1 / Table 1

Влияние геологического нарушения на метановыделение на выемочный участок / Influence of a geological disturbance on methane emission into a mining section

Показатели	До зоны	В зоне	За зоной
Метановыделение в очистное пространство Q, м³/мин	10,69	11,96	11,45
Концентрация метана в исходящей струе, %	0,62	0,67	0,65
Простои на проветривание лавы, мин/сут.	193	231	198

В условиях высокой природной газоносности отрабатываемого пласта Болдыревский (свыше 20 м³/т) на шахте применяется комплексная дегазация источников метановыделения, включающая в себя, в том числе, предварительную пластовую дегазацию (ППД). Указанная дегазация осуществляется перекрещивающимися скважинами длиной 185 м, которые бурятся под углами 60° и 80° к линии очистного забоя лавы из оконтуривающих выемочный столб подготовительных выработок. Срок каптажа метана скважинами ППД составляет в среднем от 400 до 600 суток до момента подхода к ним очистного забоя и демонтажа.

Для оценки влияния геологических нарушений на метановыделение в дегазационные скважины ППД был выполнен анализ работы пробуренных в пласт Болдыревский нисходящих и восходящих скважин, расположенных в 50-70 м до и после геологического нарушения, а также непосредственно в его зоне. Полученные результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2 / Table 2

Влияние геологического нарушения на метановыделение в пластовые дегазационные скважины / Influence of a geological disturbance on methane emission into in-seam degasification boreholes

Показатели	До зоны	В зоне	За зоной
Средний дебит пластовых дегазационных скважин, м³/мин	0,0024	0,0021	0,0024
Удельное метановыделение в скважины $q_{ср.}$, м³/м²сут.	0,0096	0,0091	0,0098
Концентрация CH_4 в каптируемой скважинами смеси, %	7,71	7,35	8,03

Как видно из таблицы, характер метановыделения в дегазационные скважины, пробуренные в зоне нарушения, прямо противоположен показателям метановыделения в очистной забой лавы. Если переход лавы через зону геологического нарушения сопровождается ростом метановыделения в очистное пространство, то здесь наоборот, и дебит скважин, и удельное метановыделение в скважины, и концентрация каптируемого метана в зоне геологического нарушения существенно ниже, чем для аналогичных скважин за пределами зоны влияния нарушения.

Установлено, что снижение концентрации CH_4 в каптируемой метановоздушной смеси составляет 9 % и 4 % соответственно для нисходящих (срок каптажа 630 сут.) и восходящих (срок каптажа 440 сут.) скважин в зоне геологического нарушения в сравнении со скважинами, работающими в крыльях геологического нарушения (до зоны и после зоны разрывного нарушения) при прочих равных условиях.

На рис. 2 представлен характер изменения метановыделения в очистное пространство и удельного метановыделения в дегазационные скважины пластовой предварительной дегазации в зонах геологических нарушений угольного пласта: 1 – до зоны, 2 – в зоне, 3 – за зоной.



Рис. 2. **Изменение характера метановыделения в зонах геологических нарушений. 1, 2, 3 – соответственно до зоны, в зоне и за зоной нарушений / *Fig. 2.* Changes in the nature of methane emission in zones of geological disturbances. 1, 2, 3 – before the disturbance zone, within the zone, and beyond the zone, respectively**

Выводы

Выполненные исследования показали, что характер метановыделения в очистное пространство и в пластовые скважины предварительной дегазации существенно отличаются.

При входе очистного забоя в зону геологического нарушения вскрывается на обширной площади зона перемятых газонасыщенных пород, происходит разгрузка от горного давления углепородного массива в почве отрабатываемого пласта, что приводит к росту метановыделения в очистное пространство, а соответственно, и вынужденных простоев на проветривание лавы.

После выхода очистного забоя из зоны влияния геологического нарушения показатели метановыделения и концентрации метана в исходящей струе снижаются, оставаясь при этом несколько выше соответствующих показателей, фиксируемых при работе лавы на участке выемочного столба до зоны нарушения.

Характер метановыделения в пластовые скважины предварительной дегазации противоположен выявленным закономерностям метановыделения в очистное пространство. Дегазационные скважины, пробуренные в зонах геологического нарушения, показывают при прочих равных условиях в течение всего срока каптажа (400-600 суток) на 12-15 % меньший средний дебит скважин и на 6-10% более низкие показатели удельного метановыделения по сравнению с аналогичными скважинами, работающими за пределами таких зон.

Указанные различия в газоотдаче пласта в дегазационные скважины связаны с тем, что при подготовке выемочного столба зоны геологических нарушений вскрываются и частично дегазируются подготовительными выработками – вентиляционной и конвейерной печами лавы 24-64. Именно поэтому у скважин ППД, пробуренных и работающих в этой частично дегазированной зоне геологических нарушений удельное метановыделение, концентрация метана и средний дебит ниже чем у соседних кустов аналогичных скважин, расположенных за пределами зоны нарушения.

