

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОЧИСТНЫХ РАБОТ НА ДЕГАЗАЦИОННУЮ СКВАЖИНУ В ОБВОДНЕННОМ МАССИВЕ

Б. В. Хохлов, М. Д. Рожко✉

ФГБНУ «Республиканский академический научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт горной геологии, геомеханики, геофизики и маркшейдерского дела», г. Донецк, ДНР, Российская Федерация

✉ mdr6464@mail.ru

Аннотация: На примере подработки дегазационной скважины, расположенной на промплощадке шахты, проведено исследование геомеханических процессов в обводненном массиве горных пород. На основе детального анализа влияния горных работ были проведены расчеты радиальных нагрузок на крепь скважины, сдвижений и деформаций земной поверхности, а также вертикальных деформаций по оси дегазационной скважины. Рассмотрена возможность проведения очистных работ в предохранительном целике с целью минимизации негативных последствий подработки при максимальной выемке угля.

Ключевые слова: подработка скважины, дегазационная скважина, сдвижение, деформации, предохранительный целик, очистные работы, устойчивость, кратность подработки, нарушенность скважин

Благодарности, признательность, финансирование: Исследования выполнены в рамках работы FRSR-2023-0006. «Исследование устойчивости и трансформации напряженно-деформированного состояния обводненных массивов горных пород».

Для цитирования: Хохлов БВ, Рожко МД. Исследование влияния очистных работ на дегазационную скважину в обводненном массиве. *Маркшейдерия и недропользование*. 2025;25(3):42-48. <https://doi.org/10.56195/20793332-2025-25-3-42-48>.

INVESTIGATION OF THE IMPACT SECOND MINING OPERATIONS ON A BOREHOLE DRILLED IN A SATURATED WITH WATER ROCK MASS

B. V. Khokhlov, M. D. Rozhko✉

Republican Academic R&D Institute of Mining Geology, Geomechanics, Geophysics and Mine Surveying (RANIMI), Donetsk, DPR, Russian Federation

✉ mdr6464@mail.ru

Abstract: A research into geomechanical processes in a fluid-saturated rock mass is described in the article using the example of undermining a methane drainage borehole located at the industrial site of a mine. Based on the detailed analysis of the mining operations impact, the calculations of radial loads on the borehole casing, of the ground surface displacements and deformations, and as well of the vertical deformations along the methane drainage borehole axis have been carried out. The possibility of performing second mining operations on a protection pillar to minimize the negative consequences of undermining at the maximum coal extraction is considered.

Keywords: borehole undermining, methane drainage borehole, displacement, deformations, protection pillar, second mining operations, stability, undermining factor, borehole faulting

Acknowledgments, funding, financial Support: The research was carried out within the framework of FRSR-2023-0006 Study of stability and transformation of the stress-strain state of flooded rock mass.

For citation: Khokhlov B. V., Rozhko M. D. Investigation of the impact second mining operations on a borehole drilled in a saturated with water rock mass. *Mine Surveying and Subsurface Use*. 2025;25(3):42-48. (In Russ.). <https://doi.org/10.56195/20793332-2025-25-3-42-48>.

Введение

Согласно «Российской программе развития угольной промышленности», добыча угля в России к 2030 году должна быть доведена до 480 тонн в год. Один из путей достижения этой цели – рациональная добыча угля в соответствии с законом Российской Федерации «О недрах».

Для охраны выработок, а именно стволов, скважин различного назначения, в горном массиве оставлены целики, где сосредоточены существенные запасы угля. По данным [1], в предохранительных целиках законсервировано от 5 до 7 % запасов угля, отведенных шахте для выемки. Ведение горных работ в зонах влияния на выработки или в целике провоцирует возникновение различных разрушений и деформаций вмещающего массива, которые ухудшают состояние крепи выработок, а также объектов поверхности.

Проблема устойчивости вертикальных выработок в различных горно-геологических условиях при отработке угольного пласта в разные годы рассматривалась в работах как российских, так и зарубежных исследователей [2–12]. Одной из причин снижения продуктивности и устойчивости скважин являются деформационные процессы массива, в том числе связанные с изменением его коллекторских свойств [13–15]. Особенно интенсивно данные процессы влияют на устойчивость скважин на участках их пересечения со слоями водонасыщенных пород [15]. Наибольшую угрозу представляет потеря устойчивости скважин в зоне влияния горного давления (перед забоем) и зоне интенсивного смещения нависающих козырьков (за забоем).

