Оригинальная статья

Original Paper

УДК 622.831.1 © М.В. Шванкин✉[1], А.В. Бондарев[1], Е.В. Аушев[2], Н.Ю. Дацкевич[3], М.С. Сидоров[4], 2026

[1] ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», 199106, г. Санкт-Петербург, Россия
[2] ООО Инжиниринговый центр «АМС», 650000, г. Кемерово, Россия
[3] ООО «Шахта «Осинниковская», 652804, г. Осинники, Россия
[4] ООО «Распадская угольная компания», 654079, г. Новокузнецк, Россия
✉ e-mail: vnimi-sgu@yandex.ru

UDC 622.831.1 © M.V. Shvankin✉[1], A.V. Bondarev[1], E.V. Aushev[2], N.Yu. Datskevich[3], M.S. Sidorov[4], 2026

[1] Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University, Saint Petersburg, 199106, Russian Federation
[2] AMS Engineering Center LLC, Kemerovo, 650000, Russian Federation
[3] Shakhta «Osinnikovskaya LLC, Osinniki, 652804, Russian Federation
[4] Raspadskaya Coal Company LLC, Novokuznetsk, 654079, Russian Federation
✉ e-mail: vnimi-sgu@yandex.ru

Активизация техногенной сейсмичности при очистных работах в границах разрывных нарушений*

Activation of technogenic seismicity during stoping operations when approaching the boundaries of discontinuous faults

DOI: http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2026-8-90-98

ШВАНКИН М.В.
Канд. техн. наук, заведующий сектором лаборатории геодинамической безопасности, Научный центр геомеханики и проблем горного производства ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», 199106, г. Санкт-Петербург, Россия, e-mail: vnimi-sgu@yandex.ru

БОНДАРЕВ А.В.
Ведущий инженер лаборатории геодинамической безопасности, Научный центр геомеханики и проблем горного производства ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», 199106, г. Санкт-Петербург, Россия, e-mail: alex_bondarev78@mail.ru

Дизъюнктивные геологические нарушения в угленосных толщах распространены на всех угольных месторождениях. В зависимости от размеров и амплитуд смещения технология перехода нарушенных геологических структур действующими очистными забоями, представленными в пределах горного отвода шахты, имеет многократно проверенные варианты и методы. Во всех вариантах, и согласно действующим нормам, на удароопасных пластах геологическое нарушение есть опасная зона, что предопределяет ограниченность параметров техногенного воздействия на этот нарушенный массив и формирует модель отклика массива горных пород. Исследование геомеханических процессов, связанных с активизацией перераспределения действующих напряжений в угольных пластах и вмещающих породах при поэтапной отработке лав пласта E_5 шахты «Осинниковская» и влиянием естественных тектонических нарушений, необходимо для решения вопросов безопасной отработки перспективных выемочных участков в схожих условиях. Преобразование пространственно-временных распределений геомеханических и геофизических величин в пределах выемочных участков очистных забоев на угольных шахтах является, в первую очередь, последствиями техногенного вмешательства. Характер взаимодействия тектонических блочных структур на их границах и технологические процессы добычи угля существенно трансформируют исходное поле природных напряжений. Параметры реакции геологической среды можно считывать по данным геофизических методов контроля, которые широко используются в рамках реализации МФСБ в угольных шахтах.

Ключевые слова: *многофункциональная система безопасности, тектоническая нарушенность, удароопасность, напряженно-деформированное состояние, массив горных пород, зона влияния тектонического нарушения.*

** Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (FSRW-2026-0003 Исследование процессов комплексного освоения недр Земли и глубокой переработки ресурсов).*

Для цитирования: Активизация техногенной сейсмичности при очистных работах в границах разрывных нарушений / М.В. Шванкин, А.В. Бондарев, Е.В. Аушев и др. // Уголь. 2026;(8):90-98. DOI: 10.18796/0041-5790-2026-8-90-98.

Abstract

Disjunctive geological faults in coal-bearing strata are widespread across all coal deposits. Depending on their size and displacement amplitude, the technology for traversing disturbed geological structures with active stoping faces (within the mine's mining lease area) includes multiple proven variants and methods. In all cases, and in accordance with current regulations, geological faults in rock-burst-hazardous seams are classified as hazardous zones. This determines the limited parameters for anthropogenic impact on the disturbed rock mass and shapes the response model of the rock mass.

The study of geomechanical processes related to the potential activation of mutual influence between coal and rock disintegration processes during the staged mining of longwalls in seam E_5 at the «Osinnikovskaya» mine and natural tectonic faults is essential for addressing the safe mining of prospective extraction panels under similar conditions. The transformation of spatio-temporal distributions of geomechanical and geophysical parameters within extraction panels of stoping faces in coal mines is primarily a consequence of anthropogenic intervention.

The nature of interaction between tectonic block structures at their boundaries, along with coal mining technological processes, significantly transforms the initial stress field. The response parameters of the geological environment can be monitored using geophysical monitoring methods, which are widely employed within the framework of integrated mine safety and the Multifunctional Safety System (MFSS) in coal mines.

Keywords

Multifunctional Safety System, tectonic disturbance, impact hazard, stress-strain state, rock mass, zone of tectonic fault influence

Acknowledgements

The research was carried out within the state assignment of Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (FSRW-2026-0003).

For citation

Shvankin M.V., Bondarev A.V., Aushev E.V., Datskevich N.Yu., Sidorov M.S. Activation of technogenic seismicity during stoping operations when approaching the boundaries of discontinuous faults. *Ugol'*. 2026;(8): 90-98. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2026-8-90-98.

АУШЕВ Е.В.
Заместитель технического директора по научной работе и инновациям ООО Инжиниринговый центр «АМС», 650000, г. Кемерово, Россия, e-mail: Aushev.EV@yandex.ru

ДАЦКЕВИЧ Н.Ю.
Заместитель главного инженера по технологии ООО «Шахта «Осинниковская», 652804, г. Осинники, Россия, e-mail: Nikolay.Datskevich@raspadskaya.ru

СИДОРОВ М.С.
Технический директор ООО «Распадская угольная компания», 654079, г. Новокузнецк, Россия, e-mail: Maksim.Sidorov@raspadskaya.ru

ВВЕДЕНИЕ

Одна из задач, стоящих перед проектными и исследовательскими организациями, производственными службами угольных шахт – это минимизация числа непереходимых (или переходимых с буровзрывными работами) нарушений и обеспечение качественного исследования горного массива, локализации границ и оконтуривание зон влияния всех геологических нарушений в пределах горных отводов отрабатываемых шахтных полей [1]. Это относится и к зонам тектонических нарушений с преобладанием разгруженных зон с высокой трещиноватостью и низкой устойчивостью и к нарушениям с преобладанием напряженных, удароопасных зон [2].

