

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Криворізький залізорудний басейн. До 25-річчя з початку промислового видобутку / Вілкул Ю.Г. [та ін.]. - Кривий Ріг: Видавничий центр КТУ. - 2006. – 583 с.
- 2 Качество железорудного сырья подземной и открытой добычи как основа конкурентоспособности горнодобывающей промышленности Украины / Ю.Г. Вилкул, А.А. Азарян, В.А. Азарян, В.А. Колосов // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2012. - № 4. – С. 32-34.
- 3 Отраслевая инструкция по определению, учету и нормированию потерь руды при разработке железорудных, марганцевых и хромитовых месторождений на предприятиях Министерства черной металлургии СССР / ВИОГЕМ. - Белгород, 1975. – 68 с.
- 4 Гилунг, В.Ф. Передвижной технологический комплекс для обогащения слабомагнитного сырья / В.Ф. Гилунг, А.А. Ширяев // Обогащение руд. – 2002. - № 6. – С 24-26.
- 5 Вайсберг, Л.А. Мобильная карьерная дробилка на базе вибрационного способа дезинтеграции / Л.А. Вайсберг, А.Н. Сафронов // Обогащение руд. - 2002. - № 6. – С. 22-24.
- 6 Бабий, Е. В. Технология предобогащения железных руд в глубоких карьерах / Е. В. Бабий. - К.: Наукова думка, 2011. – 183 с.

УДК 621.3:622

П.А. Брюханов, асп.
(МакНИИ),

В.Г. Шевченко, д. т. н., уч. секр. инс.-та
(ИГТМ им. Н.С. Полякова НАН Украины)

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДЕГАЗАЦИОННЫХ СКВАЖИН В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВОЗМОЖНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ГОРНЫХ ПОРОД

Розкрита залежність параметрів дегазаційних свердловин від величини деформації гірничого масиву і обґрунтовані умови для визначення необхідної глибини герметизації свердловин.

SUBSTANTIATING PARAMETERS DEGASIFICATION WELLS DEPENDING ON THE POSSIBILITY OF ROCK DEFORMATION

Dependence of the parameters disclosed degasification wells on the strain of rock mass and reasonable conditions to determine the necessary depth of sealing wells.

Как известно, подземная дегазация угольных шахт осуществляется путем извлечения метана из горного массива вакуум-насосами по скважинам, пробуренным из горных выработок в толщу горного массива. Горный массив, состоящий из напластований угля и вмещающих пород, в процессе горных работ подвержен деформации, что сказывается на деформации и работоспособности дегазационных скважин.

К параметрам дегазационных скважин, от которых зависит их нормальная работа и эффективность подземной дегазации, относятся: глубина их герметизации по длине скважины, меры по поддержанию кровли выработки для обеспечения их устойчивости и ряд коэффициентов, влияющих на утечки воздуха и степень дегазации массива.

Все эти параметры зависят от ожидаемой величины смещения кровли и деформации скважины.

Для нормальной работы скважин особо важное значение имеет правиль-

но выбранная глубина герметизации ее устья.

Выполненные исследования и практика подземной дегазации свидетельствует о том, что процессы деформации влияют на аэродинамическое сопротивление в канале скважин и величины утечек метана в выработку или подсоса воздуха из атмосферы горной выработки, из которой бурятся скважины, особенно деформации расслоения и сдвижения горных пород по напластованиям.

Однако в настоящее время согласно отраслевому стандарту СОУ 10.1.00174088.001-2004 «Дегазация угольных шахт. Требования к способам и схемы дегазации» [1] глубина герметизации должна приниматься 6-10 м без учета условий деформации горных пород и деформации канала самой скважины.

Идея герметизации состоит в том, что в толще массива, где происходят деформации и образуются трещины, скважина должна быть обсажена трубой и загерметизирована на такое расстояние, чтобы предотвратить подсос воздуха из выработки или утечки метана в выработку по трещинам.