Часто встречающийся фактор, влияющий на устойчивость, – наличие вывалов породы из ее стенок, что с большой долей вероятности происходит при подработке скважины, а также применение защитных мероприятий без учета обводненности массива. Важно, чтобы при отработке целиков, когда выработка попадает в зону влияния горных работ, были сохранены ее эксплуатационные характеристики. Для этого необходим достоверный прогноз последствий отработки целиков как в массиве горных пород, так и для объектов на земной поверхности для принятия своевременных корректных решений по мерам защиты выработок.

Цель эксперимента: минимизация негативного влияния очистных работ на подрабатываемую скважину при максимальном извлечении угля.

Материал и методы исследования

Одним из наиболее эффективных методов изучения геомеханических процессов, протекающих в подрабатываемом горном массиве, является экспериментальный. В данном случае применялся комплексный метод, включающий анализ теоретических и экспериментальных исследований.

Институт РАНМИ имеет многолетний опыт подработки технических скважин, в том числе и дегазационных [1, 2] в различных горно-геологических и горнотехнических условиях. Подработка проводилась как в пластах, пересеченных скважинами, так и в пластах, залегающих под забоем скважины. В одних случаях скважины сохраняли эксплуатационные характеристики и функционировали в штатном режиме, а в других в результате подработки скважины были выведены из строя. Проанализировано более 80 случаев подработки технических скважин, в результате чего были установлены

вид и параметры зависимости, учитывающей влияние полноты отработки условного целика u и кратности подработки забоя скважины (зумпфа) K_z на распределение нарушенности технических скважин:

$$K_z = 340 - \frac{138}{u}, \text{ при } u \geq 0,406 \quad (1)$$

Полнота отработки предохранительного целика призвана характеризовать степень внедрения очистных работ в его границы. Поскольку в различные периоды предохранительные целики строились по разным нормативным документам и поэтому для разных по значимости скважин применялись целики разных размеров, с целью унификации данного параметра логично рассматривать полноту отработки некоторого условного целика, построенного по граничным углам сдвижения, регламентированным «Правилами подработки зданий, сооружений и природных объектов при добыче угля подземным способом» (ГСТУ 101.00159226.001-2003) для различных регионов Донбасса. Так, для Западного Донбасса эти углы по простиранию пласта составляют $\delta_0 = 65^\circ$.

Тогда полнота отработки целика u определится из соотношения [18]

$$u = \frac{S_{оч}}{S_{общ}},$$

где $S_{оч}$ – площадь отработанной части условного целика очистными выработками, m^2 ;

$S_{общ}$ – общая площадь условного целика, m^2 .

Следует подчеркнуть, что при определении параметра u предполагается, что отработка целика очистными выработками проводится от его периферии к центру.

Кратность подработки забоя (зумпфа) дегазационной скважины K_z характеризует относительную удаленность нижней точки скважины от разрабатываемого пласта и представляет собой расстояние, измеряемое по вертикали, от забоя подрабатываемой скважины до разрабатываемого пласта, отнесенную к вынимаемой мощности этого пласта:

$$K_z = \frac{h_z}{m},$$

где h_z – расстояние, измеряемое по вертикали, от забоя подрабатываемой скважины до разрабатываемого пласта, м. При минимальной глубине лавы 487 м и глубине зумпфа скважины 473 м h_z составит 14 м;

m – вынимаемая мощность пласта, м, $m_{max} = 1,62$ м.

Результаты исследований

Рассмотрим результаты эксперимента по уменьшению размеров целика под дегазационную скважину № 1, которая попадает в зону влияния очистных работ 501-й лавы пласта c_3 шахты имени Героев Космоса.

Дегазационная скважина № 1 пробурена в предохранительном целике под промплощадку шахты, и отдельный целик для ее охраны не строился. Скважина закреплена стальными трубами с заполнением затрубного пространства песчано-цементным раствором. В процессе ведения очистных работ 501-й лавой пласта c_3 скважина попадает в зону ее влияния. Горнотехнические условия работы лавы приведены в таблице.

Отработка лавы производилась по восстанию.

Условия ведения очистных работ осложнены наличием в верхней части массива обводненных песков бучакского горизонта мощностью 23 м.

