

Устойчивость почвы выработок первого слоя при работе очистного забоя в зоне влияния геологического нарушения

П.В. Гречишкин¹✉, В.В. Семенов², Н.Ю. Трошков¹, Д.В. Осминин², С.С. Онищенко¹

¹ Кемеровский филиал АО «ВНИМИ», г. Кемерово, Российская Федерация

² АО «НЦ ВостНИИ», г. Кемерово, Российская Федерация

✉ info@vnimi.ru

Резюме: Рассматриваются особенности проявления горного давления в выработках первого слоя в зоне влияния нарушений и опорного давления от ведения очистных работ. Выделены факторы возникновения подобных явлений. Указана проблема классификации данных явлений, которые не определены в «Инструкции по прогнозу динамических явлений...». Приводятся особенности горного давления в зависимости от структуры и физико-механических свойств угля в различных слоях при слоевой отработке пласта. Описывается опыт мониторинга динамических явлений и создания оптимальных методов управления устойчивостью почвы выработок первого слоя при работе очистного забоя в условиях Кузнецкого угольного бассейна. Приводятся результаты инструментального обследования горного массива комплексом Ангел-М с функцией АЭШ методом вызванного электромагнитного излучения в течение нескольких лет, а также анализа сейсмической обстановки на исследуемом участке. Предлагается новый термин для классификации зафиксированных динамических явлений. Разработана схема размещения скважин направленного гидроразрыва пород глубокого заложения над промежуточным штреком в период отработки очистного забоя, которая позволила эффективно уменьшить негативное воздействие в виде веса труднообрушаемых пород.

Ключевые слова: устойчивость почвы выработок, очистной забой, геологическое нарушение, горное давление

Для цитирования: Гречишкин П.В., Семенов В.В., Трошков Н.Ю., Осминин Д.В., Онищенко С.С. Устойчивость почвы выработок первого слоя при работе очистного забоя в зоне влияния геологического нарушения. *Горная промышленность*. 2024;(3S):20–25. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2024-3S-20-25>

Floor stability in the first layer of mine workings when the stope is run through an impact zone of a geological fault

P.V. Grechishkin¹✉, V.V. Sementsov², N.Yu. Troshkov¹, D.V. Osminin², S.S. Onishchenko¹

¹ Kemerovo Branch, VNIMI JSC, Kemerovo, Russian Federation

² VostNII Research Center JSC, Kemerovo, Russian Federation

✉ info@vnimi.ru

Abstract: The article discusses specific features of rock pressure manifestation in mine workings of the first layer in the impact zone of a geological fault and the bearing pressure from stoping operations. Factors are defined that cause the occurrence of such phenomena. The issue regarding classification of these phenomena, which are not defined in the "Guidelines for forecasting dynamic phenomena..." is stated. Specific features of the rock pressure are given depending on the structure and physical and mechanical properties of coal in different layers during slice mining of the seam. The experience of monitoring dynamic phenomena and creation of optimal methods to control the floor stability in the first layer of mine workings are described for the stoping operations in conditions of the Kuznetsk coal basin. Results of perennial instrumental survey of the rock mass using the Angel-M system with the electrometric mine equipment function applying the induced electromagnetic radiation method are described, as well as analysis of the seismic situation in the investigated area. A new term is proposed for classification of the recorded dynamic phenomena. A layout of boreholes for directional hydrofrac of the deep-buried rocks above the intermediate drift during the stoping period was designed, which allowed to effectively reduce the negative impact caused by the weight of the poorly caving rocks.

Keywords: stability of floor in mine workings, stope, geological faulting, rock pressure

For citation: Grechishkin P.V., Sementsov V.V., Troshkov N.Yu., Osminin D.V., Onishchenko S.S. Floor stability in the first layer of mine workings when the stope is run through an impact zone of a geological fault. *Russian Mining Industry*. 2024;(3S):20–25. (In Russ.) <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2024-3S-20-25>

Введение

Организация Современными темпы добычи угля, а также переход на отработку на больших глубинах определяют экономическую целесообразность реализации подземных геотехнологий, которые во многом зависят от эффективности управления состоянием углепородного массива [1–4]. Наибольшая сложность в этом вопросе возникает при отработке запасов угля в зонах влияния геологических нарушений.