По результатам проведенных исследований [2, 3] установлена зависимость длины (глубины) герметизации дегазационной скважины от размеров смещения кровли выработки, из которой пройдена скважина, при разных величинах деформации (ϵ) в безразмерных величинах (рис. 1).

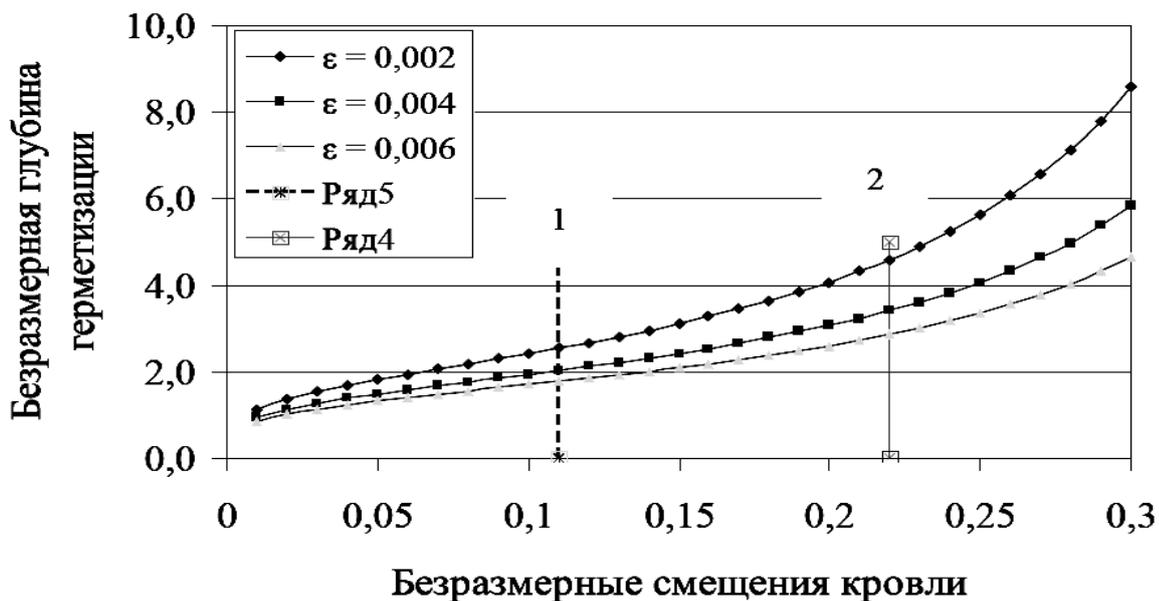


Рис. 1 – Зависимости глубины герметизации дегазационных скважин при допустимых величинах деформации (ϵ): 0,002; 0,004; 0,006

Смещение кровли можно определить по известной в маркшейдерии методологии, разработанной ВНИМИ. Подчеркнем, что безразмерная (или относительная) деформация определяется как отношение деформации в единицах длины (мм, см, м) к смещению кровли в таких же единицах, безразмерное (относительное) смещение кровли – как отношение смещения кровли в миллиметрах (или метрах) к длине радиуса арочной формы крепи выработки в метрах, а безразмерная глубина герметизации – как

отношение длины герметизации в метрах к длине указанного радиуса выработки в метрах.

Если в качестве допустимых величин безразмерной деформации принимается 0,002, то глубина герметизации должна быть максимальной (верхняя кривая рис. 1). Так при величине безразмерного смещения кровли, равной 0,11, для ряда скважин 1 (при радиусе выработки 3 м это соответствует 330 мм), глубина герметизации должна составлять 2,54 радиуса выработки (в данном примере $2,54 \cdot 3 \text{ м} = 7,62 \text{ м}$). Однако уже при величине смещений кровли 0,22 для ряда скважин 2 (при том же радиусе выработки это соответствует 660 мм) необходимая глубина герметизации увеличивается до 4,60 радиуса сводовой части выработки (13,8 м).

