

УДК 622.831.1 © М.В. Шванкин¹, Е.В. Аушев², А.В. Лапшин³,
А.В. Бондарев¹, Н.С. Дорохин², 2026

UDC 622.831.1 © M.V. Shvankin¹, E.V. Aushev², A.V. Lapshin³,
A.V. Bondarev¹, N.S. Dorokhin², 2026

¹ ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», 199106, г. Санкт-Петербург, Россия

¹ Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University, Saint Petersburg, 199106, Russian Federation

² ООО «Инжиниринговый центр «АМС», 650002, г. Кемерово, Россия

² «Engineering Center «AMS» LLC, Kemerovo, 650002, Russian Federation

³ ООО «Шахта «Осинниковская», 652804, г. Осинники, Россия

³ «Shakhta «Osinnikovskaya» LLC, Osinniki, 652804, Russian Federation

✉ e-mail: vnimi-sgu@yandex.ru

✉ e-mail: vnimi-sgu@yandex.ru

Обеспечение безопасности ведения горных работ на удароопасных пластах с применением комплексного подхода на примере шахты «Осинниковская»*

Ensuring the safety of mining operations on impact-prone formations using an integrated approach on the example of the Osinnikovskaya mine

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2026-02-69-74>

В текущих горно-геологических и горнотехнических условиях подготовительных забоев шахты «Осинниковская» в 2021–2024 гг. выполнены исследования по апробированию и обоснованию оптимальных параметров профилактических мер по борьбе с динамическими явлениями. Интенсификация и концентрация горных работ диктуют и актуализируют необходимость разработки и развития широкого применения современных методов и систем непрерывного контроля, и оценки напряженно-деформированного состояния массива как элементов многофункциональной системы для обеспечения безопасности. В статье изложены результаты исследований особенностей проявления установленных форм рисков, прежде всего динамических явлений, на угольных пластах Е5 и Е6. В итоге были разработаны (скорректированы) прогностические параметры для условий шахты «Осинниковская», которые в настоящее время реализованы в виде режимных мероприятий по борьбе с горными ударами.

Ключевые слова: удароопасность, геофизический метод, параметры массопереноса, геодинамическая безопасность, опытно-промышленные испытания, многопараметрический контроль.

Для цитирования: Обеспечение безопасности ведения горных работ на удароопасных пластах с применением комплексного подхода на примере шахты «Осинниковская» / М.В. Шванкин, Е.В. Аушев, А.В. Лапшин и др. // Уголь. 2026;(2):69–74. DOI: 10.18796/0041-5790-2026-2-69-74.

ШВАНКИН М.В.

Канд. техн. наук, заведующий сектором лаборатории геодинамической безопасности Научного центра 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

АУШЕВ Е.В.

Заместитель технического директора по научной работе и инновациям ООО «Инжиниринговый центр «АМС» 650002, г. Кемерово, Россия, e-mail: Aushev.EV@yandex.ru

* Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (FSRW-2023-0002 Фундаментальные междисциплинарные исследования недр Земли и процессов комплексного освоения георесурсов).

ЛАПШИН А.В.

Главный инженер
ООО «Шахта «Осинниковская»,
652804, г. Осинники, Россия,
e-mail: Aleksey.Lapshin@raspadsкая.ru

БОНДАРЕВ А.В.

Ведущий инженер лаборатории
геодинамической безопасности
Научного центра 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

ДОРОХИН Н.С.

Ведущий специалист
по научно-исследовательской
работе ООО «Инжиниринговый центр «АМС»»,
650002, г. Кемерово, Россия,
e-mail: Research@llc-ams.ru

Abstract

In the current mining, geological and mining engineering conditions of the preparatory faces of the Osinnikovskaya mine in 2021-2024, studies were carried out to test and justify the optimal parameters of preventive measures to combat dynamic phenomena. The intensification and concentration of mining operations dictate and actualize the need to develop a wide range of modern methods and systems for continuous monitoring and assessment of the stress-strain state of the massif as elements of a multifunctional system to ensure safety. The article presents the results of research on the peculiarities of the manifestation of established forms of risks, primarily dynamic phenomena, in coal seams E5 and E6. As a result, prognostic parameters were developed (adjusted) for the conditions of the Osinnikovskaya mine, which are currently implemented in the form of regime measures to combat dynamic phenomena.

