

На этих участках необходимо применять специальные крепи, отличающиеся силовыми параметрами от традиционных механизированных крепей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Орлов А.А., Баранов С.Г., Мышляев Б.К. Крепление и управление кровлей в комплексно-механизированных очистных забоях. - М: Недра, 1993.- 284 с.
2. Антипов И.В., Кравченко В.Е., Щербинин Д.В. Шахтные исследования конвергенции вмещающих пород // Уголь Украины. - 2000.- № 10.- С. 24-27.
3. Звягильский Е.Л., Филимонов П.Е., Антипов И.В., Щербинин Д.В. Ускорение конвергенции вмещающих пород в очистных забоях // Уголь Украины. - 2002.- N 8.- С. 33-36.
4. Ивахненко А.Г. Метод группового учета аргументов в задачах прогнозирования // Автоматика. -1976. - № 6.- С. 24-34.
5. Антипов И.В., Шкуматов А.Н. Моделирование производственных процессов методом группового учета аргументов // Проблемы экологии. - Общегосударственный научно-технический журнал, 2000.- № 1.- С. 5-9.

УДК 622.234.5(088.8)

Д-р техн. наук К.К. Софийский,
канд. техн. наук Д.П. Силин,
канд. техн. наук Э.И. Мучник,
инж. Е.Г. Барадудин, инж. В.А. Нечитайло,
асп. В.Г. Золотин (ИГТМ НАН Украины)

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ГОРНЫХ РАБОТ В СЛОЖНЫХ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Наведено результати застосування гідродинамічної дії на газонасичені вугільні пласти які підтверджують ефективність цього засобу, зокрема, при розкритті викидонебезпечних пластів, проведенні по них підготовчих виробок, дегазації гірничого масиву та нетрадиційного видобутку вугілля через свердловину.

EFFICIENCY OF APPLICATION OF HYDRODYNAMICAL INFLUENCE AT REALIZATION OF MOUNTAIN WORKS IN DIFFICULT MINING-GEOLOGICAL CONDITIONS

The results of application of hydrodynamical influence on sated of gas coal layers which are given confirm efficiency of this way, in particular, at opening outbursts seams, drivage on them, gas extraction of a mountain stratum and untraditional coal production through a chink

В плане создания эффективной и безопасной технологии подготовки и отработки угольных пластов, залегающих в сложных горно-геологических условиях, представляется весьма перспективной идея использования для разгрузки и дегазации газонасыщенного выбросоопасного массива таких факторов, как высокое газосодержание и неоднородность напряженно-деформированного состояния, обусловленных природными и техногенными причинами. Это возможно при применении гидродинамического воздействия на напряженные газонасыщенные пласты через скважину, нарушающего равновесие такой системы и вызывающего развитие в замкнутом объеме газодинамического явления. Этот принцип показал высокую эффективность как способ снижения выбросо-

опасности и дегазации угольных пластов [1-3].

Метод гидродинамического воздействия на напряженный газонасыщенный углепородный массив, применение которого позволяет произвести разгрузку и дегазацию значительной площади массива, разработан Институтом геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины [4, 5]. Использование этого метода особенно эффективно в условиях выбросоопасных угольных пластов, зонах повышенного горного давления и горно-геологических нарушений [6, 7].

Идея метода – инициирование управляемого газодинамического явления на заданном участке газонасыщенного угольного пласта. Метод гидродинамического воздействия предполагает нарушение механического и газового равновесия в системе «скважина – угольный пласт» путем осуществления циклического знакопеременного изменения нагрузок в небольшом диапазоне перепадов давления от 2 до 4 МПа, используя при этом совокупность природных и техногенных факторов.

Сущность процесса гидродинамического воздействия заключается в приложении к свободным поверхностям угольного пласта знакопеременных нагрузок, создаваемых подачей в пласт рабочей жидкости под давлением с последующим его сбросом. При поднятии давления посредством подачи жидкости последняя оттесняет газ, заполняющий поры угля, в сторону массива. Кроме того, операция подачи жидкости в пласт под давлением создает дополнительные нагрузки в зоне воздействия.