Таблица / Table

Условия отработки 501-й лавой пласта c_5 /
Conditions for mining the 501st lava formation c_5

Показатель / Indicator	Значение / Value
Средняя глубина лавы, м	От 518 до 487
Марка угля	ДГ
Мощность пласта, м	0,70–1,32
Мощность наносов, м	130
Мощность мезозойских (кайнозойских) отложений, м	46
Угол падения пласта, градус	3–5
Длина лавы, м	250
Длина выемочного столба, м	1 020 (820)
Способ управления кровлей	Полное обрушение
Среднее месячное продвижение очистного забоя, м	135

Исследованиями [11], [17] установлено, что степень влияния очистных работ на состояние подрабатываемых скважин в первом приближении может быть охарактеризована двумя параметрами: кратностью подработки забоя скважины (зумпфа) K_z и полнотой отработки условного целика u . Для данных условий $K_z = 8,64$.

Проектная полнота выработки условного целика u (рис. 1) в соответствии с [17] равна 0,013.

Кривая зависимости (1) графически разграничивает области нарушенных и ненарушенных в процессе подработки скважин [11].

Согласно распределению нарушенности технических скважин, в зависимости от полноты отработки условного целика и кратности подработки забоя данная скважина попадает в область ненарушенных скважин.

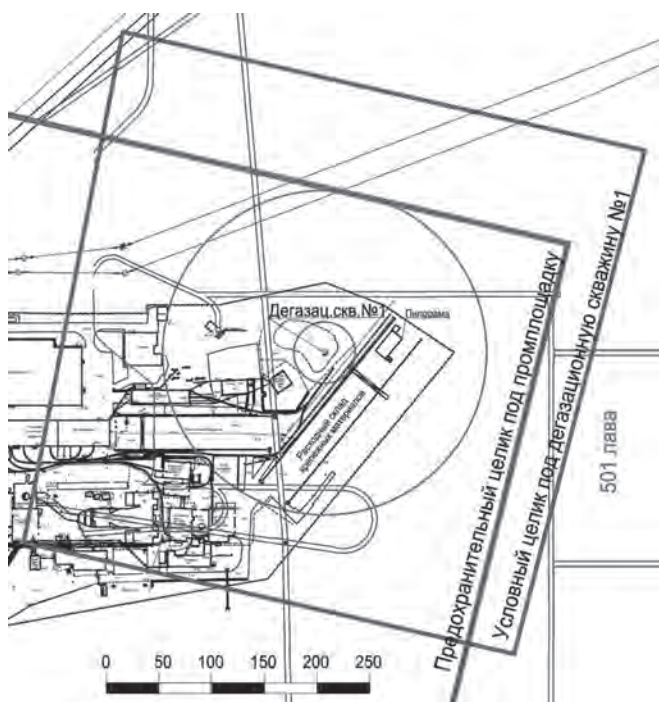


Рис. 1. Схема для определения полноты отработки условного целика u /
Fig. 1. Scheme for determining the completeness of the protection pillar u

Деформации среза крепи технических скважин при подработке образуются в зонах послонных сдвигов пород, которые, в свою очередь, локализуются в районах максимальных наклонов породных слоев. Точное прогнозирование локализации максимальных наклонов при ведении очистных работ позволит избежать нарушений крепи технических скважин в виде срезов при послонных сдвигах пород. Анализ геомеханической ситуации на образование послонных сдвигов показал, что дегазационная скважина в рассматриваемых условиях не попадает в зону максимальных наклонов от 501-й лавы, таким образом, опасность среза ствола скважины отсутствует.

При данных условиях ведения горных работ верхняя часть скважины попадает в зону малых знакопеременных деформаций, а нижняя часть – в зону опорного давления [11].

Для детального анализа влияния горных работ 501-й лавы пласта c_5 на состояние дегазационной скважины № 1, согласно ГСТУ 101.00159226.001-2003, а также [16–20], был проведен предварительный расчет возможных сдвижений и деформаций по всем критериям.

Радиальные нагрузки на крепь скважины

Расчет радиальных нагрузок на крепь дегазационной скважины № 1 проведен согласно [17] для условий максимально возможного оконтуривания ее очистными выработками.

График расчетных нагрузок приведен на рисунке 2.