При ведении горных работ непосредственно в геологических нарушениях и зонах их влияния высока вероятность возникновения горных ударов [5]. Однако все чаще наблюдаются ситуации возникновения проявлений горного давления, связанных с пучением, выдавливанием и разломом почвы, особенно при применении технологии отработки длинными столбами по простиранию и при отработке слоями в нисходящем порядке. При этом по месту фиксирования проявлений можно выделить три варианта возникновения (рис. 1):

- а) впереди очистного забоя в подготовительной выработке;
- б) впереди очистного забоя, в самом забое и магистральной выработке;
- в) в магистральной выработке, отделяемой целиками от выработанного пространства с двух сторон.

Выделены факторы возникновения подобных явлений, такие как:

- наличие тяжелой кровли (но не во всех случаях);
- применение технологии послоевой отработки пласта;
- наличие ослабленного угля в зоне нарушения;
- влияние геодинамической опасной зоны.

В зоне влияния нарушений под действием опорного давления от очистных работ во вмещающем массиве подготовительных и очистных выработок формируются повышенные напряжения. Проявление горного давления зависит от структуры и физико-механических свойств угля в различных слоях. Согласно «Инструкции по прогнозу динамических явлений и мониторингу массива

горных пород при отработке угольных месторождений»¹ (далее – Инструкция по прогнозу динамических явлений) выделяют такие динамические явления, как горные удары, внезапные выбросы угля (породы) и газа, внезапные выдавливания угля, динамические разрушения пород почвы. Четко определены события, предшествующие подобным явлениям, методы прогноза. Однако на практике возникают такие проявления горного давления, которые в данную классификацию не укладываются. Например, разрушение и быстрое образование разломов пород почвы горной выработки, но без выделения газа, и достаточно медленное пучение почвы, которая представлена углем с длительностью явления от минут до нескольких часов. Вследствие этого возникает определенная проблема классификации данных явлений и, соответственно, определения методов их контроля [6].

В большинстве случаев главным вопросом при работе в зоне влияния геологических нарушений является управление устойчивостью почв выработок, т.к. существует достаточно высокая вероятность обрушения пород кровли и вывалов угля с боков выемочных или подготовительных выработок [7; 8].

Обследование выработки угольной шахты, проходящей через активное геологическое нарушение, при отработке запасов в условиях труднообрушаемой кровли

В Кемеровском филиале АО «ВНИМИ» и АО «НЦ ВостНИИ» на протяжении длительного времени ведутся совместные работы по мониторингу подобных явлений и созданию оптимальных методов управления устойчивостью почвы выработок первого слоя при работе очистного забоя [9; 10]. Особо значимый интерес представляют выработки, проходящие зоны нарушений. Для Кузнецкого угольного бассейна такие условия являются достаточно частой картиной при отработке запасов, особенно в условиях труднообрушаемой кровли.

Рассмотрим в качестве объекта исследования выработку шахты, проходящую через активное нарушение, горно-геологические условия которой представлены на рис. 2.

В кровле пласта залегают слой алевролита мощностью до 10 м и далее слой песчаника мощностью до 28 м. Следует отметить наличие в нижней пакке угля с более низкими прочностными характеристиками, что способствует возникновению негативных проявлений горного давления. Ближайшим местом перехода упругих деформаций в пластичные может являться именно слой ослабленного угля, который, сжимаясь, вымещает избыток своего объема из сжатых областей в ближайшую