Величина допустимой безразмерной деформации пород кровли выработки принята равной 0,002, исходя из результатов многочисленных испытаний пород на растяжение. Доказано, что предел упругости осадочной породы на растяжение в среднем составляет 0,002. При таких деформациях кровля останется еще целой, а сосредоточенные деформации расслоения не возникнут. Это значит, что проницаемость пород при указанном уровне деформаций практически не превысит проницаемости нетронутого массива.

При больших величинах деформации (например, 0,004 и более – как это следует из рис. 1), в кровле возникнут трещины расслоения, что приведет к подсосам воздуха, снижению вакуума и соответственно концентрации, а также дебита метана в скважине.

Диапазон смещений пород кровли выбран не случайно. Из рис. 1 видно, что вначале с ростом смещений кровли необходимая длина герметизации увеличивается небольшими темпами (от нуля до границы 1 на рис. 1). При величине смещений более 0,11 прирост рациональной длины герметизации происходит (с точностью до третьего знака) примерно линейно до величины смещений 0,22. Однако после этого начиная с границы 2 необходимая глубина герметизации дегазационной скважины начинает увеличиваться ускоренными темпами.

Это позволило обосновать рациональный диапазон деформаций подготовительной выработки, из которой пробурена дегазационная скважина. Границы этого диапазона находятся в пределах от нуля до 0,11-0,22 радиуса сводовой части подготовительной выработки, из которой пробурена дегазационная скважина. При больших величинах смещений кровли подготовительной выработки дегазацию из подземных скважин, пробуренных с контура данной выработки, осуществлять нецелесообразно по нескольким причинам.

Во-первых, необходимая длина герметизации скважины становится слишком большой, причем каждый сантиметр дополнительных смещений кровли требует все большего и большего приращения длины герметизации.

Во-вторых, при величине смещений, больше 0,22 радиуса сводовой части выработки величины сосредоточенных деформаций устья скважины становятся более 22% величины смещений кровли.

Это значит, что в выработке шириною вчерне 6 м средние сосредоточен-

ные деформации ствола дегазационной скважины составят $3 \text{ м} \cdot 0,22 \cdot 0,22 = 142 \text{ мм}$, что соизмеримо с диаметром скважины. Практически любая дегазационная скважина при такой деформации среза закроется полностью и прекратит свое функционирование. Таким образом, лучше всего вести дегазацию через подземные скважины при смещениях кровли выработки не превышающих $0,11$ радиуса выработки. Эту границу можно увеличить до $0,22$, но тогда придется сосредоточенные деформации устья скважины компенсировать увеличением диаметра скважины и дополнительными мерами, что может оказаться нерациональным.

Еще одним ограничением при выборе глубины герметизации дегазационной скважины являются утечки или подсосы воздуха в трещины, образующиеся на участке устья скважины, близко расположенном к полости выработки, а значит и к атмосфере выработки. Для расчета таких утечек были выполнены специальные исследования.

Рассматривался участок устья дегазационной скважины длиной 20 м , что превышает все рекомендуемые и встречающиеся в практике глубины герметизации. Вначале устья вакуум насосом задавали вакуум на уровне $0,08$ атмосферного давления, что соответствовало примерно 70 мм рт. ст. На удаленном участке устья вакуум принимался равным $0,09$ атмосферного давления, то есть учитывалось аэродинамическое сопротивление рассматриваемого участка скважины при дебите равном $4 \text{ м}^3 / \text{мин}$ и диаметре скважины 100 мм .

При указанных выше условиях и исходных данных рассчитаны утечки (подсосы воздуха) по длине устьевой части дегазационной скважины (рис. 2).