Keywords

Impact-prone danger, geophysical method, mass transfer parameters, dust suppression, geodynamic safety, pilot tests, multi-parameter control.

Acknowledgements

The research was carried out within the state assignment of Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (FSRW-2023-0002).

For citation

Shvankin M.V., Aushev E.V., Lapshin A.V., Bondarev A.V., Dorokhin N.S. Ensuring the safety of mining operations on impact-prone formations using an integrated approach on the example of the Osinnikovskaya mine. *Ugol*. 2026;(2):69-74. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2026-2-69-74.

ВВЕДЕНИЕ

Контроль состояния массива горных пород, природно-склонного к накоплению энергии упругих деформаций (удароопасность) в сложных горно-геологических условиях (тектоническая нарушенность, обводненность пр.), является важнейшей задачей обеспечения безопасности [1]. Высокие темпы проведения подготовительных выработок требуют адаптации имеющихся средств прогноза удароопасности.

В этих условиях важнейшей задачей становится переход от традиционных методов, связанных с бурением шпуров, к контролю на принципах непрерывного (например, сейсмостанция GITS) или дискретного (например, геофизический комплекс ANGEL-M) действия [2]. Решение вопроса комплексного мониторинга (контроля) заключается не только в оптимизации состава средств контроля и качества результатов контроля (что тоже крайне важно), но и также в оптимизации методик измерений и анализа полученных данных [3, 4], в том числе в срезе исследования форм энергообмена [5].

В условиях интенсификации горнотехнического воздействия на массивы горных пород, особенно при скоростном ведении горных работ в сложных горно-геологических условиях, природно-отнесенных к рискам геомеханической или геодинамической природы, имеют место ситуации с широким вариативным рядом возможных ответов. Особенно актуальны подобные приемы для испытания форм реакции среды [6, 7] в случаях развития сложноорганизованных природных процессов и «нестандартных» форм их проявления [8]. Во многих случаях это обуславливает необходимость проведения адаптационных ис-

пытаний новых технологий и методов прогноза для предотвращения горных ударов применительно к условиям угольных месторождений [9].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Выбор подготовительных забоев, в которых намечено проведение ОПИ осуществляется по принципу типичности горно-геологических и горнотехнических условий, характерных для обрабатываемых в пределах шахтного поля (участка шахтного поля) [10]. Выполнение данного условия позволит, с известной степенью условности, интерполировать результаты для других подготовительных забоев со схожими условиями проходки. Аналитическими методами в середине 2022 г. был проведен анализ горнотехнической ситуации на шахте с целью изучения условий ведения горных работ [11], ранее выданных заключений и рекомендаций, а также правильности их реализации, результатов прогноза удароопасности, локальных нормативных документов по направлению удароопасность.

Так, в период с середины 2022 г. по настоящее время в условиях шахты «Осинниковская» реализуются комплексные исследования (далее – ОПИ) с апробированием и обоснованием оптимальных параметров профилактических мер по борьбе с динамическими явлениями в подготовительных забоях в рассматриваемых горно-геологических условиях шахты «Осинниковская».

Опытно-промышленные испытания направлены на:

- уточнение параметров прогноза удароопасности (виды и методы прогноза, объем буровой мелочи при базовом прогнозе, параметры влажности штыба, влияние прочностных характеристик угля, периодичность прогноза в зависимости от изменений горно-геологических условий);

- определение оптимальных параметров профилактических мероприятий при установлении категории «опасно» методов и способов контроля эффективности профилактических мероприятий для различных типовых сценариев;

- выявление возможности перерасчета (уточнения) размеров опасных зон от геологических нарушений (в зависимости от характера нарушения, амплитуды, угла и иных горно-геологических факторов) для рационального применения учащенного (во времени и пространстве) прогноза удароопасности.