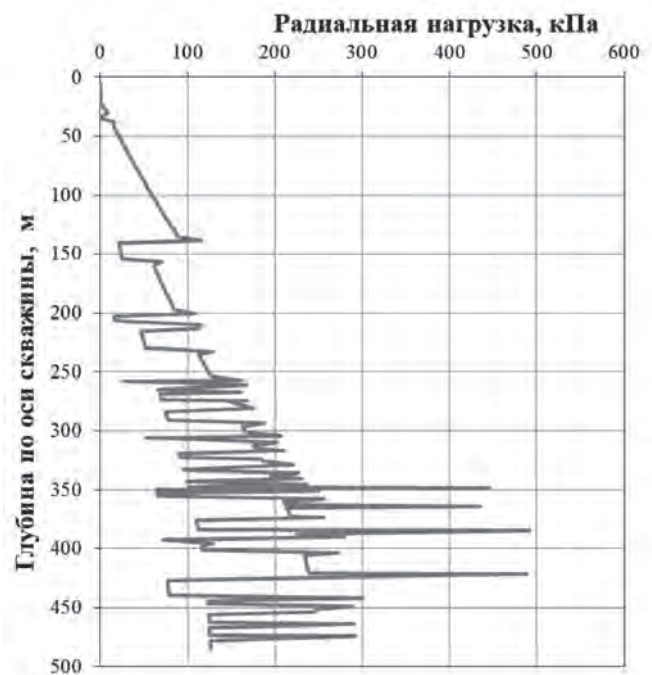


Рис. 2. Результаты расчета радиальных нагрузок на крепь дегазационной скважины № 1 /

Fig. 2. Results of calculation of radial loads on the support of degassing well № 1

Согласно графику, на большей части протяжения скважины радиальная нагрузка, за исключением четырех участков пересечения с угольными пластами, не превышает 300 кПа. Для существующего диаметра скважины данные нагрузки не превышают несущей способности даже 5 см слоя тампонажного бетона (рис. 3).

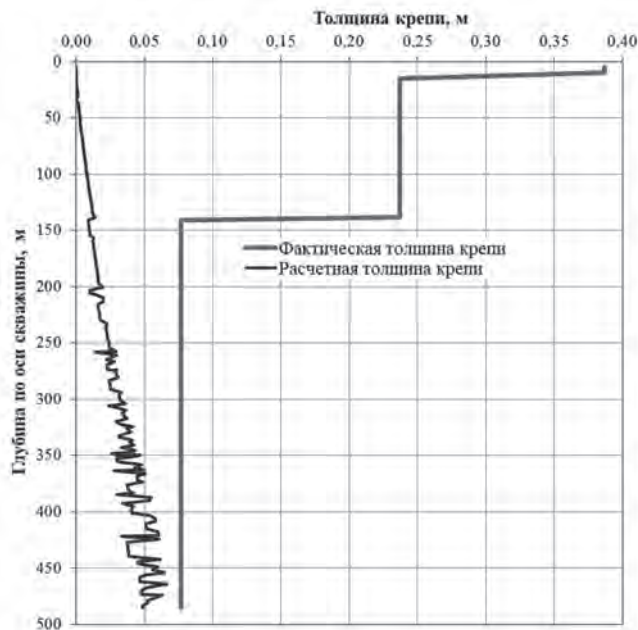


Рис. 3. Графики фактической и необходимой расчетной крепи скважины /
Fig. 3. Graphs of the actual and required design support of the well

Сдвигения и деформации земной поверхности

Расчет ожидаемых сдвижений и деформаций земной поверхности производился согласно ГСТУ 101.00159226.001-2003, также исходя из возможных максимальных значений. Так, вынимаемая мощность для всех пластов принята как максимальная суммарная мощность угольных пачек и прослоев аргиллита по данным геологических колонок, а длина выемочного столба – не менее значений полной подработки ($N_1 \geq 1$), то есть 680 м.

Таким образом, расчеты велись для следующих условий отработки:

- марка угля – ДГ;
- вынимаемая мощность – 1,62 м;
- длина лавы – 253 м;
- средняя глубина отработки – 498,0–515,8 м;
- средний угол падения – 3°;
- мощность наносов – 130 м;
- мощность мезозойских отложений – 46 м;
- лава считается одиночной, закладка отсутствует.

По результатам расчетов построена мульда сдвижения (рис. 4).