Таким образом, наличие в угольном пласте зон разрывных геологических нарушений при их пересечении очистным забоем оказывает значимое влияние на параметры метановыделения на выемочный участок и дебит метана, каптируемого скважинами пластовой предварительной дегазации, что требует своевременного выявления таких зон и принятия мер по заблаговременной интенсификации газоотдачи в скважины на таких участках.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Рубан А.Д., Забурдяев В.С., Матвиенко Н.Г., Артемьев В.Б. Основы проектирования дегазации угольных шахт и рудников России. Т. 9: Рудничная аэрология. М.: Библиотека горного инженера, 2011; 271.
   Ruban A.D., Zaburdyaev V.S., Matvienko N.G., Artemyev V.B. Fundamentals of Designing Degassing Systems for Russian Coal Mines. Vol. 9: Mine Aerology. Moscow: Mining Engineer's Library, 2011; 271. (In Russ.).
2. Ютяев Е.П. Проблемы совершенствования технологии пластовой дегазации в условиях интенсивной разработки. *ГИАБ.* 2015; 7: 253-261.
   Yutyaev E.P. Challenges in Improving Seam Degassing Technology Under Conditions of Intensive Mining. *GIAB.* 2015; 7: 253-261. (In Russ.).
3. Шмат В.Н. Разработка технологии пластовой дегазации выбросоопасных пластов в условиях их интенсивной и безопасной отработки. *ГИАБ*. 2014; 6: 185-201.
   Shmat V.N. Development of Seam Degassing Technology for Outburst-Prone Seams During Intensive and Safe Mining Operations. *GIAB*. 2014; 6: 185-201. (In Russ.).
4. Сластунов С.В., Ермак Г.П. Обоснование выбора и эффективная реализация способов дегазации при интенсивной отработке газоносных угольных пластов – ключевой вопрос обеспечения метанобезопасности угольных шахт. *Уголь*. 2013; 1: 21-24.
   Slastunov S.V., Ermak G.P. Justification of Selection and Effective Implementation of Degassing Methods During Intensive Mining of Gassy Coal Seams: A Key Issue in Ensuring Methane Safety in Coal Mines. *Ugol*. 2013; 1: 21-24. (In Russ.).
5. Малышев Ю.Н., Айруни А.Т. Комплексная дегазация угольных шахт. М: Изд-во Академии горных наук, 1999; 327.
   Malyshev Yu.N., Airuni A.T. Integrated Degassing of Coal Mines. Moscow: Publishing House of the Academy of Mining Sciences, 1999; 327. (In Russ.).
6. Окалелов В.Н., Лисянский П.Л. О метановыделении в окрестности геологических нарушений. Сборник научных трудов ДонГТУ. 2012; 37: 64–68.
   Okalelov V.N., Lisyansky P.L. On Methane Emission in the Vicinity of Geological Faults. Collection of Scientific Papers of DonGTU. 2012; 37: 64–68. (In Russ.).
7. Забурдяев В.С., Малинникова О.Н., Трофимов В.А. Метанообильные шахты: добыча угля, газовыделение, метановая опасность. Калуга: Изд-во Манускрипт, 2020: 334.
   Zaburdyaev V.S., Malinnikova O.N., Trofimov V.A. High-Methane Mines: Coal Extraction, Gas Emission, and Methane Hazards. Kaluga: Manuskript Publishing House, 2020: 334. (In Russ.).
8. Norbert S., Pajdak A., Kozieł K., Braga L.T.P. Methane Emission during Gas and Rock Outburst on the Basis of the Unipore Model. *Energies*. 2019; 12 (10): 1999. https://doi.org/10.3390/en12101999.
9. Лупий М.Г. Исследование газопроницаемости пород междупластий после их подработки и надработки с учетом геодинамических и геомеханических факторов. *Маркшейдерия и недропользование*. 2025; 25 (2): 60–68. https://doi.org/10.56195/20793332-2025-25-2-60-68.
   Lupiy M.G. Investigation of gas permeability of inter-seam rocks following under-mining and over-mining, taking into account geodynamic and geomechanical factors. *Mine Surveying and Subsurface Use*. 2025; 25 (2): 60–68. (In Russ.). https://doi.org/10.56195/20793332-2025-25-2-60-68.
10. Шубина Е.А., Харкевич А.С. Особенности и проблемы расчёта и построения границ опасных зон у разрывных нарушений угольных пластов. *Маркшейдерия и недропользование*. 2023; 2: 44–55. https://doi.org/10.56195/20793332_2023_2_44_55.
    Shubina E.A., Kharkevich A.S. Specifics and challenges in calculating and delineating hazard zones associated with faulting in coal seams. *Mine Surveying and Subsurface Use*. 2023; 2: 44–55. (In Russ.). https://doi.org/10.56195/20793332_2023_2_44_55.
11. Григорьев В.Е., Любич Г.А., Тихонова С.Д. Горно-геометрический анализ разрывных нарушений угольных пластов. *Уголь*. 1988; 6: 61-63.
    Grigoryev V.E., Lyubich G.A., Tikhonova S.D. Mining-geometric analysis of coal seam faults. *Ugol*. 1988; 6: 61-63. (In Russ.).
12. Очеретенко И.А., Корицкий А.А., Шевелягин Е.В. Пластовые тектонические нарушения и их влияние на разработку углей. Роль тектоники в формировании горно-геологических факторов угольных месторождений. Л.: ВСЕГЕИ, 1983: 161-169.
    Ocheretenko I.A., Koritsky A.A., Shevelyagin E.V. Tectonic seam faults and their impact on coal mining. The role of tectonics in the formation of mining-geological factors in coal deposits. Leningrad: VSEGEI, 1983: 161–169. (In Russ.).
13. Шевченко Л. А., Костеренко В. Н., Смирнов О. В. Аэрология горных предприятий. М.: Горная книга, 2020: 224.
    Shevchenko L. A., Kosterenko V. N., Smirnov O. V. Aerology of mining enterprises. Moscow: Gornaya Kniga, 2020: 224. (In Russ.).
14. Усенбеков М.М., Исабек Т.К., Полчин А.И., Жумабаева А.К. Динамика метановыделений при ведении горных работ в зонах геологических нарушений. *ГИАБ*. 2022; 12: 141-151. https://doi.org/10.25018/0236_1493_2022_12_0_141.
    Usenbekov M. M., Isabek T. K., Polchin A. I., Zhumabaeva A. K. Dynamics of methane emission during mining operations in zones of geological disturbances. *GIAB*. 2022; 12: 141–151. (In Russ.). https://doi.org/10.25018/0236_1493_2022_12_0_141.
15. Сластунов С.В., Ютяев Е.П., Мазаник Е.В., Садов А.П. Разработка и совершенствование технологий пластовой дегазации для эффективной и безопасной отработки угольных пластов. *ГИАБ*. 2018; 11: 13-22. https://doi.org/10.25018/0236-1493-2018-11-49-13-22.
    Slastunov S. V., Yutyaev E. P., Mazanik E. V., Sadov A. P. Development and improvement of in-seam degassing technologies for efficient and safe coal seam mining. *GIAB*. 2018; 11: 13–22. (In Russ.). https://doi.org/10.25018/0236-1493-2018-11-49-13-22.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Евгений Вячеславович Федоров –
канд. техн. наук, зав. отделом,
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт проблем комплексного освоения недр имени Н. В. Мельникова» Российской академии наук (ИПКОН РАН), г. Москва, Российская Федерация;
e-mail: fedorov_e@ipkonran.ru