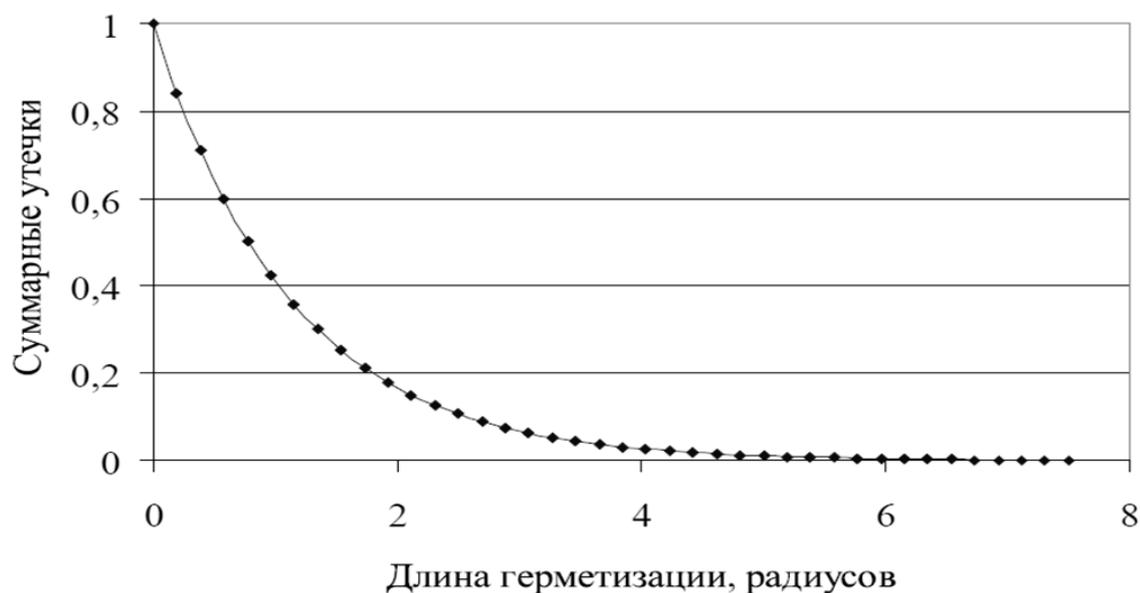


Рис. 2 – Зависимость утечек (подсосов воздуха) от необходимой длины герметизации скважины

За единицу принят объем подсоса при условии отсутствия герметизации. Практически это означает, что в скважину вставлена обсадная труба длиной

не более 1 м, необходимая только для подключения к дегазационному ставу.

Из рис.2 видно, что при длине герметизации, равной 6 радиусов, с утечками можно не считаться. Поэтому предельную длину герметизации (y) в метрах можно принять

$$y = 6 \cdot R_K \quad (1)$$

где R_K – длина радиуса сводовой части арочной формы металлической крепи, м.

В таблице приведены величины подсосов воздуха из атмосферы подготовительной выработки, из которой пробурена дегазационная скважина, в зависимости от глубины герметизации ее устья. Эти данные приводятся для больших смещений кровли выработки, в диапазоне от 0,11 до 0,22 радиуса выработки. За единицу приняты объемы подсосов при отсутствии герметизации скважины, пробуренной перпендикулярно к кровле подготовительной выработки. Видно, что при глубине герметизации равной 2,31 радиуса подсосы воздуха составят в относительных величинах 0,1262 или 12,62 %. Это очень много с учетом того, что дебит газа через скважину составляет всего 10-30 % от общей величины подсосов в случае отсутствия герметизации. Фактически это означает, что каптируемый метан будет разбавляться воздухом до низкой концентрации (порядка 20-30 %), а эффективность дегазации будет падать, что и наблюдается на практике при недостаточной глубине герметизации скважин. Глубина герметизации, равная 2,31 радиуса выработки, принята не случайно и при ширине сечения подготовительной выработки вчерне равном 5,2 м (радиус 2,6 м) составляет 6 м, рекомендуемых СОУ 10.1.00174088.001-2004.

Таблица – Зависимость величины утечек от глубины герметизации дегазационной скважины

Глубина герметизации		Утечки (подсосы воздуха в скважину), %
В метрах для типичной выработки	В радиусах выработки	
6	2,31	12,62
10	3,85	3,12
15	5,77	0,49

Из таблицы следует, что при длине герметизации 6 м утечки подсоса воздуха все же составляют более 12 % и для уменьшения утечек необходимо увеличивать глубину герметизации.