В момент сброса давления происходит резкое нарушение равновесия в системе. Жидкость и вытесняющий её газ движутся в сторону скважины, однако, скорость изменения давления в системе значительно опережает скорость обратной фильтрации. Образовавшийся градиент давления отрывает заполненный капиллярной водой слой угля, создающий гидравлическое сопротивление процессу обратного движения жидкости. Резкое падение давления в системе, в момент отрыва слоя угля, а также образование при этом новых поверхностей обнажения вызывает стремительную десорбцию газа, что в свою очередь, способствует дальнейшему разрушению угля и образованию новых поверхностей. Повторение циклов «подъем - сброс» давления в скважине, способствует нарастанию процессов разрушения угольного пласта и десорбции газа, вплоть до развития процесса, так называемого «самоподдерживающегося разрушения», который, в сущности, является газодинамическим явлением, возникшим в замкнутом объеме, управление которым осуществляется с помощью устройства гидродинамического воздействия, которым производится сброс давления с заданными параметрами, а также регулируется частота и объем выбрасываемой из скважины водогазоугольной смеси.

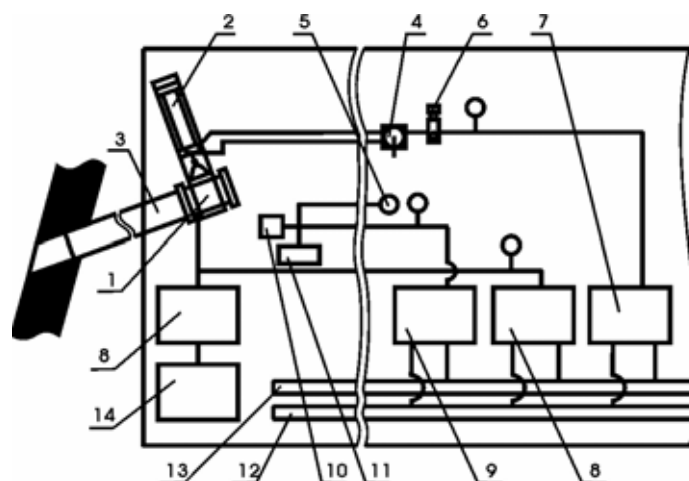
Процесс разрушения угля, и сопровождающей его десорбции газа продолжается до тех пор, пока перераспределение напряжений не приведет к новому равновесному состоянию на обработанном участке угольного массива и в пласте не образуется достаточное число каналов, по которым подаваемая рабочая жидкость может свободно двигаться, не создавая сопротивления, необходимого для отрыва слоя угля от массива. По достижении такого положения процесс

гидродинамического разрушения затухает. Внутри угольного массива образуется зона разупрочненного угля со значительной поверхностью обнажения, с которой десорбируется газ, и достаточной системой каналов для его выхода. При этом газовыделение продолжается в течение значительного времени. Быстрая десорбция газа обуславливает его высокое давление на выходе из скважины, что обеспечивает при условии добычи шахтного метана его высокую концентрацию.

С точки зрения технологического осуществления, способ гидродинамического воздействия достаточно прост, не требует сложного оборудования, не производит вредного воздействия на окружающую среду и не занимает много времени для разгрузки и дегазации обрабатываемого угольного пласта [8].