В условиях отработки пласта E_5 шахты «Осинниковская» геологические характеристики в пределах выемочных участков весьма разнообразны. Причиной тому является природная тектоническая нарушенность. Выемочный участок лавы № 4-1-5-9 разбит непереходимым нарушением H_7 на два участка, № 4-1-5-9 (1) и № 4-1-5-9 (2). В настоящей публикации рассмотрим характер взаимодействия

геомеханических и геофизических полей в пределах выемочного участка лавы № 4-1-5-9 (2) в блоке № 4 пласта E_5 шахты «Осинниковская». Блок № 4 расположен в южной части шахтного поля и имеет границы на севере и западе – нарушение «Н», на юге лицензионную границу шахтного поля, на востоке разведочную линию XI-V. Блок представляет собой лежачее крыло крупного взброса «Н». Угольный пласт E_5 на юго-востоке (лежачее крыло нарушения «Н») и северо-востоке (оба крыла) имеет очень сложное строение с увеличением количества породных прослоев на этом участке пласта угля до шести [3].

Источниками повышенных рисков являются любые нарушения выдержанного залегания угольного пласта, его почвы и кровли, их общей структуры, свойств и состояния [4]. Анализ кинематических и динамических параметров сейсмических волн и их изменений во времени позволяет выделить области массива вне зон активности тектонических нарушений. При отсутствии отличительных геологических признаков опасности разрывного нарушения они выявляются характерными признаками влияния дизъюктива на сейсмические процессы, другими словами, изменения напряженного состояния массива горных пород у сместителей связано с перераспределением полей природных напряжений и воздействия на них технологических процессов ведения горных работ.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В рассматриваемых условиях выемочного участка лавы № 4-1-5-9 изменения поля сейсмичности связаны с его техногенными и геологическими особенностями:

– сложное геологическое строение месторождения (изменение мощности угольного пласта, широкое развитие разрывной тектоники и т.п.);

– неоднородность полей природных и действующих напряжений, расположенных на участках шахтного поля между крупными тектоническими структурами;

– изменение физических свойств вмещающих пород и угольных пластов в небольших объемах;

– технологические причины (искривление линии фронта очистных работ, изменения интенсивности ведения горных работ и т.п.) [5].

Исследованиями прошлых лет уточнены амплитуды дизъюнктивных нарушений в плоскости пласта E_5 блока № 4 и установлены их зоны влияния. Дизъюнктивные нарушения блока № 4, пласта E_5 по форме и типу являются согласными диагональными взбросами, а нарушения H_0, H_7, H_{7-1}, H_8 определены как непереходимые для механизированных комплексов по критерию отношения амплитуды к мощности пласта. Восточное крыло Шелканской синклинали имеет падение 10-30° и разбито несколькими нарушениями, из них наибольшую амплитуду вертикального смещения (10 м) имеет взброс «Н», прослеживающийся по всем разведочным линиям, сместитель которого падает под углом 15-30°, а амплитуда колеблется от 100 до 150 м.

В лежачем крыле нарушения «Н» северо-восточнее разведочной линии VII-III имеется семь дизъюнктивных нарушений средней амплитуды взбросового характера протяженностью до 1 км и больше. Все нарушения ориентированы с юга на север и падают на запад под углами 30-60°. Наряду с вышеописанными крупными нарушениями имеется еще ряд мелких нарушений с небольшой амплитудой и малой протяженностью [6].

На основании результатов исследований установлено, что при подходе к ослабленному углю в зонах влияния тектонического нарушения вероятность динамических явлений при ведении работ в лежачем крыле возрастает, в связи с чем осуществлять отработку пласта рекомендуется в направлении от нарушения в сторону ненарушенного массива [7].

Угол встречи линии очистного фронта относительно ориентации геологического нарушения является ключевым условием безопасной отработки. Наиболее неблагоприятные условия возникают при угле встречи более 90° (*рис. 1*), в такой ситуации происходит уменьшение размеров целика между дизъюнктивом и линией очистного забоя с увеличением напряжений в данном целике, что формирует условия для динамического разрушения угля.

Область отработки лавы № 4-1-5-9 (2) практически не пересекает опасные зоны, рассчитанные по нормативным методикам. Областью ведения очистных работ были затронуты лишь зона выезда из монтажной камеры (1) и зона влияния разрывных нарушений H_7 и H_8 со стороны вентиляционного штрека № 4-1-5-9 (2). При этом условия отработки характеризуются признаками тектонически разгруженных (ТРЗ) или тектонически ослабленных зон (ТОЗ): снижением действующих напряжений, высокой трещиноватостью и меньшей крепостью угля с преобладанием открытой пористости и свободного метана, неустойчивостью кровли и стенок выработок [8]. Наиболее ярко проявляется тектоническая трещиноватость, сформировавшаяся при образовании дизъюктива и создающая обширную зону влияния, параметры которой установлены по данным геофизических наблюдений.

Участок лавы № 4-1-5-9 (2) заключен в условия повсеместного влияния тектонических структур, при этом серии взбросов образовали ступенчатую структуру пласта – согласные и несогласные сопряженные взбросы (*рис. 2*).