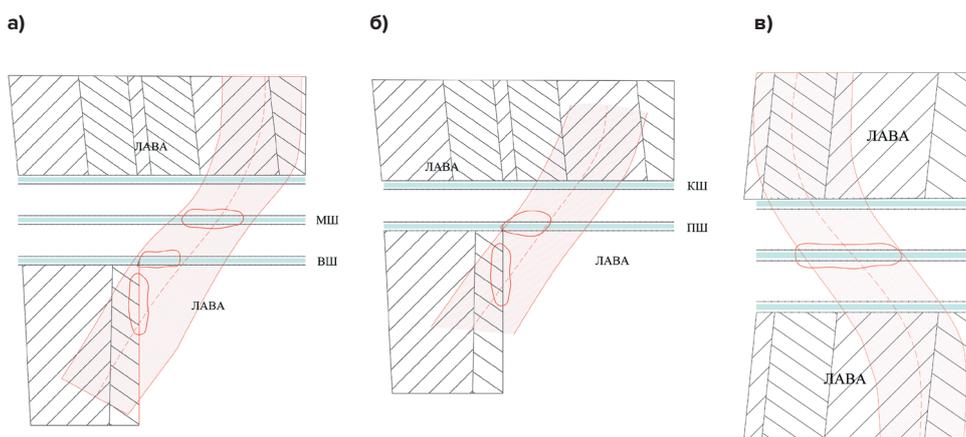


Рис. 1
Варианты возникновения проявлений горного давления, связанных с почвой:
а – впереди очистного забоя в подготовительной выработке;
б – впереди очистного забоя, в самом забое и магистральной выработке;
в – в магистральной выработке, отделяемой целиками от выработанного пространства с двух сторон

Fig. 1
Possibilities of rock pressure manifestations related to the floor of the mine working:
а – ahead of the stope in the developing entry;
б – ahead of the stope, in the stope itself and in the main entry;
в – in the main entry separated from the mined space by pillars on both sides

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 Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 10 дек. 2020 г. №515.

Мощность, м	Колонка	Краткая характеристика пород	Крепость пород, f	бзд пород, МПа	Объемный вес, г/см ³	Допустимая площадь обваловки, м ²	Допустимое время обваловки, мин
23,0-23,0		Песчаник м/з, с/з	8-10	80-100	2,62	15-30	До 120
0,18-0,25		Пласт П	0,8-0,1	10,0			
8,0-10,0		Алеврит м/з, с/з, слонистый	5-7	50-70	2,4	5-10	до 20
		Пласт III (мощность m = 9,32-11,42 м, средняя 10,53 м). Уголь каменный, марки К, зрелый, зрелый, с прослоями алеврита м/з, углстого артезианта	(1,5-2,9) 0,9-1,5 (1,5-2,9)	9-15	1,66-2,08 1,38-1,41 1,66-2,08		
4,0-6,0		Почва - алеврит м/з алевритосланец	6-7	60-70	2,4		
19,0		Песчаник м/з, с/з	8-10	80-100	2,62		

Рис. 2
Литологическая колонка

Fig. 2
A lithological borehole log

разгруженную зону, вызывая тем самым поднятия, разрушения и разломы почвы.

При ведении очистных работ происходит зависание пород основной кровли в выработанном пространстве. При этом ширина опоры в забое по мере подвигания в зоне влияния нарушения значительно уменьшается по сравнению с шириной зависающей части пород основной кровли в выработанном пространстве.

На объекте проводилось регулярное инструментальное обследование геофизическим комплексом Ангел-М с функцией АЭШ методом вызванного электромагнитного излучения (ВЭМИ) в течение нескольких лет. На рис. 3 представлена схема расположения аппаратуры в одном из вариантов обследования. Следует отметить, что при выборе местоположения датчиков по возможности учитывались зоны геологических нарушений.

Как видно из рисунка, точки 3 и 5 располагались непосредственно в зоне геологических нарушений в вентиляционном штреке. Результаты наблюдений в целом показали умеренное напряженное состояние массива.

Характер и локализация повышенных напряжений в массиве вблизи краевой части выработки позволяли оценить состояние массива на данном участке как стабильно напряженное. В то же время по кровле на данном участке отмечалась зона повышенной и сильной трещиноватости, ее присутствие под действием повышенных напряжений может спровоцировать вывалы и обрушения.

Анализ сейсмической обстановки на исследуемом участке позволил выделить следующие природные сейсмические события, которые сопутствовали проявлениям горного давления в шахте (табл. 1).