На рисунке 4 за «ноль» приняты координаты центра лавы. Дегазационная скважина № 1 находится на расстоянии 210 м от 501-го бортового штрека или в 335 м от оси лавы. Согласно рисунку 4, на данном расстоянии скважина попадает в краевую часть мульды сдвижения, характеризующуюся малыми деформациями.

При изменении нижней границы лавы (места заложения разрезной печи) на величину L величины сдвижений и деформаций дегазационной скважины изменяются. Для их определения проведена серия расчетов по всему диапазону возможных значений.

Определение прогнозных значений ожидаемых сдвижений и деформаций выполнено с учетом активизации процесса сдвижения на ранее отработанных вышележащих пластах c_9 , c_{10} и c_{11} . Так как скважина пройдена после отработки данных пластов, деформации от их отработки не учитываются.

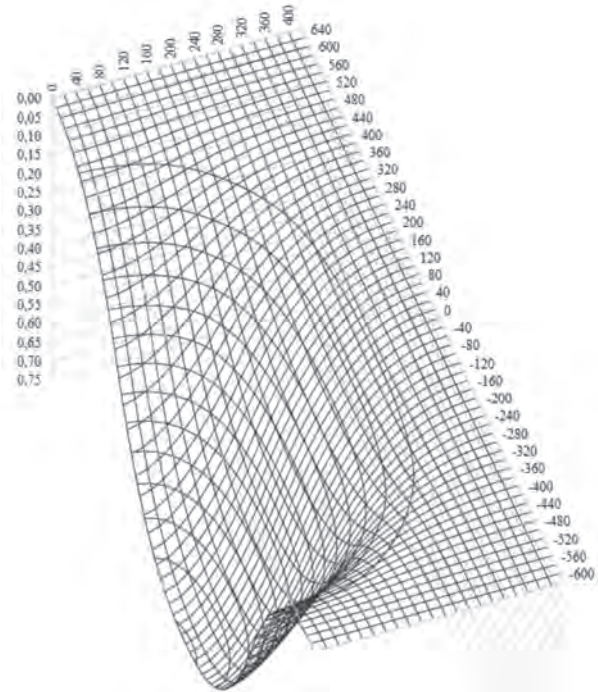


Рис. 4. Полумульда оседаний земной поверхности по простираению от влияния 501-й лавы /

Fig. 4. The half-wave of subsidence of the Earth's surface along the strike from the influence of 501 lava

При дальнейшем увеличении величины L дегазационная скважина располагается напротив плоского дна мульды сдвижения и деформации по всей ее длине не меняются.

Максимальные суммарные деформации земной поверхности на устье скважины при всем возможном диапазоне ведения очистных работ 501-й лавы составляют:

- для наклонов – $i_{max} = 0,825 \cdot 10^{-3}$;
- для кривизны – $K_{max} = 0,0125 \text{ 1/м}$;
- для горизонтальных деформаций – $\xi_{max} = 0,817 \cdot 10^{-3}$.

Эти величины значительно ниже нормативных допустимых показателей деформаций земной поверхности для всех видов инженерных сооружений, расположенных на подготавливаемом участке, кроме подкрановых путей мостового крана расходного склада крепежных материалов.

Допустимый показатель горизонтальных деформаций земной поверхности для мостовых кранов, расположенных на открытой эстакаде, в поперечном направлении, перпендикулярном подкрановым путям, определяют по формуле 7.12 ГСТУ 101.00159226.001-2003

$$[\varepsilon] = \frac{\Delta}{L_k} - K h_n,$$

где Δ – минимальное значение суммы соответствующих зазоров между ребрами колес крана и головками подкрановых рельсов, м; $\Delta = 0,02$;

L_k – длина мостового пролета, м, определена графически, $L_k = 33,3$ м;

h_n – высота подкрановой части колонны от уровня подошвы фундамента до головки рельса, м, $h_n = 0,5$ м;

K – расчетный показатель кривизны земной поверхности в поперечном направлении, перпендикулярном подкрановым путям, $K_{max} = 0,000194 \text{ 1/м}$.

В данных условиях $[\varepsilon] = 0,54 \cdot 10^{-3}$ при максимальном расчетном значении $\varepsilon_{max} = 0,817 \cdot 10^{-3}$, то есть возможны нарушения

ния подкрановых путей мостового крана расходного склада крепежных материалов.