За указанный период времени исследования проведены в 12 проходческих забоях: РВШ 1-1-5-8бис; РГШ 1-1-5-8бис; МК 1-1-5-8бис; РКШ 4-1-5-9; ДШ 4-1-5-9; МК 4-1-5-9(2); Бремсберг 283 газодренажный; ВШ 4-1-5-10; ДШ 4-1-5-10; Конвейерный бремсберг Е6; Газодренажный бремсберг Е6; Путьевой штрек Е6. Суммарно выполнено более 75 исследований выработок и забоев.

Основной акцент сделан на исследованиях области подготовки выемочного участка 4-1-5-9.

За период ОПИ испытано восемь образцов (штуфов) угля пл. Е5 (восемь на ФФС и пять на ФМС) и три штуфа пл. Е6 (3 – ФФС, 3 – ФМС).

Натурные исследования заключаются в: отборе проб для оценки фазово-физических свойств (ФФС) и физико-механических свойств (ФМС) угля пл. Е5; визуальной оценке

признаков горного удара [1]; сопровождении прогноза удароопасности по буровой мелочи и с применением геофизических методов (в частности, ЕЭМИ с помощью геофизического комплекса ANGEL-M [12]); оценке напряженного состояния краевой части пласта с использованием динамического пробника БУ-3; оценке влияния сейсмических событий, зарегистрированных сейсмостанцией GITS [13] (применительно к трассам проведения подготовительных выработок).

Некоторые аспекты исследований рассмотрим немного подробнее.

В лабораторных условиях по типовым методикам было проведено несколько серий исследований фазово-физических свойств (ФФС) и физико-механических свойств (ФМС) угля пл. Е5. Результаты ФФС свидетельствуют о склонности пласта к проявлению динамических явлений в виде горного удара, однако вблизи геологических нарушений наблюдается обратная ситуация – уголь становится не склонен к горным ударам.

Физико-механические свойства угля пл. Е5 говорят о его низкой крепости (в редких случаях прочность на сжатие превышает 5 МПа) высокой хрупкости (типичный коэффициент хрупкости ~9-10). Низкие прочностные свойства также осложняют непосредственное лабораторное испытание образцов, т.е. до испытательных машин доходят наиболее прочные экземпляры. Оценка удароопасности по запредельному деформированию отражает неспособность угля к динамическому разрушению.

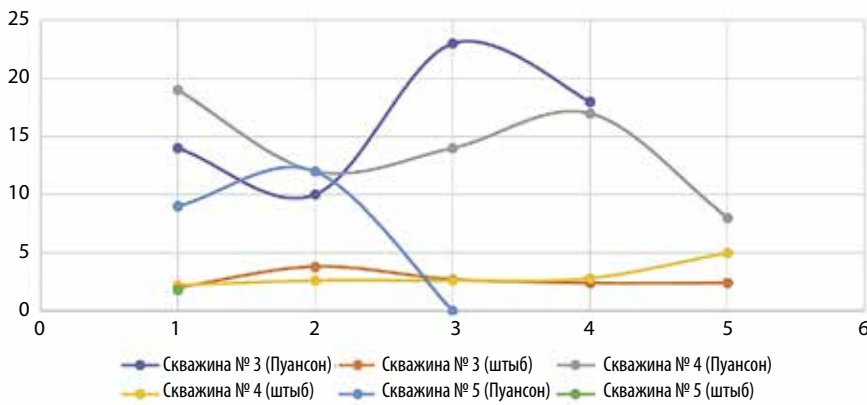
Проведены четыре серии исследований с применением скважинного динамического пробника параллельно с отбором буровой мелочи. Во всех случаях наблюдение не выявило наличия напряженного геомеханического состояния впереди выработки в пределах 5,0 м от забоя (массив находится в допредельном состоянии, нагрузки ниже критической величины), при этом по ряду скважин процесс сопровождался повышенным выходом штыба (рис. 1).