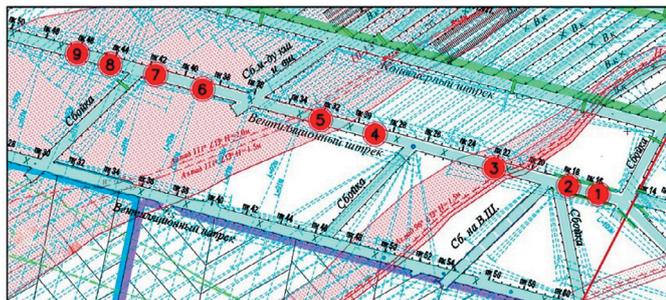


Рис. 3
Пункты зондирования аппаратурой Ангел-М

Fig. 3
The Angel-M sounding points

Таблица 1
Хронология природных сейсмических событий, сопутствующих проявлениям горного давления в шахте

Table 1
Timeline of natural seismic events accompanying the manifestations of rock pressure in the mine

Дата события	Магнитуда	Время
06.12.2019	3,5	03:31
14.12.2019	3,2	05:10
13.03.2021	3,3	08:10
05.06.2022	4,3	15:47
24.09.2022	3,9	17:58

Как видно из табл. 1, диапазон изменения магнитуды событий достаточно невысокий [3,2; 4,3], чтобы вывести некоторую закономерность обязательного возникновения проявлений горного давления. Поэтому было высказано предположение, что данные события генерировали пришедшую волну от внешнего источника, которая спровоцировала вымещение энергии от созданных повышенных напряжений в углеродном массиве, в результате которого фиксировались проявления горного давления. После события 6 декабря 2019 г. выполнено исследование массива горных пород выработки, результаты представлены на рис. 4.

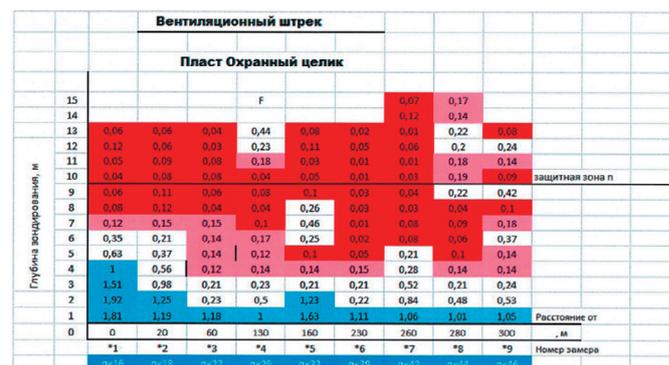


Рис. 4
Инструментальные наблюдения по оценке напряженного и удароопасного состояния массива

Fig. 4
Instrumental observations to assess the stress and the rock-bump hazardous condition of the rock mass

Несмотря на то что произошло сейсмическое событие, которое сопровождалось деформациями в выработке, массив остался в напряженном состоянии. Закономерным с этой точки зрения является повторение

сейсмического события 14 декабря 2019 г., которое привело к повторным проявлениям.

Однако следует заметить, что такая картина не всегда соответствовала статусу «ОПАСНО». В некоторых случаях массив диагностировался как умеренно напряженный, а в результате природного сейсмического события фиксировались проявления горного давления в зоне влияния геологического нарушения. Здесь основными факторами выступали трещиноватость массива горных пород и рост давления при подходе очистного забоя к этой зоне.

Обсуждение результатов

При анализе картины возникаемых событий в шахте фиксировались следующие случаи возникновения деформаций почвы в результате проявлений горного давления при пересечении очистным забоем нарушения:

- выдавливание боков и почвы в выработке, появление трещин;
- изменение параметров выработки;
- уменьшение высоты с 3,5 м вплоть до 0,5 м.