Вертикальные деформации по оси дегазационной скважины

При ведении очистных работ в зоне влияния на вертикальную выработку происходит оседание ее верхней части, вследствие чего вертикальная выработка испытывает деформации сжатия. Для определения вертикальных деформаций проведена серия расчетов по определению оседаний массива через 10 м. Расчеты проводились как суммарные от влияния как 501-й лавы пласта c_5 , так и от активизации процесса сдвижения по пластам c_9 , c_{10}^B и c_{11} . По результатам расчетов через разность оседаний определены вертикальные деформации сжатия.

На рисунке 5 приведены итоговые значения проведенных расчетов.

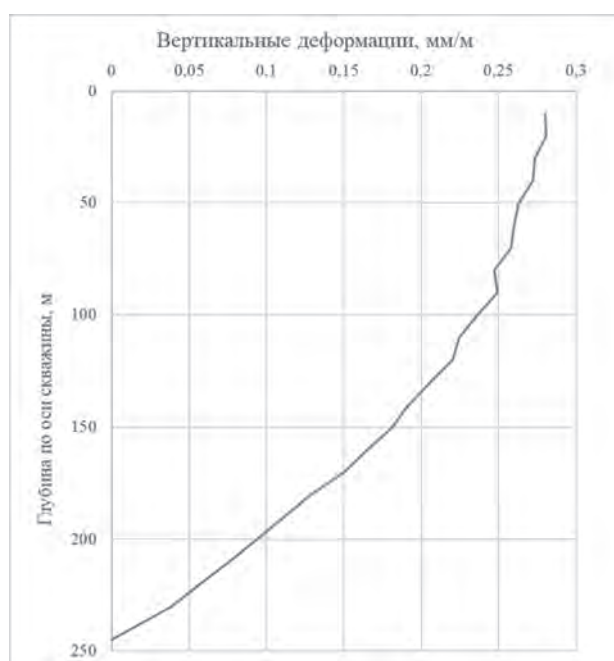


Рис. 5. Вертикальные деформации по оси дегазационной скважины /
Fig. 5. Vertical deformations along the axis of the degassing well

Согласно графику, максимальные значения вертикальных сжатий ϵ_z не превышают величины $0,28 \cdot 10^{-3}$, что значительно

но меньше предельно допустимых для сборной крепи (крепь скважины состоит из металлических труб и затампонированного затрубного пространства) $2 \cdot 10^{-3}$ в соответствии с ГСТУ 101.00159226.001-2003.

Обсуждение результатов исследований

Основываясь на результатах анализа геомеханической ситуации на образование послонных сдвигов, который показал, что дегазационная скважина в рассматриваемых условиях обводненного массива не попадает в зону максимальных наклонов от 501-й лавы, можно сказать, что опасность срезаствола скважины отсутствует.

На большей части протяжения скважины радиальная нагрузка, за исключением четырех участков пересечения с угольными пластами, не превышает 300 кПа.

Максимальные суммарные деформации земной поверхности на устье скважины при всем возможном диапазоне ведения очистных работ 501-й лавы составляют величины значительно ниже нормативных допустимых показателей деформаций земной поверхности для всех видов инженерных сооружений, расположенных на подрабатываемом участке (кроме мостовых кранов):

- для наклонов — $i_{max} = 0,825 \cdot 10^{-3}$;
- для кривизны — $K_{max} = 0,0125 \cdot 1/\text{км}$;
- для горизонтальных деформаций — $\epsilon_{max} = 0,817 \cdot 10^{-3}$.

Максимальные значения вертикальных сжатий не превышают величины $0,28 \cdot 10^{-3}$, что значительно меньше предельно допустимых для сборной крепи.