Специалисты шахты для оценки влияния геологически нарушенных структур (установление границ опасной зоны) пользуются известной формулой (1) из «Инструкции по прогнозу динамических явлений…»[1]:

$$d = (B + 0{,}5l), \quad (1)$$

где l – величина зоны опорного давления лавы, м; B – ширина зоны влияния тектонического нарушения, которая в представленном случае вычисляется по формуле (2) или (3) в зависимости от расположения относительно нарушения:

Лежачее крыло – $B = 2{,}5\sqrt{N}$; (2)

Висячее крыло – $B = 5\sqrt{N}$. (3)

[1] *Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Инструкция по прогнозу динамических явлений и мониторингу массива горных пород при отработке угольных месторождений» (утв. приказом Ростехнадзора от 10.12.2020 № 515).*

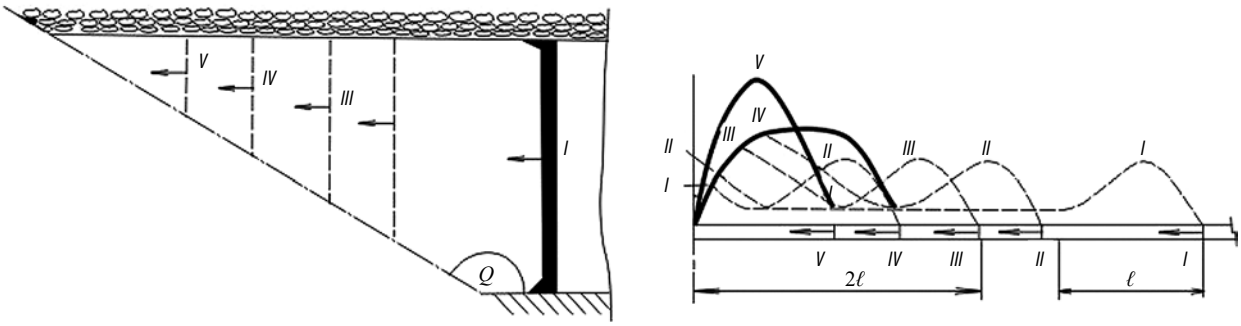

Рис. 1. Схемы подхода очистных работ к дизъюнктивным нарушениям [6]

Fig. 1. Schemes of approach of cleaning operations to disjunctive violations [6]

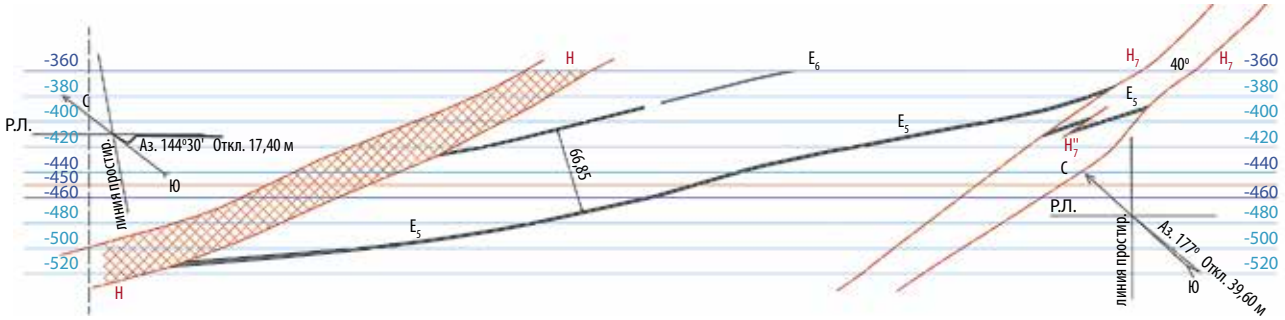

Рис. 2. Геологический разрез с указанием тектоники, приуроченной к отработке выемочного участка лавы № 4-1-5-9 (2) [составлен авторами]

Fig. 2. Geological section showing the tectonics associated with the extraction of lava No. 4-1-5-9 (2) [compiled by the authors]

Для лежачего крыла взброса «Н» размер зоны влияния составит $B = 2,5\sqrt{150} = 30,6$ м, для лежачего крыла нарушения H_7 $B = 5\sqrt{35} = 29,5$ м.

Соответственно, ширина опасной зоны взброса «Н» составит $d = 30,6 + 0,5\times100 = 80,6$ м, нарушения H_7 – $d = 29,5 + 0,5\times100 = 79,5$ м (по расчетам специалистов шахты).

По расчетам ВНИМИ (2015 г.) для нарушения «Н» на достигнутой глубине 900 м зона тектонического влияния нарушения – 115 м, опасная зона по ведению горных работ – 164 м. Для нарушения H_7 зона тектонического влияния нарушения – 49 м, опасная зона по ведению горных работ – 75 м.

Более мелкие (переходимые) нарушения не рассматриваются. Безусловно, в пределах опасных зон ведение горных работ должно осуществляться с дополнительными мерами безопасности [9, 10].

На этапе проходческих работ (2022-2024 гг.) при подготовке выемочного участка лавы № 4-1-5-9 (2) проведены серии наблюдений за физико-механическими (ФМС) и фазово-физическими (ФФС) свойствами угля в зоне влияния геологических нарушений и вне них. По результатам ФФС-метода, который является инструктивным, при исследовании в четырех точках отбора (разведочный, конвейерный штрек, монтажная камера и дегазационный штрек № 4-1-5-9) получены значения показателя сорбционной пористости $G_{мг}$ = 0,492; 0,496; 0,469; 0,461, что менее 0,5, и, согласно методике ВНИМИ, классифицирует уголь как несклонный к динамическим явлениям в виде горных ударов.

Испытания образцов из этих же выработок показали следующие средние значения: предел прочности при одноосном сжатии $\sigma_{сж}$ составил 2,52 МПа (верхняя пачка) и 4,06 МПа (нижняя пачка); предел прочности при растяжении $\sigma_р$ – 0,32 МПа и 0,52 МПа соответственно (по данным испытаний в дегазационном штреке, февраль 2024 г.). Таким образом, фактические значения $\sigma_{сж}$ превышают ранее приводимый диапазон 1,689-1,96 МПа, что свидетельствует о более высокой прочности угля в изученных точках по сравнению с первоначальными оценками. При этом отмечена значительная изменчивость свойств (коэффициенты вариации достигают 74% по прочности), что указывает на неоднородное строение пласта и возможное снижение прочности в зонах повышенной трещиноватости.