Использование этого метода признано положительным, поскольку является частью комплексных исследований и подтверждает эффективность применяемых мероприятий по борьбе с горными ударами.

По трассе проведения горных выработок система GITS фиксирует единичные сейсмические события с малой энергией (до 500 Дж) и на значительном удалении от контура горной выработки (70-100 м). Существенного влияния на геомеханическое и геодинамическое состояние участков уже пройденных подготовительных выработок, выведенных в режим ОПИ, и перспективных участков, указанные сейсмические события не окажут, так как, во-первых, имеют низкую энергию, во-вторых, гипоцентры расположены в массивах вдали от контуров указанных выработок. Указанные реакции массива могут существенно измениться при входе забоев в зону влияния геологических нарушений [14].

Пример локации сейсмических событий, применительно к подготовительным выработкам, проводимым по пласту Е5 в III кв. 2023 г., представлен на рис. 2.

Из анализа результатов прогноза с применением геофизического комплекса ANGEL-M установлено, что в подавляющем числе случаев выявления категории



Составлен авторами

Рис. 1. Результат исследований по внедрению пуансона в ДШ 4-1-5-10 (горизонтальная шкала – глубина исследования, м, вертикальная – внедрение пуансона, мм)

Fig. 1. Results of studies of a punch penetration in DSh 4-1-5-10 (horizontal scale – the depth of study, m; vertical scale – punch penetration, mm)



Составлен авторами

Рис. 2. Гипоцентры сейсмических событий (в плане), зарегистрированных в проекции трасс проведения подготовительных выработок (III кв. 2023 г.)

Fig. 2. Hypocenters of seismic events (in plan view) recorded in the projection of the development workings (Q3, 2023)

«ОПАСНО» «базовым» методом (по выходу буровой мелочи) выявляется незначительное превышением критериальных показателей в пределах допустимого диапазона отклонений.

Многочисленные обследования проходческих забоев не выявляют признаков, предшествующих горным ударам, в том числе в моменты установления категории «ОПАСНО». Обследование разгрузочных скважин, буримых в проходческих забоях в краевую часть пласта, показывает, что они фактически не выполняют своей функции (не происходит их деформирование и разрушение целиков) ввиду того, что краевая часть пласта находится в ненагруженном состоянии. После бурения разгрузочных скважин их устойчивость сохраняется продолжительное время, осыпаются только их устья, в дальнейшем наблюдается эффект ползучести – пластическое деформирование контура скважин ввиду высокой структурной нарушенности пласта.

В ходе ОПИ проведены работы по разработке методики уточнения (оптимизации) подходов к установлению границ зон влияния геологических нарушений. Как правило, зоны влияния нарушений обоих типов с обеих сторон состоят из трех основных участков, в том числе основного участка, напряженного в ТНЗ или разгруженного в ТРЗ, примыкающего к нему соседнего участка с особенностями напряженности противоположного знака и менее выраженными, а также расположенного за ним участка неопределенных размеров с несколько повышенной трещиноватостью и вариациями напряжений в обе стороны, причем фиксируемая при ведении горных работ зона влияния нарушения начинается, как правило, на этом участке, но близко к предыдущему участку зоны влияния.

Процесс построения опасных зон, связанных с нарушениями, состоит из трех основных этапов:

- выявление нарушений (на малых глубинах важным методом является геодинамическое районирование, при больших глубинах основное значение имеют геологические, геофизические и геомеханические методы);
- оконтуривание выявленных нарушений (с использованием геолого-структурных методов [15], геологических, геофизических и геомеханических исследований и геодинамического мониторинга);
- построение опасных зон оконтуривания нарушений (оконтуривание состоит из двух этапов – приблизительное оконтуривание на основе

эмпирических зависимостей и номограмм с коэффициентом запаса 1,5-2 и уточнение с помощью натурных наблюдений).