Выводы

1. В статье приведены результаты исследований геомеханических процессов в массиве горных пород, осложненном наличием водоносного горизонта мощностью 23 м.
2. На основе анализа большого объема научных исследований, модельных экспериментов, расчетов по оценке геомеханического состояния массива горных пород, вмещающего дегазационную скважину, установлено, что при ведении горных работ 501-й лавы пласта c_5 в зоне влияния на дегазационную скважину № 1 эта скважина сохранит эксплуатационные характеристики при любом месте заложения монтажного ходка.
3. Данный вывод подтвердился после фактической подработки скважины, что говорит о достаточном уровне прогноза геомеханической устойчивости скважины при ее подработке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Страданченко СГ, Сарычев ВИ, Савин ИИ. Технологии отработки околоствольных целиков. Новочеркасск, 2004:128. [Stradanchenko SG, Sarychev VI, Savin II. Technologies for testing near-barrel sights. ko S.G. Novocherkassk, 2004:128 (In Russ.).]
2. Бригада ВС, Голик ВИ, Дмитрак ЮВ и др. Обеспечение устойчивости подрабатываемых наклонных дегазационных скважин при интенсивной разработке свит газоносных пластов. *Записки Горного института*. 2019;239:497-501. [Brigida VS, Golik VI, Dmitrak YuV, et al. Ensuring the stability of mined inclined degassing wells during intensive development of formations of gas-bearing formations. *Notes of the Mining Institute*. 2019;239:497-501 (In Russ.).] DOI: 10.31897/PMI2019.5.497.
3. Бригада ВС, Голик ВИ, Дмитрак ЮВ и др. Учет влияния ситуационных геомеханических условий для совершенствования дегазации подрабатываемого массива горных пород. *Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле*. 2019;2:279-88. [Brigida VS, Golik VI, Dmitrak YV, et al. Accounting for the influence of situational geomechanical conditions to improve degassing of the mined rock mass. *Proceedings of the Tula State University. Earth Sciences*. 2019;2:279-88 (In Russ.).]
4. Дмитрак ЮВ, Голик ВИ, Венигор ВВ. Геомеханические предпосылки сохранения устойчивости выработок при разработке водообильных месторождений. *Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле*. 2018;1:221-6. [Dmitrak YuV, Golik VI, Venigor VV. Geomechanical prerequisites for maintaining the stability of workings during the development of water-rich deposits. *Proceedings of Tula State University. Earth Sciences*. 2018;1: 221-6 (In Russ.).]
5. Hawkes CD. Assessing the mechanical stability of horizontal boreholes in coal. *Canadian Geotechnical Journal*. 2011;44(7):797-813. DOI: 10.1139/t07-021.