Гидродинамическое воздействие осуществляют следующим образом. На выбросоопасный пласт через породную пробку бурят скважину, которую обсаживают металлической трубой и герметизируют. В устье скважины на фланец обсадной трубы устанавливают задвижку с поступательным ходом штока, соединенным, в свою очередь, с устройством, обеспечивающим открывание и закрывание затвора задвижки с необходимой для процесса разрушения скоростью (рис. 1). При закрытой задвижке через скважину в пласт нагнетают рабочую жидкость до создания в системе заданного давления, затем задвижку открывают, производя при этом сброс давления до значений, определяемых условиями процесса, вследствие чего из скважины выбрасывается порция смеси жидкости, угля и газа. При переходе процесса в режим самоподдерживающегося разрушения необходимость в нагнетании жидкости в систему отпадает, установка работает по схеме открывание - закрывание задвижки, регулируя развитие газодинамического явления. После уменьшения объемов и скорости выходящих из скважины угля и газа подачу жидкости вновь возобновляют для извлечения из скважины остатков разрушенного угля. Гидродинамическое воздействие прекращают при отсутствии угольных частиц в выходящей из скважины жидкости. В зависимости от величины разгружаемой и дегазуемой зоны, обусловленной характером последующих горных работ (дегазация, вскрытие пласта, проведение пластовой выработки, снижение выбросоопасности в зонах ПГД, добыча угля и т.п.) время проведения работ по гидродинамическому воздействию составляет от 1 до 4 недель. Площадь участка дегазированного и разгруженного одной-тремя скважинами составляет 1500...2000 м².

К настоящему времени способ опробован в условиях более 160 вскрытий крутых выбросоопасных пластов квершлагами, при проведении пластовых подготовительных выработок по газонасыщенным пластам, для снижения выбросоопасности в зонах повышенного горного давления при отработке угольных пластов щитовыми агрегатами, для скважинной добычи угля из зон горно-геологических нарушений и на участках, где применение традиционной добычной техники невозможно. При этом коэффициент извлечения угля достигал 0,6. В данное время отрабатываются параметры и технология гидродинамического воздействия с целью дегазации углепородного массива перед отработкой пласта.



- 1 – задвижка; 2 – гидроцилиндр; 3 – обсадная труба с фланцем; 4 – гидрораспределитель;
 5 – манометр; 6 – предохранительный клапан; 7...9 – насосы; 10 – регистр давления;
 11 – самопишущий манометр; 12 – водный став; 13 – воздушный став;
 14 – емкость для раствора ПАА

Рис. 1 – Схема расположения оборудования для гидродинамического воздействия

Учитывая то обстоятельство, что дегазация пластов с помощью гидродинамического воздействия осуществляется скважинами, из которых под давлением выходит метан с концентрацией 100%, эта система может являться частью комплекса попутной добычи газа. Для этого необходимо только создание средств его транспортировки и сбора.

Способ гидродинамического воздействия имеет ряд существенных преимуществ перед применяемыми в настоящее время мероприятиями по изменению напряженно-деформированного состояния и дегазации газонасыщенных и выбросоопасных угольных пластов, а именно:

- сравнительно небольшое число сооружаемых скважин;
- значительные площади разгрузки одной скважиной;
- применение серийно выпускаемого отечественными предприятиями оборудования;
- низкая энергоемкость выполняемых работ.

Применение гидродинамического воздействия на газонасыщенные и выбросоопасные пласты с целью их дегазации и разгрузки показало, что способ позволяет:

- значительно интенсифицировать процесс дегазации пласта;
- разгрузить обработанный участок, существенно отодвинув зону максимального опорного давления вглубь массива;
- повысить безопасность труда горнорабочих;
- производить добычу метана высокой концентрации.

Следует подчеркнуть, что применение метода гидродинамического воздействия тем эффективнее, чем выше газонасыщенность и выбросоопасность массива, т.е. его отрицательные свойства работают на положительный результат.

Впервые эффективность гидродинамического воздействия как противовыб-

росного мероприятия была установлена при вскрытии крутых выбросоопасных пластов квершлагами [2].