Учитывая, что угольный пласт и вмещающие породы образуют единую геомеханическую систему, а выявленное снижение прочностных характеристик угля, вероятно, связано с действием общих факторов (глубина залегания, тектоническая нарушенность, напряженно-деформированное состояние массива), можно предположить, что вмещающие породы в тех же горно-геологических условиях могут демонстрировать сходную тенденцию к снижению прочности. Однако ввиду отсутствия прямых испытаний пород кровли и почвы данное предположение остается гипотетическим и требует подтверждения дополнительными исследованиями.

При этом следует напомнить, что однозначного варианта определения ширины зоны влияния геологических нарушений нет, так как ширина зоны зависит от типа пород, напряженного состояния и определяющего свойства, по которому строится зона. И тогда реальный размер влияния опасных зон может быть оценен для каждого нарушения только по результатам натурных измерений [11].

В таких условиях негативные геомеханические процессы развиваются в два этапа [12]. Первый скрытый этап, зачастую не устанавливаемый геологическими и геомеханическими средствами (требующий для своего изучения шлифов и коллекторских свойств), состоит в прорастании микротрещин и их слиянии, а также зачастую ослаблении стенок микротрещин и зарождающихся макротрещин за счет воздействия воды. Второй явный этап начинается либо с серьезной деформации, а чаще – с обрушения кровли и продолжается в форме быстро развивающегося процесса разуплотнения угля и вмещающих пород в результате совместного действия процессов разгрузки действующих напряжений и раскрытия трещин (дробления) и действия напряжений на достигнутых глубинах. Учитывая, что развитие второго этапа разуплотнения угля протекает с нарастающим темпом и требует значительных усилий и специальных мероприятий для замедления и остановки самого процесса разуплотнения, а также сопутствующих ему куполообразования и отжима угольного пласта, переход этого процесса из скрытой формы в явную, особенно при выраженных исходных признаках повышенной микротрещиноватости, зависит от размеров и конфигурации выработанного пространства, зачастую он не происходит в подготовительных выработках с шириной 4-6 м, но развивается в очистных выработках длиной 200-300 м, в первую очередь при остановках лавы. Высокая скорость подвигания лавы способствует предотвращению развития этого процесса, за счет недостатка времени для его развития и перехода из скрытой формы в явную, в связи с чем при ведении очистных работ необходимо поддерживать оптимальную скорость подвигания, не допуская низкой скорости и простоев, а также предусматривать опережающее подвигание механизированной крепи.

Перечисленные особенности приводят к локализации разрушений в пределах небольших площадей, прежде всего в зоне формирования опережающей разгрузки (опорного давления) очистного забоя, где сейсмические события являются результатом перераспределения действующих напряжений в деформируемом массиве, который приводит к трансформации НДС исследуемой области.

Для оценки количества и уровня энергии сейсмических событий, возникающих при реализации геомеханических процессов на исследуемом участке шахтного поля, использованы данные микросейсмического метода, реализованного на шахте с помощью сейсмостанции GITS (изготовитель АО «ВНИМИ» [13]). На этапе горно-подготовительных работ отмечена незначительная сейсмическая активность, при этом прослеживается влияние тектонических структур и отработки лавы № 1-1-5-8 на смежном участке шахтного поля.

Поле выемочного участка лавы № 4-1-5-9 (2) вписано между двумя геологическими структурами (расстояние между ними – 600 м), которые имеют непосредственное влияние на НДС массива между ними, в том числе и на сейсмическую обстановку. Указанные геологически нарушенные структуры имеют отношение к локальной перестройке полей напряжений, но в пределах исследуемой области. По совокупности мелкие дизъюнктивы создают сильно нарушенную зону, охватывающую основные геологические нарушенные структуры. Об этом свидетельствует сейсмическая активность периода отработки 2023-2024 гг., когда очистные работы велись в лаве № 1-1-5-8 бис (удаление от горно-подготовительных работ – более 1 км), а сейсмическая активность (*рис. 3*) наблюдалась в том числе и в пределах подготовки выемочного участка лавы № 4-1-5-9 (2) (*левая часть рисунка*).

Суммарно за период отработки лавы № 4-1-5-9 (2) зарегистрировано 5097 сейсмических событий (период с мая по ноябрь 2025 г.), это весьма существенная активность за весь период наблюдений на шахте. При анализе сейсмичности прежде всего рассматривалась область выемочного участка, поэтому в качестве фильтра использованы координаты сейсмического события с привязкой ±100 м к текущим координатам отработки лавы по глубине. После фильтрации к анализу приняты 1768 сейсмических событий с диапазоном энергий 9,0-9351,0 Дж.

К учету принят и угол полных сдвижений φ_3 (φ_3 = 53°), и высота зоны полных сдвижений. Соответственно, после первичного обрушения пород основной кровли начался процесс посадки пород основной кровли. Характер обрушения первого слоя пород основной кровли можно описать как деформирование по естественным трещинам, т.е. фактически это не разлом, а раскрытие естественных трещин.

Согласно Борисову А.А. (1980 г.), высота зоны обрушения составляет (4):

$$h_{\text{обр}} = \frac{m}{k_{\text{р}} - 1}, \qquad (4)$$

где $k_{\text{р}}$ – коэффициент разрыхления (в рассматриваемых условиях для пласта мощностью 3 м) принят 1,35.

Согласно В.Д. Слесареву (1948 г.), зона трещинообразования равна $1{,}5h_{\text{обр}}$, зона прогиба – $2h_{\text{обр}}$, зона активного сдвижения – $3h_{\text{обр}}$.

В исследуемых условиях $h_{\text{обр}}$ составит 8,3 м, соответственно, зона трещинообразования составит – 12,4 м, зона прогиба – 16,6 м, зона активного сдвижения – 24,9 м.