Со стороны расположения отработанных участков наблюдалась повышенная трещиноватость, заколы и отслоения угля в боках, шелушения, провисания и деформации решетчатой затяжки в боках. Образовывались свежие трещины (разломы) в почве выработки с раскрытием до 3–5 см. Фиксировалось выдавливание угля из почвы на высоту до 1,5 м, выдавливание боков в выработку, их скольжение на контакте кровли с боками с уменьшением ширины выработки на величину до 1,0–1,4 м. Уменьшение высоты выработки происходило не только за счет поднятия почвы, но и за счет вывалов с боков выработки при их разрушении. При этом следует отметить, что кровля штреков оставалась устойчивой, анкерная крепь кровли выработки работоспособной, развитие интенсивных расслоений и трещиноватости пород кровли, куполов и вывалов, вырванных анкеров, смятия опорных элементов, повышенного горного давления на анкерную крепь не наблюдалось. Величина расслоений пород кровли промежуточного штрека по данным реперной станции составляла не более 10 мм, показания реперов на всех уровнях находились в зеленой зоне.

Исходя из описанного выше в действующем очистном забое регулярно фиксировались проявления горного давления, которые не описаны в Инструкции по прогнозу динамических явлений. В связи с этим считаем целесообразным классифицировать явления подобного типа как *внезапное выдавливание угля из почвы выработок первого слоя мощного пласта*.

Для исключения влияния негативных факторов, связанных с созданием чрезмерных напряжений в целиках угля от веса зависающих пород и минимизации динамических разрушений почвы, необходимо выполнение мероприятий по принудительному обрушению пород кровли, которые для данной шахты разрабатывались Институтом угля ФИЦ УУХ СО РАН.

Как было указано выше, в районе линии очистного забоя и промежуточного штрека в кровле пласта залегает слой алевролита и слой песчаника (см. рис. 1). При таких параметрах очистной выемки, где мощность вынимаемого слоя составляет 4,5 м, толщина пород кровли, способной «подпереть» основную кровлю, определяется по «Инструкции по управлению кровлей»² из выражения:

$$h_n = \frac{m_b - h_{ло} \times (k_{ло} - 1)}{k_{то} - 1} + h_{ло}, \text{ м},$$

где m_b – вынимаемая мощность; $h_{ло}$ – мощность непосредственной легкообрушаемой кровли; k – коэффициенты разрыхления пород легко- и труднообрушаемых кровель.

Таким образом, толща обрушаемых пород для подпирания основной должна составлять не менее 19 м.

Так как слой непосредственной легкообрушаемой кровли значительно меньше, происходит зависание пород основной кровли в выработанном пространстве как действующего очистного забоя, так и ранее отработанного смежного.

Расчетные шаги обрушения пород при таких параметрах составляют для слоя алевролита 6,1 м, для слоя песчаника – 19,1 м. При таких пролетах зависания и мощностях труднообрушаемых пород создаются чрезмерные давления на межлавные целики и краевые участки угольного пласта.

Для управления кровлей использовался метод направленного гидроразрыва пород (НГР). По информации недропользователя, в ранее отработанном очистном забое также выполнялись мероприятия по НГР. Согласно предоставленным данным линия НГР, образованная скважинами, отбуренными из промежуточного штрека, при длине скважины 15 м и 60° заложения приходится в линию сочленения литологических разностей в 10 м от промежуточного штрека. Очевидно, что при достижении слоя алевролита с его слоистой структурой нагнетаемая жидкость будет стремиться по линии сочленения двух литологических разностей, пока не затухнет или не подсечет трещины, образованные техногенным влиянием отработанного очистного забоя.

В случае если объем нагнетаемой воды превысит емкость образующейся щели по контакту с алевролитом, может происходить дальнейшее развитие трещины и в песчанике. Это следует допускать эпизодически. Однако при ширине межлавного целика 60 м и таких параметров скважин, даже если допустить распространение трещины в песчанике на всю мощность его слоя, то образованный (отсеченный) блок пород по ту сторону трещины НГР будет продолжать опираться на межлавный целик основной своей площадью и не будет стремиться к перевесу в сторону выработанного пространства.

Таким образом, очевидно, что воздействие с промежуточного штрека на зависающие породы в ранее отработанном очистном забое настоящими параметрами НГР происходит неэффективно.