Технология гидродинамического воздействия перед их вскрытием такова. Из забоя проводимой горной выработки за 4 м до пересечения на пласт бурятся технологические скважины, число которых зависит от площади сечения вскрываемой выработки: при сечении до 8 м^2 - 2 скважины; от 8 до 12 м^2 - 3 скважины, от 12 до 16 м^2 - 4 скважины, от 16 до 20 м^2 - 5 скважин, от 20 до 25 м^2 - 6 скважин и от 25 до 30 м^2 - 7 скважин. Скважины обсаживаются трубами, герметизируются и оснащаются специальным оборудованием для гидродинамического воздействия. Воздействие производится в заданном порядке, с соблюдением режимов, обусловленных свойствами пласта и условиями его залегания.

Циклы гидродинамического воздействия при вскрытии выбросоопасных пластов повторяются до тех пор, пока пластовое давление газа не снизится до значений менее 0,5 МПа, что является нормативным для безопасного вскрытия пласта. Этот способ позволяет за 10...30 циклов привести пласт в невыбросоопасное состояние.

Общая продолжительность работ, включающая бурение и оснащение скважин, составляет до 10 дней. Применение гидродинамического воздействия при вскрытии особоопасных пластов значительно интенсифицирует процессы разрушения пласта и его дегазации, вследствие чего эффективность применения этого способа значительно повышается. В этих случаях гидродинамическое разрушение угольного пласта в обрабатываемой зоне возникает после нескольких рабочих циклов, происходит стабильно, зона вскрытия разупрочняется и дегазируется в течение достаточно короткого времени – 2...4 смен.

Для внедрения в производство было разработано «Руководство по вскрытию выбросоопасных угольных пластов способом гидродинамического воздействия...», которое содержит необходимые указания относительно условий применения способа гидродинамического воздействия, а также порядка и мер безопасности при проведении горных работ по вскрытию газонасыщенных выбросоопасных угольных пластов.

Число и разнообразие научных и практических данных полученных в процессе выполнения работ по вскрытию пластов позволили всесторонне проанализировать и оценить эффективность способа гидродинамического воздействия, а также особенности его использования при ведении работ в сложных условиях глубоких горизонтов.

Одной из целей применения гидродинамического воздействия на угольные пласты при проведении пластовых выработок является сокращение объемов полевой подготовки при их сооружении для выемочных панелей на крутопадающих выбросоопасных пластах. Подготовительные выработки, проводимые по крутопадающим пластам, предполагают проведение полевого штрека с последующим вскрытием пласта квершлагами. Полевая подготовка требует выполнения большого объема горных работ, что предопределяет высокие затраты как материальные так и временные. Проведение подготовительных выработок непосредственно по пластам позволяет существенно сократить стоимость и

время подготовки выемочных панелей. При этом применение гидродинамического воздействия на газонасыщенные крутопадающие пласты при ведении указанных работ обеспечивает полную их безопасность.

Для такого способа, обеспечивающего безопасность и экономичность ведения горных работ и органично вписывающегося в технологию проведения выработок, разработаны наиболее эффективные и рациональные параметры гидродинамического воздействия.

Результаты горно-экспериментальных работ по использованию гидродинамического воздействия на пласт в выбросоопасных зонах при проведении пластовых выработок дают основание утверждать, что некоторые отличия параметров и условий воздействия от применяемых при вскрытии, связанные с характером и объемом горных работ, ни в коей мере не снижают эффективности данного метода. На эффективность не влияет ни увеличение длины скважины, проведенной по угольному пласту, ни её расположение относительно структуры пласта. Эффективность воздействия не уменьшается также в связи со снижением давления подачи воды в пласт (до 4 МПа), обусловленным возможностью её вытекания по пласту в забой. Пониженное давление подачи, с одной стороны, достаточно для интенсификации трещинообразования, а с другой - не позволяет развиваться процессам дезинтеграции угольного пласта. Доказательством служит сравнительно небольшой выход разрушенного угля при значительных объемах выделяемого газа. Сохраняемый при таких параметрах воздействия основной скелет угольного пласта не создает условий для расслоения кровли и почвы угольного пласта.