Используя теорию защитных пластов (И.М. Петухов, 1976 г.), над зоной обрушения толща горных пород подвергается трещинообразованию на величину ~10-20 *m* (в исследуемых условиях – 30-60 м). Применяя указанные подходы к текущим условиям, получаем, что активное сдвижение пород кровли начинается в пределах высоты 25 м от пласта E_5 до высоты 60 м. Вышележащие слои породы также прогибаются, без разрыва сплошности. Но, учитывая, что выше указанной высоты находятся породы зоны влияния тектонического нарушения «Н», описываемые ниже процессы можно охарактеризовать по упрощенной схеме. В зоне активного сдвижения отработки пласта E_5 расположены пласт E_6 (самый «хрупкий» элемент в стратиграфической колонке выше отрабатываемого пласта E_5) и далее породы зоны влияния тектонического нарушения и само нарушение «Н». Поэтому диапазон исследования по глубине составил минус 380 м – минус 500 м (абс. отметки) и выбран не случайно, так как в этом диапазоне достигнуты максимальные показатели по числу сейсмических событий и суммарной энергии этих событий. В кровле события группируются на удалении до 25 м в среднестатистических

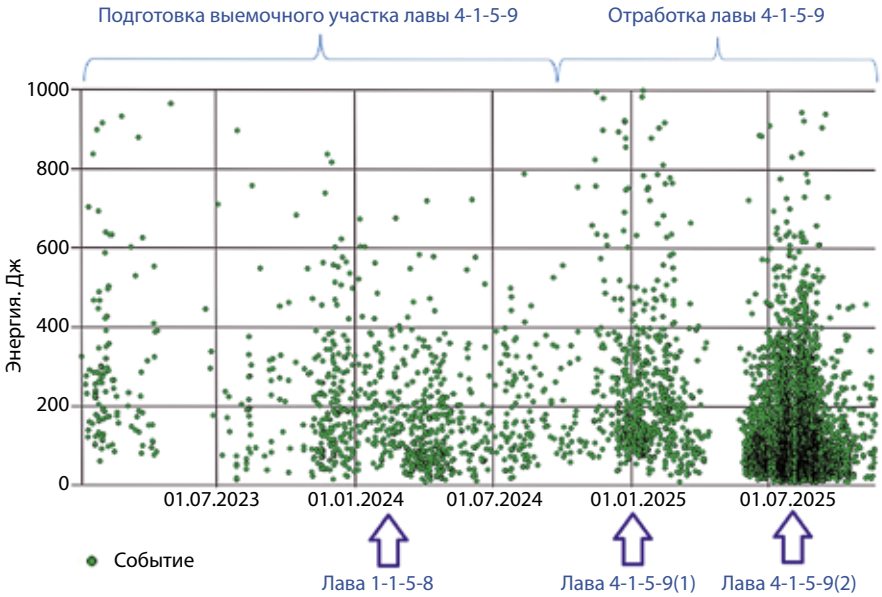

Рис. 3. Сейсмическая активность в период подготовки и отработки выемочного участка лавы № 1-4-5-9 [составлен авторами]

Fig. 3. Seismic activity during the preparation and mining of the 1-4-5-9 lava section [compiled by the authors]

показателях по их числу. Максимум приходится на июль и август 2025 г. при глубине минус 410 м (июль – пласт E_6) и в диапазоне от минус 450 м до минус 440 м (август – тектоническое нарушение), а также минус 430 м (август – пласт E_6). Подрабатываемый пласт E_6 расположен на удалении по нормали соответственно в 70 м и 65 м (для июля и августа 2025 г.), тектоническое нарушение «Н» соответственно в 100 м и 70 м (для июля и августа 2025 г.).

Группирование (кластеризация) сейсмических событий по пространственному признаку позволяет выявить зоны повышенной сейсмической активности, связанные с конкретными геологическими структурами или техногенными процессами (*рис. 4*). В рассматриваемых условиях такая кластеризация была проведена с предварительной фильтрацией по времени (интересовали периоды наивысшей сейсмической активности). Результаты следующие: некоторые события, сформированные в кластер, приурочены к определенному разрывному нарушению, что характеризует степень его активности. Некоторые, наоборот, имеют сугубо техногенную основу и характеризуют процессы естественного обрушения пород основной кровли при движении очистного забоя [14].

Дополнительно к указанному выше влиянию геологического нарушения «Н» и концентрации сейсмических событий в плоскости пласта E_6 (заведомо менее прочному, чем вмещающие породы) обращает на себя внимание тот факт, что даже в период демонтажа (перемонтажа) механизированного комплекса лавы № 4-1-5-9 (2) сейсмическая активность внутри контура не прекратилась [15]. Остаточные процессы сдвижения и уплотнения горных пород в выработанном пространстве затрагивают достаточно длительные периоды времени (так, срок защитного действия при подработке удароопасного пласта составляет 5 лет) [16]. Но характер группирования (*рис. 5*) формирует картину иных процессов, более схожих по форме проявления с локально сгруппированными сейсмическими событиями в пост инерционной фазе под влиянием тектонической особенности шахтного поля.

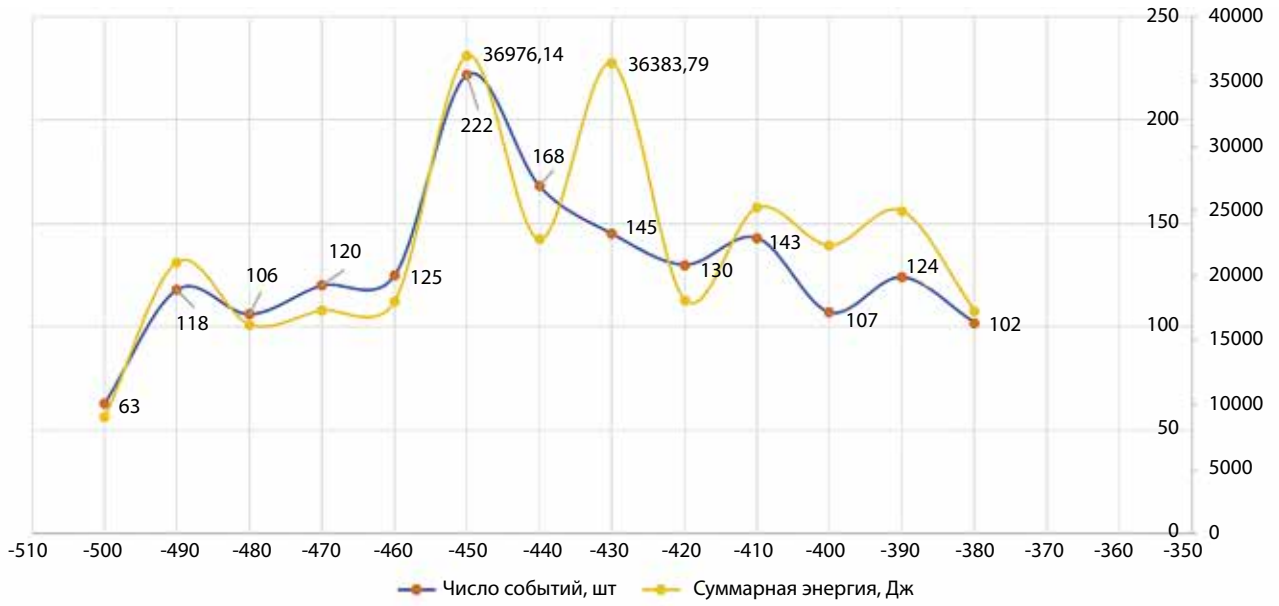

Рис. 4. Группирование (кластеризация) сейсмических событий по пространственному признаку в период отработки лавы № 4-1-5-9 (2) [составлен авторами]