В ходе проведения ОПИ был определен ряд причин установления категории «ОПАСНО» при прогнозе удароопасности:

- повышенная хрупкость угля пл. Е5 приводит к увеличенному объему выхода буровой мелочи, т.е. кривая выхода буровой мелочи для данного пласта требует корректировки с учетом его свойств (требует наработки данных);
- сложная структура пласта, с наличием включений крепких пород (колчеданов), осложняет процесс отбора проб буровой мелочи, особенно вблизи влияния нарушений, в следствие чего при попадании бурового инструмента на породное включение происходят отклонение бурового инструмента и разбуривание скважины. Косвенно это подтверждается фракционным составом буровой мелочи, размером преимущественно 0-5 мм, т.е.

угля, измельченного инструментом, а также наблюдениями за процессом бурения, при котором периодически происходит замедление с последующим «проваливанием». Этот же фактор имеет прямое влияние на процессы пылеобразования (при добыче и проходке) и требует дополнительных мер по обеспечению эффективного пылеподавления;

– осложнение структурного строения также препятствует удачному выбору направления бурения, в результате чего на глубинах от 4-5 м происходит уход бурового инструмента в пустую породу, который также предварительно сопровождается повышенным выходом буровой мелочи;

– дополнительный вклад в повышенный выход буровой мелочи оказывает нарушенное состояние угольного пласта, что также наиболее часто проявляется вблизи зоны влияния геологических нарушений – уголь осыпается с контура скважины. Повсеместно встречается перемятый уголь;

– порядка 1/3 прогнозов не завершаются должным образом в связи с увлажнением пласта, вследствие чего может происходить заклинивание бурового инструмента (при малом количестве влаги штыб становится вязким) либо затягивание (при большом количестве влаги штыб становится жидким и герметизирует скважины, благодаря чему создается шнековый эффект). Влагу в пласт отдают породные прослои;

– влияние бурового инструмента на повышенный выход буровой мелочи, в результате наблюдений, исключено. Отмечены единичные случаи использования поврежденных штанг, не имеющие статистической значимости в результатах прогноза. Текущая конструкция буровых штанг обеспечивает достаточную осевую жесткость. Рекомендовано контролировать состояние соединений и геометрию штанг, оперативно выполнять их замену.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результатом проводимого ОПИ стало внедрение (поэтапное) трех схем осуществления прогноза удароопасности в подготовительных забоях. В результате анализа эффективности обозначенных схем прогноза удароопасности в настоящее время реализуется схема прогноза, полностью отвечающая требованиям безопасности и адаптированная к текущим горно-геологическим и горнотехническим условиям и потребностям шахты. Схема осуществления прогнозных мероприятий следующая: текущий прогноз удароопасности производится с периодичностью через 4 м бурения 4 шпурами на удароопасность (два шпура длиной 9,0 м в забой и по одному шпуру длиной 8 м в каждый бок выработки) и не менее семи замеров методом ЭЭМИ (три замера в забой и по два замера по обоим бокам выработки) и дополнительный промежуточный прогноз удароопасности не более чем через 2,0-2,4 м с выполнением 14 замеров ЭЭМИ.

В общем виде текущие вызовы осуществления контроля удароопасности необходимо решать комплексно, и предпочтение следует отдавать геофизическим методам ввиду их технологичности и оперативности применения. В зависимости от текущей горно-геологической обстановки оптимизация прогноза удароопасности, при получении высокого уровня достоверности, может быть реализована посредством комплексного многопараметрического контроля, когда ряд методов перекрывает «белые пятна» смежного метода. При этом верификация «базовым» методом (по выходу буровой мелочи) является неотъемлемой частью эксплуатации методов для осуществления прогноза с качественными и работоспособными критериями удароопасности, в том числе при изменениях горно-геологических и горнотехнических условий ведения горных работ.