Применение гидродинамического воздействия для интенсификации дегазации угольных пластов позволяет снижать выбросо- и взрывоопасность в забоях, повысить нагрузку на забой, решить экологические проблемы. К тому же, в условиях топливного дефицита в Украине может быть существенно пополнен запас экологически чистого топлива.

Одной из проблем извлечения метана из угольных пластов является недостаточно высокая продуктивность дегазационных скважин. Применение гидродинамического воздействия позволяет снять эти проблемы.

Многokратное повторение рабочих циклов нарушает механическое и газовое равновесие в системе и создает условия для интенсивного трещинообразования, сопровождающегося значительным повышением скорости газовыделения из скважины, и соответственно, значительным снижением времени дегазации. Следует отметить при этом, что быстрая десорбция газа обуславливает его высокое давление на выходе из скважины и высокую концентрацию.

При проведении шахтных экспериментальных работ по интенсификации дегазации пласта l_1 шахты им. А.Ф. Засядько, в процессе поиска наиболее эффективных параметров этого процесса, были достигнуты значения коэффициента дегазации от 30% до 70% [9]. Схема дегазации угольного массива представлена на рис. 2. Работа находится в стадии промышленных испытаний.

Опасность внезапных выбросов угля и газа имеет место и при отработке полос в зонах ПГД щитовыми агрегатами, что вынуждает в 2...3 раза снижать

производительность и останавливать забой по газовому фактору, а также при вскрытии пластов квершлагами в зонах ПГД нижней части полос, обрабатываемых щитовым агрегатом [10].

Выбор технологической схемы способа дегазации и снижения выбросоопасности в нижней части полос, обрабатываемых щитовыми агрегатами зависит от величины обрабатываемой зоны, определяемой прогнозом выбросоопасности, длины очистного забоя, удаления полевой выработки от пласта и технологии его отработки. Исходя из перечисленных условий, были разработаны соответствующие схемы гидродинамической обработки газонасыщенных угольных пластов.

Способ гидродинамического воздействия на угольные пласты в зонах ПГД внедрен в производство и осуществляется на основании «Руководства по снижению выбросоопасности и дегазации угольных пластов...».

Центральный район Донбасса является наиболее сложным по условиям разработки, но одновременно и наиболее перспективным по количеству и степени разведанности некондиционных угольных пластов, а также по степени подготовки шахтных полей.