Следует отметить, что при таких параметрах скважин и горно-геологических условиях в комплексе со скважинами в направлении на выемочный столб действующего очистного забоя при соединении линий разлома пород происходит инициирование обрушения части пород основной кровли в верхней части выработанного пространства действующего забоя. Это, в свою очередь, позволяет снизить величину опорного давления и, как следствие, поднятия почвы выработки промежуточного штрека. Но более эффективным воздействием на зависающие породы кровли в выработанном пространстве забоя будет бурение скважин на лежащий бок промежуточного штрека с параметрами, представленными на рис. 5.

Следует отметить, что, по утверждению недропользователей, НГР проводился и в ранее отработанном очистном

² Инструкция по выбору способа и параметров разупрочнения кровли на выемочных участках. Л.; 1991. 102 с.

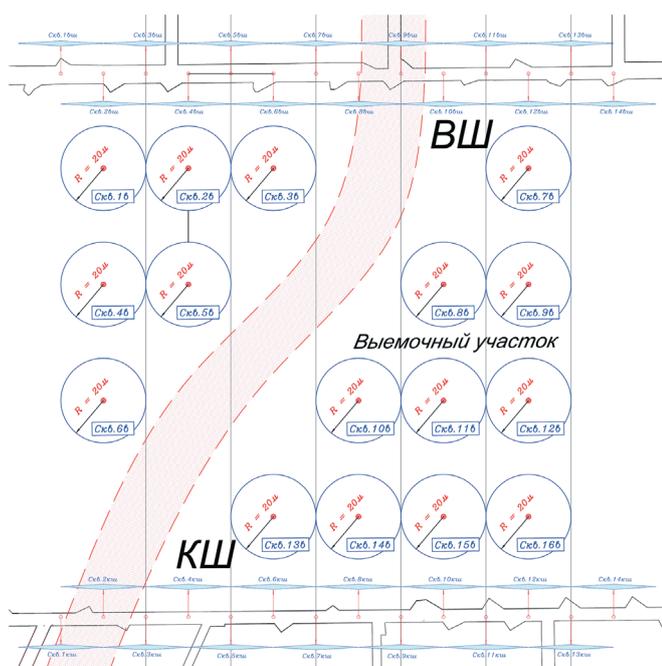


Рис. 5
Схема расположения скважин направленного гидроразрыва пород глубокого заложения над промежуточным штреком в период отработки лавы

Fig. 5
A layout of boreholes for directional hydrofrac of the deep-buried rocks above the intermediate drift during the stoppage period

забое с конвейерного штрека в направлении промежуточного штрека. Конвейерный штрек является наиболее целесообразным местом воздействия на зависающие породы в выработанном пространстве забоя, опирающиеся на межлавный целик, если это воздействие было выполнено качественно.

Таким образом, в рассматриваемых горно-геологических условиях при фактических параметрах межлавного целика воздействие на зависающие породы у краевой части угольного целика ранее отработанного очистного забоя может быть достигнуто только при совершенно отличных от рекомендованных ранее параметрах НГР. На рис. 5 выполнено графическое построение такого воздействия, при котором может произойти гравитационное сдвигание консоли в выработанном пространстве выемочного столба по противоположную сторону трещины НГР и снизится нагрузка на межлавный целик.

Очевидно, что требуется обеспечить обрушение пород у краевой части непосредственно при отработке столба из скважин прилегающего к забою конвейерного штрека. Это же утверждение справедливо и для действующего очистного забоя для сохранения нижерасположенной

выработки промежуточного штрека. В ходе исследования к существующей схеме добавлены скважины в направлении на «куток» промежуточного штрека, что при указанных в нем параметрах безусловно способствует снижению размера зависающих пород в выработанном пространстве в районе верхних секций крепи.

Таким образом, очевидно, что наиболее эффективным методом уменьшения негативного воздействия в виде веса труднообрушаемых пород является метод НГР. Однако, чтобы достигался желанный эффект, параметры скважин требуют регулярной корректировки, учитывающей реальные горно-геологические условия.