Fig. 4. Grouping (clustering) of seismic events by spatial attribute during the processing of lava No. 4-1-5-9 (2) [compiled by the authors]

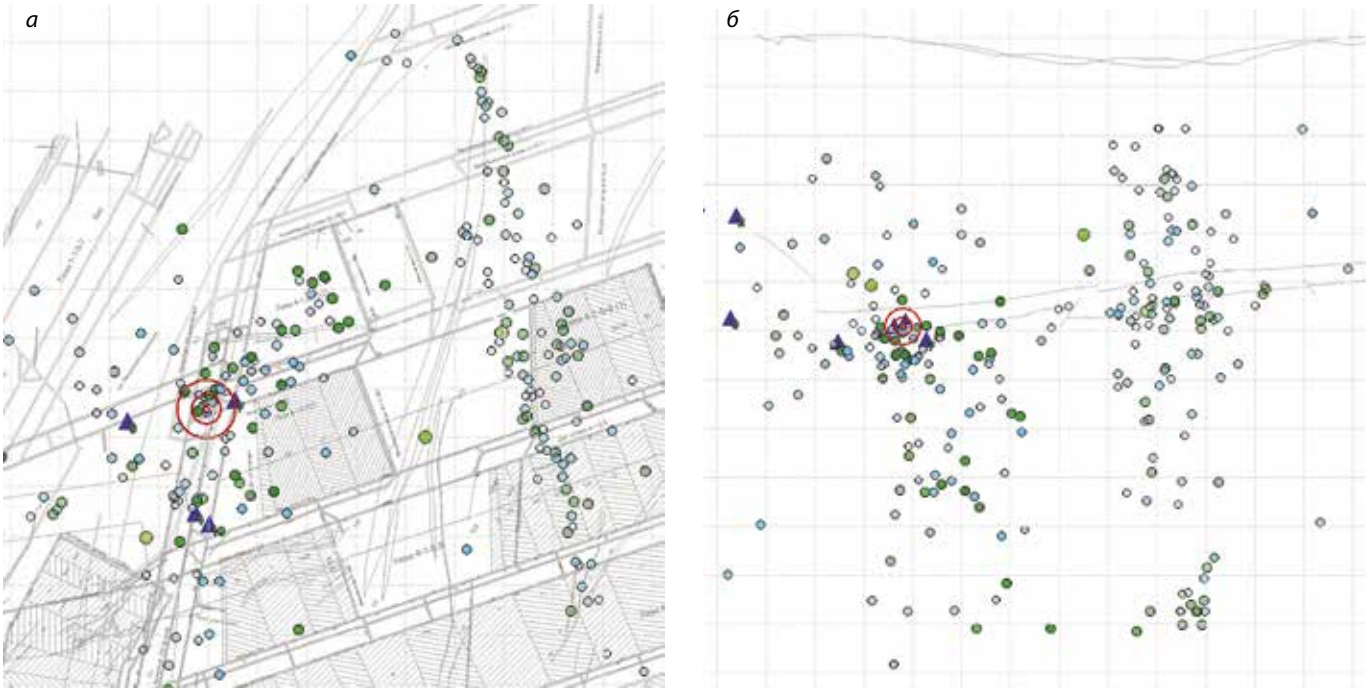

Рис. 5. Локально сгруппированные сейсмические события в период отсутствия активного техногенного вмешательства (по состоянию на 12.12.2025) [составлен авторами]

Fig. 5. Locally grouped seismic events during a period of no active anthropogenic interference (as of 12.12.2025) [compiled by the authors]

Отметим прямую связь с процессами перераспределения напряженно-деформированного состояния и релаксации среды при активизации тектонических процессов в массиве. Изменения сейсмической активности возникают при раскрытии сформированных в период работы лавы мелких трещин, которые, укрупняясь, приводят к высвобождению потенциальной энергии, накопленной под действием вертикальных и горизонтальных напряжений с увеличением количества и энергетики сейсмических событий.

Также следует упомянуть, что в соответствии с сейсмотектоническим районированием, основанным на картах ОСР-2015, исследуемая территория по степени сейсмической опасности относится к зоне умеренной сейсмичности. При этом в последнее десятилетие в Кузбассе стало устойчивым словосочетание «зона роевого потока сейсмических событий» [17]. Сейсмическая активизация в этих зонах заключается в том, что она проявляется в форме роевых потоков микро-землетрясений, приуроченных к районам угольных месторождений, разрабатываемых на больших глубинах в условиях высоких природных напряжений. На многих шахтах региона с более сложными горно-геологическими условиями проявлялись последствия роевого потока сейсмических событий. Энергия, заключенная в тектонически нарушенных массивах при техногенном воздействии, способна провоцировать роевые потоки, но в текущем случае наблюдавшаяся сейсмическая активизация носила исключительно эпизодический и локальный характер. При этом в схожих условиях не следует исключать как повторения описанных проявлений в массиве, так и развития их по указанному выше сценарию.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ характера проявления перераспределения действующих напряжений в очистном забое в условиях наличия нескольких тектонических нарушений на небольшом участке выемочного поля путем кластеризации сейсмических событий по энергетическому и пространственному признаку позволяет сделать следующие выводы.