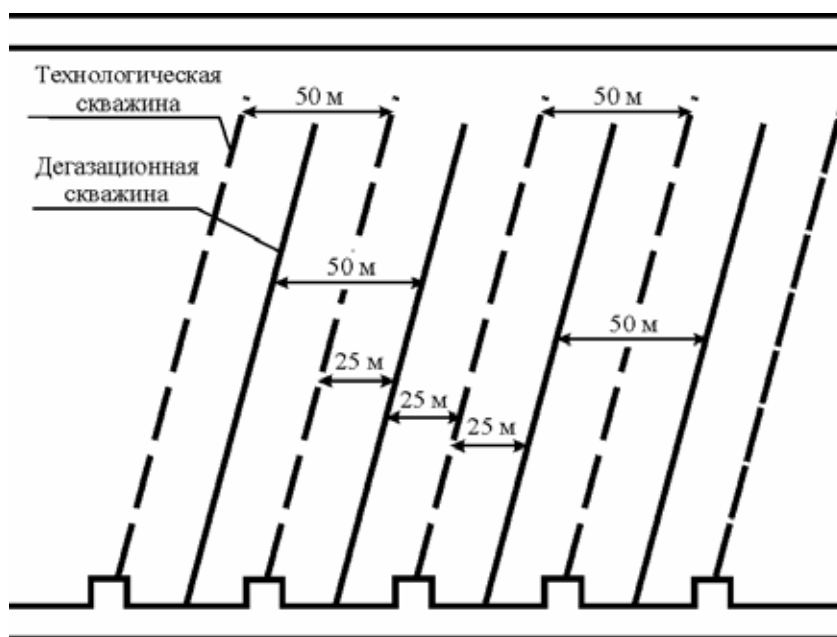


Рис. 2 – Схема расположения технологических и дегазационных скважин

Из всех обрабатываемых шахтами ЦРД пластов более 20% относятся к некондиционным по мощности или по золе, а 70% относятся к категории опасных по внезапным выбросам угля и газа. Это приводит к резкому ухудшению показателей работы шахт района, поскольку эффективных технологий угледобычи для этих условий не создано и в ближайшей перспективе не предвидится, в связи с чем увеличивается и количество неотработанных запасов угля.

Проведенные экспериментальные работы по добыче угля скважинным нетрадиционным методом с применением гидродинамического воздействия показали принципиальную возможность отработки подобным образом участков

угольных пластов, на которых по тем или иным причинам неприменимы традиционные способы. Коэффициент извлечения угля при воздействии водой составляет 0,2, а применение в качестве рабочей жидкости водных растворов полиакриламида позволяет повысить этот показатель до 0,6 [11]. Добытый уголь высокого качества, он низкосернистый и низкосольный, так как при гидродинамическом воздействии вмещающие породы, пропластки и пиритные включения не разрушаются. Добыча угля гидродинамическим способом целесообразна на законсервированных шахтах для частичной компенсации затрат, в зонах горно-геологических нарушений и в других случаях, когда применения традиционной добычной техники невозможно.

Для расширения научных представлений о процессах, происходящих в угольном пласте при гидродинамическом воздействии, представляет интерес дальнейшее развитие исследований фильтрации жидкости и газа в пласте, десорбции газа и изменения физико-механических характеристик угольных пластов.

Учитывая полученные при проведении экспериментальных исследований результаты, представляется целесообразным применение гидродинамического воздействия в решении ряда задач, стоящих перед угольной промышленностью:

- предотвращение внезапных выбросов при проведении подготовительных выработок по пологим, крутонаклонным и крутым угольным пластам;
- предотвращение внезапных выбросов при вскрытии пологих и наклонных выбросоопасных пластов стволами;
- предотвращение внезапных выбросов и дегазация концевых и прилегающих к ним участков лав, а также при проходке по выбросоопасным песчаникам;
- добыча угля из целиков, створов и забалансовых запасов;
- дегазация спутников и сближенных пластов;
- добыча угля из целиков, створов, в зонах ПГД;
- интенсификация дегазации пологопадающих угольных пластов с высокой концентрацией горных работ.
- попутная добыча газа.

Предполагаемые направления расширения области применения гидродинамического воздействия весьма актуальны и представляют несомненный интерес.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гидродинамическое воздействие – основное направление разработки нетрадиционных способов добычи угля и газа, предотвращения внезапных выбросов и дегазации угольных пластов / К.К. Софийский, В.Г. Александров, Е.А. Воробьев, В.Н. Жмыхов // Сб. научн. трудов ИГТМ НАНУ Геотехническая механика. – Днепропетровск. Полиграфист. – 1998. - №10. – С. 179 - 183.
2. Софийский К.К., Калфакчян А.П., Воробьев Е.А. Нетрадиционные способы предотвращения выбросов и добычи угля. – М.: Недра. 1994. – 192 с.
3. Софийский К.К., Мучник Э.И., Воробьев Е.А. Перспективы применения гидродинамического воздействия на угольные пласты // Уголь Украины. – 1997. - №8. – С. 36 - 37.
4. Научное открытие. Закономерность разрушения пористых газонасыщенных тел при циклическом гидродинамическом воздействии. Диплом № 123 (Авторы: Софийский К.К., Александров В.Г., Барадурин Е.Г., Мучник Э.И., Воробьев Е.А.) // Сб. Научные открытия / Сборник кратких описаний, выпуск 2. – М. - С.Петербург. – 2000. – С. 36 - 38.
5. Разгрузка выбросоопасных зон нетрадиционным гидродинамическим воздействием при разработке

угольных месторождений на больших глубинах. / К.К. Софийский, Е.Г. Барадулин, Э.И. Мучник, В.Г. Александров // Сб. научн. тр. ИГТМ НАНУ Геотехническая механика. – Днепропетровск. – 1998. - №5. – С. 87 - 91.