Выводы

1. При работе очистного забоя по первому слою в зоне влияния геологического нарушения и залегании в кровле угольного пласта мощных труднообрушаемых песчаников существенно увеличиваются нагрузки на краевые части угольных целиков и толщ непосредственной кровли, что отрицательно сказывается на устойчивости подготовительных выработок. В большинстве случаев в зоне влияния геологического нарушения при ведении очистных работ происходит разрушение и быстрое образование разломов пород почвы подготовительных выработок.

2. Зафиксированные на шахтах деформации почвы в результате проявлений горного давления при пересечении очистным забоем нарушений не описаны в Инструкции по прогнозу динамических явлений, при этом определены три варианта их возникновения: в подготовительной выработке, самом забое и магистральной выработке.

3. Предлагаем классифицировать описанные явления как внезапное выдавливание почвы выработок первого слоя и внезапное выдавливание почвы выработок, для появления которых определены такие факторы, как наличие тяжелой кровли (но не во всех случаях), применение технологии послоевой отработки пласта, наличие ослабленного угля в зоне нарушения и влияние геодинамически опасной зоны.

4. Для исключения влияния негативных факторов, связанных с созданием чрезмерных напряжений в целиках угля от веса зависающих пород, и минимизации динамических разрушений почвы подготовительных выработок необходимо выполнение мероприятий по принудительному обрушению пород кровли методом НГР, позволяющих снижать шаг посадки основной кровли, однако требуется модификация схемы исходя из конкретных горно-геологических условий.

5. Рекомендуемая схема расположения скважин НГР (см. рис. 5) позволяет максимально снизить нагрузки на межлавные целики, механизированную крепь очистного забоя, вмещающие породы подготовительных выработок и обеспечить устойчивость почвы в них.

Список литературы / References

1. Brady H.G., Brown E.T. *Rock Mechanics: For underground mining*. 3rd ed. Springer; 2007. 628 p. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-2116-9>
2. Бабиюк Г.В. *Управление надежностью горных выработок*. Донецк: Світ книги; 2012. 420 с.
3. Мельник В.В., Кузнецов Ю.Н., Грохотов Ф.И., Мурин К.М., Буханик А.И., Дронов А.Н. *Геомеханическая база обеспечения устойчивости горных выработок и эффективности технологии угледобычи*. М.: ТулГУ; 2017. 127 с.