Из таблицы видно, что увеличение глубины герметизации до 3,85 радиусов выработки (это для типичных сечений подготовительных выработок со-

ставляет примерно 10 м) подсосы воздуха уменьшаются до 3,12 %, а при глубине герметизации равной 5,77 радиусов (15 м для типичных сечений выработок) подсосы становятся пренебрежимо малыми.

Важно подчеркнуть, что управлять эффективностью дегазации подземными скважинами можно не только величиной смещений кровли подготовительной выработки (например, уменьшая смещение усилением крепления выработки), но и размерами ее сечения. Так при ширине выработки в проходке 4,4 м глубина герметизации 6 м соответствует 2,73 радиуса выработки, тогда как при ширине выработки 6 м глубина герметизации становится всего 2 радиуса.

Поскольку глубина герметизации устья дегазационной скважины зависит не только от величины смещений кровли подготовительной выработки, но и от допустимого уровня утечек воздуха в скважину через трещины, образующиеся вокруг ее устья, по экспериментальным данным были построены графики изменения необходимой глубины L герметизации дегазационной скважины от величины смещений кровли U подготовительной выработки при разных уровнях утечек воздуха (рис. 3).

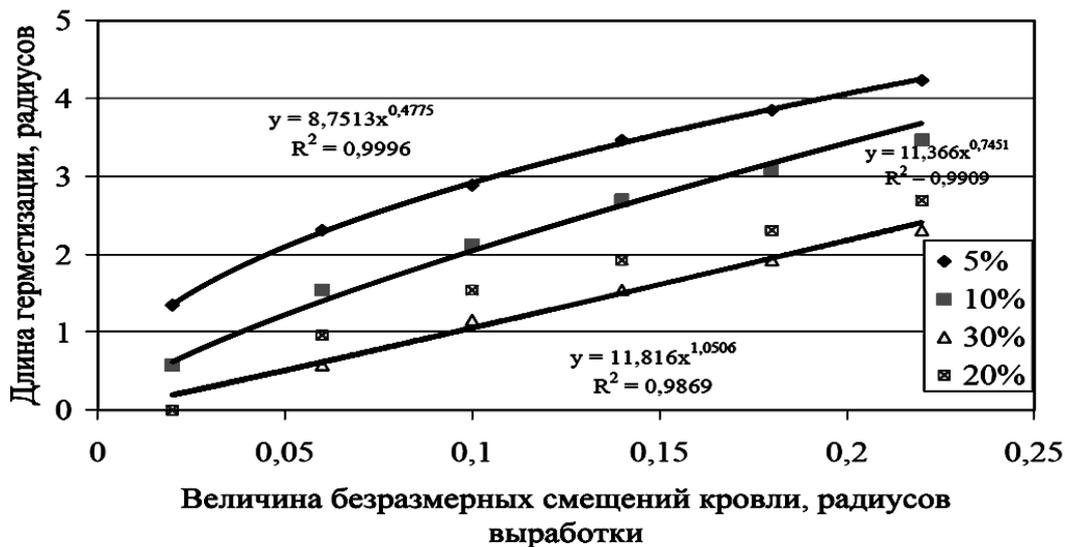


Рис. 3 – Зависимость необходимой длины герметизации от величины смещений кровли и допустимых уровней утечек воздуха: 5%; 10%; 30%.

По результатам обработки экспериментальных данных получены следующие зависимости длины герметизации устья дегазационных скважин (y) от величины безразмерных смещений кровли (x):

- 1) при допустимом уровне утечек воздуха 5 %:

$$y = 8,7513 x^{0,4775} \text{ (критерий согласия } \chi \text{ – квадрат } R^2 = 0,9996); \quad (2)$$

- 2) при допустимом уровне утечек воздуха 10 %:

$$y = 11,366 x^{0,7451} \text{ (критерий согласия } \chi \text{ – квадрат } R^2 = 0,9909); \quad (3)$$

3) при допустимом уровне утечек воздуха 30 %:

$$y = 11,816 x^{1,0506} \text{ (критерий согласия } \chi\text{-квadrat } R^2 = 0,9869); \quad (4)$$

Видно, что указанные зависимости удовлетворительно описываются степенными функциями вида

$$L = a U^b, \quad (5)$$

где L – необходимая глубина герметизации, радиусов выработки;

U – смещения кровли выработки в ее радиусах;

a и b – эмпирические коэффициенты.