6. Софийский К.К. Физическая сущность способа гидродинамического воздействия на напряженные газонасыщенные среды // Уголь Украины. – 1992. - №3. - С. 26 - 29.

7. Иницирование процессов разрушения угля при гидродинамическом воздействии / В.Н. Жмыхов, Д.П. Силин, В.А. Нечитайло, Э.И. Чудовская // Сб. научн. трудов ИГТМ НАНУ Геотехническая механика. – Днепропетровск – 1998. - №5. – С. 194 - 195.

8. Силин Д.П. Гидродинамический способ предотвращения внезапных выбросов угля и газа при проведении подготовительных выработок. // Сб. научн. тр. ИГТМ НАН Украины Геотехническая механика. – Днепропетровск. - 1998. – №9. – С. 96 - 98.

9. Результаты экспериментальных работ по интенсификации дегазации угольного пласта l_1 на шахте им. А.Ф. Засядько гидродинамическим воздействием / Булат А.Ф., Звягильский Е.Л., Софийский К.К. и др. // Сб. научн. тр. ИГТМ НАНУ Геотехническая механика. – Днепропетровск. – 2002. - №37. – С. 30 - 48.

10. Софийский К.К., Зберовский В.В., Демидов И.П. Промышленные испытания гидродинамического способа дегазации и предотвращения выбросов. // Уголь Украины. – 1999. - №5. – С. 37 - 39.

11. Софийский К.К., Мучник Э.И., Жмыхов В.Н. Возможность повышения продуктивности в процессе нетрадиционной гидродинамической добычи угля. // Известия Донецкого горн. ин-та. – Донецк: ДонУНПГО – 1999. - №5. – С. 65 - 67.

УДК 622.847(477.63):556

Д-р техн. наук, профессор М.С. Четверик,
инж. I кат. Е.А. Бубнова,
(ИГТМ НАН Украины)

О ПРИЧИНАХ ПОДТОПЛЕНИЯ ГОРОДОВ МАРГАНЕЦ И ОРДЖОНИКИДЗЕ

Освещена проблема подтопления городов Марганец и Орджоникидзе. Показано влияние горных разработок на гидросферу. Представлены новые предложения для прогнозирования поднятия уровня подземных вод в результате ведения открытых горных работ.

ABOUT THE REASONS SINKING OF CITIES MARGANETZ AND ORDJONIKIDZE

The problem sinking of cities Marganetz and Ordjonikidze is covered. The influence of mine works on forecasting raising of underground waters level are submitted at conducting open mine works.

Одним из проблемных вопросов является подтопление территорий, особенно там, где работают горнодобывающие предприятия.

Гидрогеологическими службами устанавливается величина поднятия подземных вод и их стабилизация. Разработаны различные мероприятия по снижению уровня подземных вод. Однако ощутимых результатов нет. Это обусловлено тем, что природа явления не изучена достаточным образом.

Наиболее актуален вопрос подтопления для городов Марганец и Орджоникидзе.

Никопольско-Марганцевое месторождение марганцевых руд, расположенное в Днепропетровской области, относится к важнейшим сырьевым ресурсам Украины. Продолжительный период эксплуатацию этого месторождения осуществляют Марганецкий и Орджоникидзевский горнообогатительные комбинаты. Марганецкий ГОК разрабатывает восточную залежь подземным спосо-