Вблизи существующего разрывного тектонического нарушения прочность угля и вмещающих пород может быть значительно снижена (более чем 2,5 раза), интенсивность трещиноватости изменяется на порядок. Вследствие этого величины деформаций угля и пород и скорость их разрушения возрастают, ширина зоны опорного давления (величина зоны опережающей разгрузки) увеличивается, а сам массив деформируется с разгрузкой напряжений, с сопровождением микросейсмических явлений.

На перспективных выемочных участках со схожими горно-геологическими условиями помимо обеспечения безопасности выработок (крепление, режимный контроль состояния крепи, разупрочнение труднообрушаемой кровли, мониторинг сечения и др.) следует организовать постоянные наблюдения за изменением НДС в исследуемой области.

Серии наблюдений за физико-механическими (ФМС) и фазово-физическими свойствами (ФФС) угля в зоне влияния геологического нарушения и вне ее, дополненные геофизическим мониторингом позволяют своевременно оценить состояние углепородного массива и на основе кластерного анализа выявлять зоны, опасные по возможному проявлению динамических явлений.

Определение зон изменения НДС в исследуемой области должно использоваться в качестве первоочередной

меры для определения оптимальных параметров работы выемочных участков, в частности для управления суточной скоростью подвигания лавы, с целью формирования опережающей разгрузки массива при работе в зонах влияния крупных тектонических нарушений. В связи с этим рекомендуется выполнять комплексное геомеханическое моделирование НДС массива при отработке выемочных участков с учетом всего многообразия техногенных и геологических факторов, чтобы определять оптимальную скорость подвигания очистного забоя на различных отрезках выемочного участка, уделяя особое внимание ограничению максимальной скорости подвигания забоев в зонах влияния крупных тектонических структур.

Список литературы • References

1. Шабаров А.Н., Вильнер М.А. Подходы к геодинамическому районированию недр: анализ и перспективы развития // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. 2023. Т. 10. № 2. С. 89-97. DOI: 10.15372/FPVGN2023100214.
   Shabarov A.N., Vilner M.A. Approaches to Geodynamic Zoning of Subsoils: Analysis and Development Prospects. *Fundamentalnye i prikladnye voprosy gornykh nauk.* 2023;10(2):89-97. (In Russ.). DOI: 10.15372/FPVGN2023100214.
2. Локтюкова О.Ю., Кравчук А.В. Методика прогнозирования тектонических нарушений на основе переинтерпретации данных геологоразведочных работ // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2025. № 2. С. 114-129. DOI: 10.25018/0236_1493_2025_2_0_114.
   Loktyukova O.Yu., Kravchuk A.V. Methodology for Predicting Tectonic Disruptions Based on Reinterpretation of Geological Exploration Data. *Mining Informational and Analytical Bulletin.* 2025;(2):114-129. (In Russ.). DOI: 10.25018/0236_1493_2025_2_0_114.
3. Казанин О.И., Ильинец А.А. Обеспечение устойчивости выемочных выработок при подготовке выемочных участков пологих угольных пластов тремя выработками // Записки Горного института. 2022. Т. 253. С. 41-48. DOI: 10.31897/PMI.2022.1.
   Kazanin O.I., Ilyinets A.A. Ensuring the Stability of Mining Workings During the Preparation of Mining Sections of Sloping Coal Seams by Three Workings. *Zapiski Gornogo instituta*. 2022;(253):41-48. (In Russ.). DOI: 10.31897/PMI.2022.1.
4. Tan Y., Ma Q., Liu X., Elsworth D., Qian R., Shang J. Study on the disaster caused by the linkage failure of the residual coal pillar and rock stratum during multiple coal seam mining: mechanism of progressive and dynamic failure. *Int J Coal Sci Technol.* 2023;(10):45. https://doi.org/10.1007/s40789-023-00603-7/.
5. Данильев С.М., Секерина Д.Д., Данильева Н.А. Локализация участков развития геомеханических процессов в подземных выработках по результатам трансформационно-классификационного анализа сейсморазведочных данных // Записки Горного института. 2024. Т. 266. С. 260-271.
   Danilyev S.M., Sekerina D.D., Danilyeva N.A. Localization of areas of geomechanical processes development in underground workings based on the results of transformation and classification analysis of seismic data. *Zapiski Gornogo instituta*. 2024;(266): 260-271. (In Russ.).
6. Бич Я.А., Мельков А.Д., Дьяконов Ю.Я. Предотвращение горных ударов при разработке антрацитовых пластов. М.: Недра, 1993. 160 с.
7. Оценка безопасности полной отработки залежей рудника «Октябрьский» под водоносным горизонтом на основе определения высоты зоны водопроводящих трещин / Т.П. Дарбинян, Е.С. Жерлыгина, А.А. Андреев и др. // Горный журнал. 2024. Т. 3. С. 25-33.DOI: 10.17580/gzh.2024.03.03.
   Darbinyan T.P., Zherlygina E.S., Andreev A.A., Popov A.K. Assessment of the Safety of Full Development of the Oktyabrsky Mine Deposits Under the Aquifer Based on Determining the Height of the Water-Conducting Crack Zone. *Gornyj zhurnal.* 2024;(3):25-33. (In Russ.). DOI: 10.17580/gzh.2024.03.03.
8. Багаутдинов И.И., Стрешнев А.А. Исследование влияния структурной нарушенности на устойчивость целиков для горно-геологических условий апатит-нефелиновых месторождений // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2024. № 12-1. С. 129-144. DOI: 10.25018/0236_1493_2024_121_0_129.
   Bagautdinov I.I., Streshnev A.A. Study of the Influence of Structural Disturbance on the Stability of Intrusions for Mining and Geological Conditions of Apatite-Nefelin Deposits. *Mining Informational and Analytical Bulletin.* 2024;(12-1):129-144. (In Russ.). DOI: 10.25018/0236_1493_2024_121_0_129.
9. Прогноз предельного состояния и дилатансии пород вокруг горных выработок / А.Г. Протосеня, М.А. Карасев, Н.А. Беляков и др. // Записки Горного института. 2025. Т. 276-2. С. 107-122.
   Protosenya A.G., Karasev M.A., Belyakov N.A., Tulin P.K. Prediction of the Ultimate State and Dilatancy of Rocks Around Mine Workings. *Zapiski gornogo instituta*. 2025;(276-2):107-122. (In Russ.).
10. Вербило П.Э., Вильнер М.А. Изучение анизотропии прочности и масштабного эффекта трещиноватого массива горных пород // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2022. № 6-2. С. 47-59. DOI: 10.25018/0236_1493_2022_62_0_47.
    Verbilo P.E., Vilner M.A. Study of the anisotropy of strength and the scale effect of a fractured rock mass. *Mining Informational and Analytical Bulletin.* 2022;(6-2):47-59. (In Russ.). DOI: 10.25018/0236_1493_2022_62_0_47.
11. Vasilenko T.A., Kirillov A.K. Role of closed porosity in formation of phase states of methane in coal seams. *Mining Informational and Analytical Bulletin.* 2024;(12-1):193-211. https://doi.org/10.25018/0236_1493_2024_121_0_193.
12. Факторы, повышающие опасность проявления газодинамических явлений в угольных шахтах / А.В. Бондарев, А.Н. Шабаров, М.В. Шванкин И др. // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2025. № 11-1. С. 77-95. DOI: 10.25018/0236_1493_2025_111_0_77.
    Bondarev A.V., Shabarov A.N., Shvankin M. V. Vasilenko T.A. Factors Increasing the Danger of Gas-Dynamic Phenomena in Coal Mines. *Mining Informational and Analytical Bulletin.* 2025;(11-1): 77-95. (In Russ.). DOI: 10.25018/0236_1493_2025_111_0_77.
13. Романевич К.В., Мулев С.Н. Система регионального прогноза динамических явлений по непрерывным сейсмоакустическим наблюдениям на шахтах, рудниках и в инженерных сооружениях в условиях Арктики / Техносферная безопасность в Арктике: Сборник материалов в рамках VIII Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 21 марта 2025 года. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский университет государственной противопожарной службы МЧС России им. Героя Российской Федерации генерала армии Е.Н. Зиничева, 2025. С. 133-137.
14. Pakosz R., Wojtecki Ł., Mendecki M. J., Krzyżanowska A. Identification of strong tremor causes for appropriate rock burst preven-