новки оптимизация прогноза удароопасности, при получении высокого уровня достоверности, может быть реализована посредством комплексного многопараметрического контроля, когда ряд методов перекрывает «белые пятна» смежного метода. При этом верификация «базовым» методом (по выходу буровой мелочи) является неотъемлемой частью эксплуатации методов для осуществления прогноза с качественными и работоспособными критериями удароопасности, в том числе при изменениях горно-геологических и горнотехнических условий ведения горных работ.

Список литературы • References

1. Инструкция по прогнозу динамических явлений и мониторингу массива горных пород при отработке угольных месторождений. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности, приказ Ростехнадзора № 515 от 10 декабря 2020 г. URL: <https://base.garant.ru/400164978/> (дата обращения: 15.01.2026).
2. Использование геофизических методов мониторинга для локального контроля напряженно-деформированного состояния массива / А.А. Соболев, Хэ Сюэцю, Мэн Шанцзю и др. // Уголь. 2024;(9):47-52. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-9-47-52. Sobolev A.A., He Xueqiu, Meng Shangjiu, Dazhao Song, Zhenlei Li, Qin Yifeng. The use of geophysical monitoring methods for local ground stress control. *Ugol'*. 2024;(9):47-52. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-9-47-52.
3. Исаченко А.А., Коряга М.Г. Закономерности конвергенции кровли и почвы подготовительных выработок при отработке угольных пластов в сейсмически опасных районах Кузбасса // Недропользование. 2023. Т. 23. № 4. С. 174-178. DOI: 10.15593/2712-8008/2023.4.4. Isachenko A.A., Koryaga M.G. Patterns of roof and soil convergence in development workings during coal seams mining in seismically hazardous areas of Kuzbass. *Nedropol'zovanie*. 2023;23(4):174-178. (In Russ.). DOI: 10.15593/2712-8008/2023.4.4.
4. Батугин А.С. Геодинамические эффекты предельно напряженного состояния земной коры // Горная промышленность. 2023. № 51. С. 14-21. DOI: 10.30686/1609-9192-2023-51-14-21. Batugin A.S. Geodynamic effects of the critically stressed state of the earth's crust. *Gornaya promyshlennost'*. 2023;(51):14-21. (In Russ.). DOI: 10.30686/1609-9192-2023-51-14-21.
5. Gendler S.G., Vasilenko T.A., Stepantsova A.Yu. Investigation of mass transfer of hard coal during its transportation to the place of temporary storage. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2023;(9-1):135-148 DOI: 10.25018/0236_1493_2023_91_0_135.
6. Вербилло 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 jointed rock mass uniaxial compression strength anisotropy and scale effect. *Gornyy informatsionno-analiticheskij byulleten'*. 2022;(6-2):47-59. (In Russ.). DOI: 10.25018/0236_1493_2022_62_0_47.
7. Зуев Б.Ю. Методология моделирования нелинейных геомеханических процессов в блочных и слоистых горных массивах на моделях из эквивалентных материалов // Записки Горного института. 2021. Т. 250. С. 542-552. DOI: 10.31897/PMI.2021.4.7.