Зависимости эмпирических коэффициентов a и b от допустимого уровня утечек были найдены путем обработки экспериментальных данных (рис. 4.).

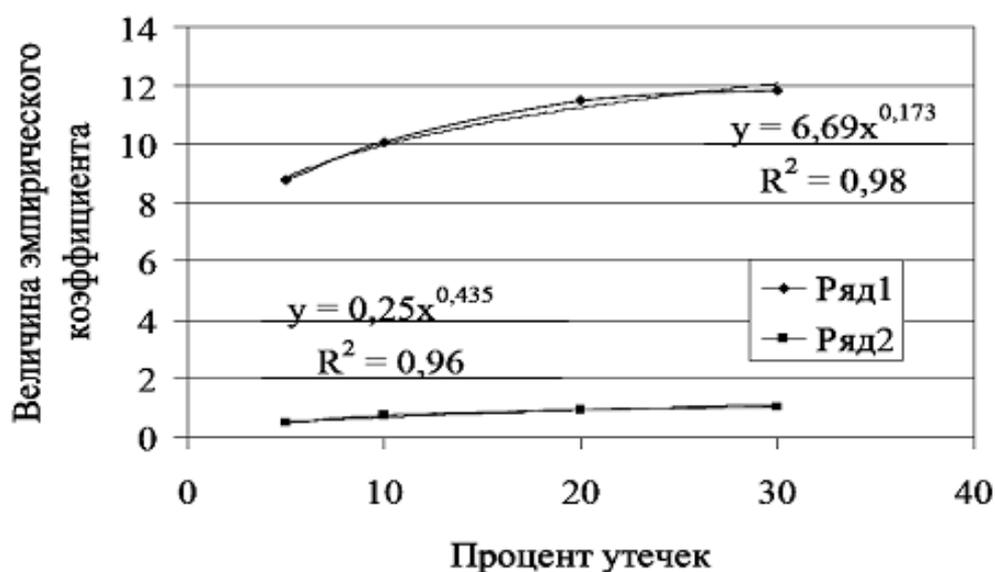


Рис. 4. – Графики для определения эмпирических коэффициентов в зависимости от уровня утечек: верхняя кривая – зависимость коэффициента а), нижняя – коэффициента б) от процента утечки.

Получены следующие расчетные зависимости коэффициентов а) и б) от допустимого процента утечек воздуха (x):

$$a = 6,69 x^{0,173} \text{ (критерий согласия } \chi\text{-квadrat } R^2 = 0,98); \quad (6)$$

$$b = 0,25 x^{0,435} \text{ (критерий согласия } \chi\text{-квadrat } R^2 = 0,99); \quad (7)$$

Поскольку утечки воздуха зависят от величины деформации сдвига пород и, следовательно, от величины среза скважины, то из этого следует, что и коэффициенты а) и б) также как и необходимая глубина герметизации за-

висит от деформации скважины.

По верхней кривой можно иллюстрировать отклонение эмпирических данных от экспериментальных (кривая с нанесенными точками), что свидетельствует о высокой их корреляции.

Для ориентировочных усредненных расчетов можно принимать:

$a = 11$, $b = 1$. Тогда средняя глубина герметизации будет $L = 11 U$. В итоге была получена зависимость необходимой глубины герметизации устья дегазационной скважины от величины смещений кровли подготовительной выработки и уровня утечек воздуха 11%.