4. Петренко Ю.А., Соловьев Г.И., Касьяненко А.Л. Способ обеспечения устойчивости пород почвы на основе использования благоприятных горно-геологических условий. Известия Тульского государственного университета. *Науки о Земле*. 2020;(4):201–212.
Petrenko Yu.A., Soloviev G.I., Kasyanenko A.L. Stabilization method for floor rocks by using favorable geological conditions. *Izvestiya Tulsogo Gosudarstvennogo Universiteta. Nauki o Zemle*. 2020;(4):201–212. (In Russ.)
5. Du T. Research on roof management technology of mining in shallow buried coal seam use continuous miner. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020;508:012043. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/508/1/012043>
6. Горбачев А.С., Шилов В.И. Мониторинг массива горных пород по параметрам искусственного акустического сигнала. Прогноз геологических нарушений при добыче угля. *Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности*. 2022;(2):6–16.
Gorbachev A.S., Shilov V.I. Monitoring of the rock mass by artificial acoustic signal parameters. geological disturbance forecast during coal mining. *Vestnik Nauchnogo Tsentra po Bezopasnosti Rabot v Ugolnoy Promyshlennosti*. 2022;(2):6–16. (In Russ.)
7. Дудин А.А., Лысенко М.В., Аушев Е.В., Карасев В.А., Ногаев С.Н., Валешный Р.Ю. и др. Опыт внедрения направленного гидроразрыва для управления труднообрушаемой кровлей на каменноугольных месторождениях АО «Воркутауголь». *Уголь*. 2023;(8):87–95. <https://doi.org/10.18796/0041-5790-2023-8-87-95>
Dudin A.A., Lysenko M.V., Aushev E.V., Karasev V.A., Nogaev S.N., Valeshnyj R.Yu. et al. Experience of implementing directional hydraulic fracturing to manage poorly caving roofs at Vorkutaugol coal fields. *Ugol'*. 2023;(8):87–95. (In Russ.) <https://doi.org/10.18796/0041-5790-2023-8-87-95>
8. Prusek S., Rajwa S., Wrana A., Krzemien A. Assessment of roof fall risk in longwall coal mines. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*. 2017;31(8):558–574. <https://doi.org/10.1080/17480930.2016.1200897>
9. Семенцов В.В., Осминин Д.В., Нифанов Е.В. Устойчивость выемочных горных выработок при отработке пластов с труднообрушающимися кровлями. *Вестник Научного центра ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности*. 2021;(3):14–25. <https://doi.org/10.25558/VOSTNII.2021.47.12.002>
Sementsov V.V., Osminin D.V., Nifanov E.V. Stability of excavating mine workings during development of formations with hard-to-break roofs. *Bulletin of Scientific Centre VostNII for Industrial and Environmental Safety*. 2021;(3):14–25. (In Russ.) <https://doi.org/10.25558/VOSTNII.2021.47.12.002>
10. Гречишкин П.В., Розонов Е.Ю., Клишин В.И., Опрук Г.Ю., Щербаков В.Н. Управление кровлей для повышения эффективности поддержания выработок, охраняемых податливыми целиками. *Уголь*. 2019;(10):35–41. <https://doi.org/10.18796/0041-5790-2019-10-35-41>
Grechishkin P.V., Rozonov E.Yu., Klishin V.I., Opruk G.Yu., Scherbakov V.N. Roof management to increase the efficiency of maintaining workings guarded by malleable pillars. *Ugol'*. 2019;(10):35–41. (In Russ.) <https://doi.org/10.18796/0041-5790-2019-10-35-41>

Информация об авторах

Гречишкин Павел Владимирович – кандидат технических наук, директор, Кемеровский филиал АО «ВНИМИ», г. Кемерово, Российская Федерация; e-mail: info@vnimi.ru

Семенцов Вячеслав Владимирович – кандидат технических наук, исполнительный директор – первый зам. генерального директора, АО «НЦ ВостНИИ», г. Кемерово, Российская Федерация

Трошков Николай Юрьевич – заместитель директора, Кемеровский филиал АО «ВНИМИ», г. Кемерово, Российская Федерация

Осминин Дмитрий Валерьевич – кандидат технических наук, заведующий лабораторией горной геомеханики, АО «НЦ ВостНИИ», г. Кемерово, Российская Федерация

Онищенко Сергей Сергеевич – инженер лаборатории геомеханики и методики маркшейдерских работ, Кемеровский филиал АО «ВНИМИ», г. Кемерово, Российская Федерация

Information about the authors

Pavel V. Grechishkin – Cand. Sci. (Eng.), Director, Kemerovo Branch, VNIMI JSC, Kemerovo, Russian Federation; e-mail: info@vnimi.ru

Vyacheslav V. Sementsov – Cand. Sci. (Eng.), Executive Director, First Deputy CEO, VostNII Research Center JSC, Kemerovo, Russian Federation

Nikolay Yu. Troshkov – Deputy Director, Kemerovo Branch, VNIMI JSC, Kemerovo, Russian Federation

Dmitry V. Osminin – Cand. Sci. (Eng.), Head of the Mining Geomechanics Laboratory, VostNII Research Center JSC, Kemerovo, Russian Federation

Sergey S. Onishchenko – Engineer, Laboratory of Geomechanics and Mine Surveying Methods, Kemerovo Branch, VNIMI JSC, Kemerovo, Russian Federation

Article info

Received: 03.05.2024

Revised: 18.06.2024

Accepted: 27.06.2024

Информация о статье

Поступила в редакцию: 03.05.2024

Поступила после рецензирования: 18.06.2024

Принята к публикации: 27.06.2024