- Zuev B.Yu. Methodology of modeling nonlinear geomechanical processes in blocky and layered rock masses on models made of equivalent materials. *Zapiski Gornogo instituta*. 2021;(250):542-552. (In Russ.). DOI: 10.31897/PMI.2021.4.7.
8. Зыков В.С. Классификация динамических явлений в угольных шахтах / В.С. Зыков, Т.И. Лазаревич // Уголь. 2016;(11):47-53. DOI: 10.18796/0041-5790-2016-11-47-53.
Зыков В.С., Лазаревич Т.И. Классификация динамических явлений в угольных шахтах. DOI: 10.18796/0041-5790-2016-11-47-53. *Ugol'*. 2016;(11):47-53. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2016-11-47-53.
9. Носков В.А., Андреев А.А., Шабаров А.Н. Разработка подхода по оценке эффективности противоударных мероприятий // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2024. № 11-1. С. 81-96. DOI: 10.25018/0236_1493_2024_111_0_81.
Noskov V.A., Andreev A.A., Shabarov A.N. Development of an approach to assess the effectiveness of shock-proof measures. *Gornyj informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2024;(11-1):81-96. (In Russ.). DOI: 10.25018/0236_1493_2024_111_0_81.
10. 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., Ilinets A.A. Ensuring the excavation workings stability when developing excavation sites of flat-lying coal seams by three workings. *Zapiski Gornogo instituta*. 2022;(253):41-48. (In Russ.). DOI: 10.31897/PMI.2022.1.
11. Бондарев А.В., Шванкин М.В., Николашин С.Ю. Контроль критически важных факторов состояния массива на горнодобывающих предприятиях // Проблемы управления рисками в техносфере. 2021. № 4 (60). С. 13-18.
Bondarev A.V., Shvankin M.V., Nikolashin S.Yu. Control of critical factors of the state of the massif at mining enterprises. *Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere*. 2021;(4):13-18. (In Russ.).
12. Мулев С.Н., Старников В.Н., Романевич О.А. Современный этап развития геофизического метода регистрации естественного электромагнитного излучения (ЕЭМИ) // Уголь. 2019;(10):6-14. DOI: 10.18796/0041-5790-2019-10-6-14.
Mulev S.N., Starnikov V.N., Romanevich O.A. The current stage of development of the geophysical method for recording natural electromagnetic radiation (EEMI – NER). *Ugol'*. 2019;(10):6-14. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2019-10-6-14.
13. Мулев С.Н., Разумов Е.А., Волошин В.А. Ведение мониторинга сейсмических событий техногенного характера на шахтах юга Кузбасса // Научно-технические технологии разработки и использования минеральных ресурсов. 2021. № 7. С. 364-368.
Mulev S.N., Razumov E.A., Voloshin V.A. Monitoring of man-made seismic events in mines in southern Kuzbass. *Naukoemkie tekhnologii razrabotki i ispol'zovaniya mineral'nykh resursov*. 2021;(7):364-368. (In Russ.).
14. Котиков Д.А., Шабаров А.Н., Цирель С.В. Установление связи между распределением сейсмических событий в массиве горных пород и его тектоническим строением // Горный журнал. 2020. № 1. С. 28-32. DOI: 10.17580/gzh.2020.01.05.
Kotikov D.A., Shabarov A.N., Tsirel S.V. Connecting seismic event distribution and tectonic structure of rock mass. *Gornyj zhurnal*. 2020;(1):28-32. (In Russ.). DOI: 10.17580/gzh.2020.01.05.
15. Vasilenko T., Kirillov A., Islamov A., Doroshkevich A., Ludzik K., Chudoba M., Mita C. Permeability of a coal seam with respect to fractal features of pore space of fossil coals. *Fuel*. 2022;(329):125113. DOI: 10.1016/j.fuel.2022.125113.

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

Aushev E.V. – Deputy Technical Director for Research and Innovation, «Engineering center «AMS»» LLC, Kemerovo, 650002, Russian Federation, e-mail: Aushev.EV@yandex.ru

Lapshin A.V. – Chef Engineer, «Shakhta «Osinnikovskaya» LLC, Osinniki, 652804, Russian Federation, e-mail: Aleksey.Lapshin@raspadskaya.ru

Bondarev A.V. – Leading Engineer at the Geodynamic Safety Laboratory, 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

Dorokhin N.S. – Leading Research Specialist, «Engineering center «AMS»» LLC, Kemerovo, 650002, Russian Federation, e-mail: Research@llc-ams.ru

Информация о статье

Поступила в редакцию: 11.01.2026

Поступила после рецензирования: 17.01.2026

Принята к публикации: 29.01.2026

Paper info

Received January 11, 2026

Reviewed January 17, 2026

Accepted January 29, 2026