Необходимо отметить, что для определения по расчетным зависимостям длины герметизации устья скважины в метрах следует полученную длину герметизации в радиусах умножить на длину радиуса арочной формы сечения выработки. Расчет рекомендуется выполнять на компьютере по разработанной программе.

Выводы

1. Глубина герметизации дегазационных скважин и показатели, необходимые для её определения, зависят от величины деформации горного массива.

2. При определенных условиях деформации необходимая длина герметизации устья дегазационных скважин может превышать регламентируемую СОУ 10.1.00174088.001-2004 величину 6-10 м.

3. По экспериментальным данным обоснована зависимость глубины герметизации устьев дегазационных скважин от параметров деформации.

4. Для упрощенных расчетов предложено глубину герметизации определять как произведение ожидаемых смещений кровли подготовительной выработки, с которой пробурена скважина, и процентного значения допустимых утечек воздуха по образующимся трещинам, рекомендуя принимать последние не более 11 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дегазация угольных шахт. Требования к способам и схемы дегазации. СОУ 10.1.00174088.001-2004. К.: Минтоэнерго Украины. – 2004. – 162 с.
2. Назимко, В.В. Исследование связи между деформацией дегазационной скважины и ее аэродинамическими параметрами /В. В. Назимко, А. И. Демченко, П. А. Брюханов // Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах: сб. науч. тр. / МакНИИ. – Макеевка: МакНИИ, 2010. – № 2 (26). – С. 25-42.
3. Брюханов, П.А. Снижение деформации дегазационной скважины при сдвигении горных пород / П.А. Брюханов, В. В. Назимко // Уголь Украины, – 2012. – №9. – С. 26-29.

СОХРАНЕНИЕ ВОДНОГО БАЛАНСА НА НАРУШЕННЫХ ОТКРЫТЫМИ ГОРНЫМИ РАБОТАМИ ТЕРРИТОРИЯХ

Розглянуто особливості формування гідрорежиму на територіях, які порушено відкритими гірничими роботами. Запропоновано напрямки та технічні рішення, що забезпечать збереження природного стану на прилеглих територіях.

SAVING WATER BALANCE OF DISTURBED AREAS SURFACE MINING

Peculiarities of formation water regime in areas that violations open cast mining. Directions and technical solutions that will ensure the preservation of the natural state of the surrounding areas

С интенсивным развитием экономики и промышленности все острее становится вопрос обеспечения экологической безопасности и рационального землепользования. Одним из самых проблемных вопросов в этой области остается нарушение природного состояния окружающей среды. Поэтому проблема восстановления естественных свойств всех компонентов окружающей среды становится все актуальнее.

К основным жизнеобеспечивающим ресурсам относятся водные и земельные. Они же подвергаются значительным изменениям в ходе ведения хозяйственной деятельности.

Наиболее развитыми отраслями промышленности в Украине, вносящими значительные изменения в природное состояние всех компонентов окружающей среды, являются горнодобывающая и горноперерабатывающая отрасли промышленности.

Вопросы уменьшения разрушения и восстановления земельных ресурсов и водной среды в настоящее время решаются лишь проведением малоэффективной рекультивации.

Исследованиями доказано, что большую роль в формировании границ зон нарушенной среды играют гидрогеологическое строение горного массива, гидрологический режим вскрытых подземных вод и поверхностных потоков, а также технические мероприятия, направленные на урегулирование гидрорежима и обеспечение безопасности ведения горных работ [1-4].

Образование и наличие в пределах естественной среды нарушенной и техногенной оказывает отрицательное влияние на естественные гидрогеологические условия, что проявляется в изменении области питания, движения и разгрузки подземных вод, образовании и деформировании достаточно больших по площади депрессионных воронок. Это в свою очередь приводит к нарушению режима поверхностных и подземных вод, деформациям и оседанию земной поверхности, подтоплению и заболачиванию [3-5], изменению качества подземных вод, снижению плодородия земель, снижению урожайности с/х культур, усыханию и гибели насаждений.

Это происходит по следующим ниже кратко изложенным причинам.