Сергей Борисович Кулибаба –
д-р техн. наук, проф., вед. научн сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт проблем комплексного освоения недр имени Н. В. Мельникова» Российской академии наук (ИПКОН РАН), г. Москва, Российская Федерация; https://orcid.org/0000-0001-8051-7381; e-mail: kulibaba_s@ipkonran.ru

Наталья Александровна Милетенко –
канд. техн. наук, ст. научн сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт проблем комплексного освоения недр имени Н. В. Мельникова» Российской академии наук (ИПКОН РАН), г. Москва, Российская Федерация;
https://orcid.org/0000-0002-5594-3036;
e-mail: nmilet@mail.ru

Критерии авторства:
Авторы заявляют о равном вкладе в работу.

Конфликт интересов:
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Информация о статье
Поступила в редакцию: 24.08.2026
Поступила после рецензирования: 10.09.2026
Принята к публикации: 13.10.2026

ABOUT THE AUTHOR

Evgeniy V. Fedorov –
Cand. Sci. (Eng.), Department Head, N. V. Melnikov Research Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources of the Russian Academy of Sciences (IPKON RAS), Moscow, Russian Federation;
e-mail: fedorov_e@ipkonran.ru

Sergey B. Kulibaba –
Dr. Sci. (Eng.), Professor, Leading Researcher, N. V. Melnikov Research Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources of the Russian Academy of Sciences (IPKON RAS), Moscow, Russian Federation;
https://orcid.org/0000-0001-8051-7381;
e-mail: kulibaba_s@ipkonran.ru

Natalya A. Miletenko –
Cand. Sci. (Eng.), Senior Researcher, N. V. Melnikov Research Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources of the Russian Academy of Sciences (IPKON RAS), Moscow, Russian Federation;
https://orcid.org/0000-0002-5594-3036;
e-mail: nmilet@mail.ru

Contribution:
The authors declare the equal contribution to the work in the article.

Conflict of interest:
The authors declare no conflict of interest.

Article info
Received: 24.08.2026
Revised: 10.09.2026
Accepted: 13.10.2026