tion in a hard coal mine. *Journal of Sustainable Mining*. 2024;23(2):132-146. DOI: 10.46873/2300-3960.1409.

15. Xu. Li, G. Si, W. Cao. A sequence of seismic event triggering in longwall coal mines based on the aftershock cascade theory. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. 2024;(182):105883. DOI: 10.1016/j.ijrmms.2024.105883.
16. Зубов В.П., Фук Л.К. Разработка ресурсосберегающей технологии выемки пологих угольных пластов с труднообрушающимися породами кровли (на примере шахт Куангниньского угольного бассейна) // Записки Горного института. 2022. Т. 257. С. 795-806. DOI: 10.31897/PMI.2022.72.
Zubov V.P., Fuc L.K. Development of a resource-saving technology for excavation of gentle coal seams with difficult-to-collapse roof rocks (based on the example of mines in the Kuangnin coal basin). *Zapiski Gornogo instituta*. 2022;(257):795-806. (In Russ.). DOI: 10.31897/PMI.2022.72.
17. Зыков В.С., Лазаревич Т.И. Классификация динамических явлений в угольных шахтах // Уголь. 2016;(11):47-53. DOI: 10.18796/0041-5790-2016-11-47-53.
Zykov V.S., Lazarevich T.I. Classification of dynamic phenomena in coal mines. *Ugol'*. 2016;(11):47-53. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2016-11-47-53.

Authors Information

Shvankin M.V. – PhD (Engineering), Head of the Geodynamic Safety Laboratory Sector, Scientific Center for Geomechanics and Mining Problems, Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University, Saint Petersburg, 199106, Russian Federation, e-mail: vnimi-sgu@yandex.ru

Bondarev A.V. – Senior Engineer at the Geodynamic Safety Laboratory, Sector, Scientific Center for Geomechanics and Mining Problems, Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University, Saint Petersburg, 199106, Russian Federation, e-mail: alex_bondarev78@mail.ru

Aushev E.V. – Deputy Technical Director for Research and Innovation, AMS Engineering center LLC, Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: Aushev.EV@yandex.ru

Datskevich N.Yu. – Deputy Chief Technology Engineer of Shakhta «Osinnikovskaya LLC, Osinniki, 652804, Russian Federation, e-mail: Nikolay.Datskevich@raspadskaya.ru

Sidorov M.S. – Technical Director of Raspadskaya Coal Company LLC, Novokuznetsk, 654079, Russian Federation, e-mail: Maksim.Sidorov@raspadskaya.ru

Информация о статье
Поступила в редакцию: 2.07.2026
Поступила после рецензирования: 17.07.2026
Принята к публикации: 30.07.2026

Paper info
Received July 2, 2026
Reviewed July 17, 2026
Accepted July 30, 2026

«Якутуголь» вручил путевки на трудоустройство выпускникам Южно-Якутского технологического колледжа

Представители компании «Якутуголь» (АО ХК «Якутуголь» входит в Группу «Мечел») посетили торжественную церемонию вручения дипломов юбилейному 45-му выпуску Южно-Якутского технологического колледжа.

В этом году колледж окончили 347 молодых специалистов. Они проходили обучение по новым стандартам федеральной программы «Профессионалитет», сочетающим глубокую теоретическую подготовку с интенсивной практикой на производстве. Сотрудники «Якутугля» на протяжении всего обучения тесно взаимодействовали с учебным заведением: студенты проходили практику в подразделениях компании, а учебные программы актуализировались с учетом современных технологий угледобычи.

На торжественном мероприятии руководитель группы обучения компании «Якутуголь» Екатерина Морозова вручила ребятам именные пригласительные путевки на трудоустройство. Она отметила, что некоторые выпускники этого года уже работают в структурах холдинга.

«*В компании «Якутуголь» всегда придают большое значение сотрудничеству с образовательными учреждениями республики. Мы уверены, что наши новые коллеги, обладающие необходимыми знаниями, успешно пройдут стажировку и станут ценными сотрудниками компании*», – отметил ***генеральный директор АО ХК «Якутуголь» Олег Михайлов***.

Пресс-служба АО ХК «Якутуголь»