6. Brinkgreve RBJ, Bakker HL. Non-linear finite element analysis of safety factors. Proceedings of the 7th International Conference on Computer Methods and Advances in Geomechanics. Cairns, Australia, 1991: 11.
7. Jia-wen Zhou, Xing-guo Yang, Zhaohui Yang, et al. Micromechanics damage modeling of brittle rock failure processes under compression. *International Journal of Computational Methods*. 2013;10(6):1-18.
8. Муллер РА. Влияние горных выработок на деформацию земной поверхности. Москва, 1958:76. [Muller RA. The influence of mining operations on the deformation of the Earth's surface. Moscow, 1958 (In Russ.)]
9. Удеев АВ, Шиптенко АВ, Шевченко ВН и др. Выемка предохранительных целиков под вертикальные стволы шахт: Экспресс-информация. Москва, 1978: 31. [Udeev EM, Shiptenko AV, Shevchenko VN, et al. Excavation of safety sights for vertical shafts: Express information. Moscow, 1978 (In Russ.)]
10. Карабак ВА. К вопросу отработки запасов под северным вентиляционным стволом на шахте 9/15 треста «Анжероуголь». *Сб. науч. тр. Кемеровского горного института*. Кемерово, 1956;2:84-99. [Karabak VA. On the issue of mining reserves under the northern ventilation shaft at the 9/15 mine of the Anzherugol Trust. Collection of scientific papers of the Kemerovo Mining Institute. Kemerovo, 1956;2:84-99 (In Russ.)].
11. Кулибаба СБ, Хохлов БВ. Оценка влияния очистных выработок на технические скважины. *Уголь Украины*. 2004;9:26-7. [Kulibaba SB, Khokhlov BV. Assessment of the impact of treatment workings on technical wells. *Coal of Ukraine*. 2004;9:26-7 (In Russ.)]
12. Беркович ВХ. Оработка предохранительных целиков. *Известия вузов. Горный журнал*. 1996;3-4:93-104. [Berkovich VH. Testing of safety sights *Proceedings of universities. Mining magazine*. 1996;3-4:93-104 (In Russ.)]
13. Блохин ДИ, Загоршменый ИМ, Кубрин СС и др. Численные исследования влияния изменений напряженно-деформированного состояния углеродного массива на устойчивость дегазационных скважин. *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2023;11:17-32. [Blokhin DI, Zakorshmenyi IM, Kubrin SS, et al. Numerical studies of the effect of changes in the stress-strain state of a carboniferous massif on the stability of degassing wells. *Mining information and analytical bulletin*. 2023;11:17-32 (In Russ.)]
14. Zhao X, Wang J, Mei Y. Analytical model of wellbore stability of fractured coal seam considering the effect of cleat filler and analysis of influencing factors. *Applied Sciences*. 2020;1(3)1169. DOI: 10.3390/app10031169.
15. Zhai J, Liu D, Li G, et al. Floor failure evolution mechanism for a fully mechanized longwall mining face above a confined aquifer. *Advances in Civil Engineering*. 2019;2019:8036928. DOI: 10.1155/2019/8036928.
16. Хохлов БВ, Кулибаба СБ. Рациональное ведение очистных работ в зонах влияния на технические скважины. *Зб. наук. пр. УкрНДМІ НАН України*. 2009;5(1):316-26. [Khokhlov BV, Kulibaba SB. Rational management of Mining operations in areas of influence on technical wells. *Zb. nauk. pr. UkrNDMI NAS of Ukraine*. Donetsk, 2009;5(1):316-326 (In Russ.)]
17. Расположение, охрана и поддержание горных выработок на угольных шахтах Донецкого бассейна: РД. Донецк, 2021:266. [Location, protection and maintenance mining operations at the coal mines of the Donets basin: RD. Donetsk, 2021:266 (In Russ.)]
18. Гавриленко ЮН, Петрушин АГ. Основные принципы моделирования сдвижений и деформаций земной поверхности методом конечных элементов. *Наукові праці ДонНТУ. Серія гірничо-геологічна*. Донецьк, 2003;62:100-14. [Gavrilenko YuN, Petrushin AG. Basic principles of modeling of displacements and deformations of the Earth's surface by the finite element method. *Naukovi prazi DonNTU. The series is mining and geological*. Donetsk, 2003;6:100-14 (In Russ.)]
19. Кратч Г. Сдвижение горных пород и защита подрабатываемых сооружений. Пер. с нем. Москва, 1978:494. [Kratch G. Displacement of rocks and protection of workable structures. Moscow. 1978:494 (In Russ.)]
20. Кузнецов СВ, Трофимов ВА. Экспериментально-аналитическое описание мульды сдвижения земной поверхности. *Маркшейдерия Казахстана: состояние и перспективы: Труды Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения А.Ж. Машанова*. Алматы, 2006:117-23. [Kuznetsov SV, Trofimov VA. Experimental and analytical description of the Earth's surface displacement model. *Surveying of Kazakhstan: state and prospects. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 100th anniversary of the birth of A.J. Mashanov*. Almaty, 2006;117-23 (In Russ.)]

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

ABOUT THE AUTHORS



Борис Валентинович Хохлов – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, заведующий отделом горного давления, ФГБНУ «Республиканский академический научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт горной геологии, геомеханики, геофизики и маркшейдерского дела», 283086, г. Донецк, ДНР, Российская Федерация, e-mail: hbv@bk.ru

Boris V. Khokhlov – Cand. Sci. (Eng.), Senior Researcher, Head of Rock Pressure Department, Republican Academic R&D Institute of Mining Geology, Geomechanics, Geophysics and Mine Surveying (RANIMI), 283086, Donetsk, DPR, Russian Federation, e-mail: hbv@bk.ru



Марина Дмитриевна Рожко – кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела горного давления, ФГБНУ «Республиканский академический научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт горной геологии, геомеханики, геофизики и маркшейдерского дела», 283086, г. Донецк, ДНР, Российская Федерация, e-mail: mdr6464@mail.ru

Marina D. Rozhko – Cand. Sci. (Eng.), Senior Researcher of the Department of Mining Pressure, Republican Academic R&D Institute of Mining Geology, Geomechanics, Geophysics and Mine Surveying (RANIMI), 283086, Donetsk, DPR, Russian Federation, e-mail: mdr6464@mail.ru

Критерии авторства / Contribution:

Авторы заявляют о равном вкладе каждого в работу над статьей. / The authors declare the equal contribution of everyone to the work on the article.

Конфликт интересов / Conflict of interest:

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.: The authors declare no conflict of interest.

Информация о статье

Поступила в редакцию: 22.04.2025.

Поступила после рецензирования: 01.06.2025.

Принята к публикации: 08.06.2025.

Article info

Received: 22.04.2025.

Revised: 01.06.2025.

Accepted: 08.06.2025.