

УДК 556.332.632

А.В. Мохов**ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ КАК ИНДИКАТОР
ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

Исследуется причинно-следственные связи геомеханических процессов и гидрогеологических событий на участках текущих и завершенных разработок каменноугольных залежей подземным способом.

Ключевые слова: геомеханические процессы, проявления подземных вод, индикатор, каменноугольные залежи, разработка подземным способом, саморегуляция напряженно-деформированного состояния.

Изучение геомеханических процессов сопряжено с преодолением значительных трудностей ввиду скрытого их протекания, часто недостаточной разрешающей способности прямых способов исследований и других причин. В этой ситуации большое значение имеет использование разнообразных нетрадиционных, косвенных и попутных данных.

В основе такого подхода лежит известная или предполагаемая корреляция геомеханических и иных событий.

Особый интерес представляют данные о гидрогеологических явлениях на участках текущего и завершенного промышленного освоения угольных залежей. На их основе нередко удается сделать полноценные выводы, например, об источниках обводнения горных выработок (типе, количестве, размещении, степени участия, ресурсах и т.п.) и каналах поступления (типе, количестве, сечении, размещении, значении и проч.) притока воды туда.

Проявления геомеханических процессов состоят в вариациях объема, формы, количества, взаимного расположения, других характеристик компонентов многофазного горного массива вследствие изменения поля его напряжений. Подобные эффекты влияют на коллекторские свойства, фильтрационную и водопроводящую

структуры породной среды, пьезометрическую обстановку, перемещение, распределение в массиве, химический состав и другие характеристики подземных вод.

Соответственно, о геомеханической трансформации недр можно судить по изменениям подземной гидросферы, гидродинамических свойств массива, проявлениям подземных вод в горных выработках и на земной поверхности, другим данным. Ряд из них поддается вполне надежной геомеханической интерпретации с привлечением обще-гидрогеологических закономерностей.

В настоящей статье остановимся на рассмотрении гидродинамических событий, связанных с формированием и динамизмом пустотного пространства, непосредственно созданного выемкой горной массы или возникшего под косвенным влиянием горных работ в массивах пород типичного для каменноугольных месторождений состава.

Горное производство создает в целом согласно залегающее с угленосной толщей пустотное пространство решетчато-ячеистой структуры в плане с максимальной проницаемостью решетки на «месте» капитальных и подготовительных выработок и существенно меньшей в ячейках на «месте» очистных выработок. Возникает стра-

тиформная структура из отдельных страт (по числу разрабатываемых пластов) с повышенными коллекторскими свойствами, включая обрушенное пространство и трещины сдвижения, гидравлически обособленных или соединенных между собой природными и различными техногенными «гидрогеологическими окнами», в т.ч. зоной водопродводящих трещин сдвижения (ЗВТС). Трансформация структуры в ходе и после прекращения горных работ происходит в условиях сочетания тенденций расширения и редукции пустотного пространства.

При эксплуатации с обрушением кровли выработанное пространство и подготовительные выработки заполняются в той или иной мере обрушившимися фрагментами породных тел, что снижает в целом коллекторские свойства техногенного пустотного пространства, сближая их с показателями условий естественного залегания массива.

Заполнение ассоциаций пустот водой сопровождается различными геомеханическими событиями, включая превращение обрушенной массы в водоупор в результате консолидации пластифицированных пород, что отчетливо фиксируется при проходке горных выработок, бурении скважин и проч. В определенных условиях здесь могут получить преобладание процессы противоположной направленности.

Некоторые особенности и последствия подобных процессов выявлены по результатам гидромониторинга на ликвидированной «мокрым» способом однопластовой антрацитовый шахте «Комиссаровская» (Восточный Донбасс).

Здесь обнаружены резкое различие дебита водовыпускных скважин, вскрывающих затопленные подготовительную или капитальную выработку, с одной стороны, и обрушенное

пространство, с другой, минерализации и состава шахтных вод этих частей водного объекта. Последний факт служит признаком их существенной гидравлической разобщенности.

Подобные различия были характерны, например, для двух фонтанировавших к настоящему времени ликвидированных парных скважин, одна из которых вскрывала подготовительную выработку, а вторая – обрушенное пространство. Устья скважин находятся в 1,5 м друг от друга. Значительные отличия постепенно нарастающих дебита самоизлива (от 0 до 45 и от 0 до 120 м³/ч соответственно) и минерализации воды (от 1 до 14 и от 1 до 24 г/дм³ соответственно) скважин с течением времени стали сглаживаться, что указывает на улучшение гидравлической связи погашенных подготовительных выработок с обрушенным пространством под влиянием суффозии заполнителя. Признаком ее развития служит вынос твердых взвешенных веществ с водой в количестве не менее 10–30 кг/ч, а также оседание поверхности (более чем на 0,7 м) у устья действующей сейчас другой водовыпускной скважины.

Следствием суффозии служит вторичное формирование в пустотном пространстве системы каналов резкой различной проницаемости с приближением ее к соотношениям и распределению, свойственным моменту завершения горных работ. В рассматриваемом случае техногенное пустотное пространство массива развивалось в направлении восстановления структуры решетчато-ячеистого типа на месте разрабатывавшегося пласта.

Таким образом, мониторинг дебита и состава изливающейся воды, фиксация оседания земной поверхности позволили установить с высокой надежностью характер, локализацию и интенсивность трансформации литогенной основы массива.

Гидрогеологические наблюдения за уровнями подземных вод в подработанной части массива также позволяют сделать ряд выводов о трансформации естественного и техногенного трещинного пустотного пространства.

Об информативности таких данных свидетельствует интерпретация гидрогеомеханических событий в одном из хуторов южнее г. Гуково (Восточный Донбасс) в конце 1990-х гг.

Здесь, в восточной части хутора произошло резкое снижение уровня подземных вод в каптируемом колодцами и скважинами мощном водоносном слое песчаников каменноугольного возраста. Амплитуда снижения достигла 3 м. В западной части населенного пункта режим подземных вод этого слоя остался без изменений.

Подобная динамика режима вызвана подработкой восточной части хутора очистными выработками антрацитовой шахты.

Здесь на глубине около 1 км велась выемка угольного пласта длинными столбами с полным обрушением кровли, вынудив мощностью приблизительно 2 м. Угол падения породных слоев 9°. Подработка земной поверхности неполная. Ее максимальное оседание под влиянием сдвижения несколько превысило 0,6 м. Отмечены значительные деформации частных домов. В западной неподработанной части хутора оседание поверхности и деформации объектов отсутствуют. Обводненность выработок шахты на участке минимальна. Каких-либо дополнительных водопроявлений на участке подработки и в шахте в целом не зафиксировано.

Особенности режима водоносного слоя песчаника, весьма значительная глубина разработки позволяют уверенно отрицать связь снижения уровня с дренажем подземных вод горными выработками шахты и распространением до водного объекта ЗВТС, в частности.

О вероятной причине спада уровня свидетельствуют результаты измерения оседания земной поверхности и сопоставления его динамики с трансформацией режима подземных вод.

Мониторинг сдвижения показал, что снижение уровня развилось с момента оседания поверхности на величину около 0,35 м.

Как установлено нашими исследованиями в различных угольных регионах, подобное оседание достаточно для приобретения слоями песчаников повышенной трещинной проницаемости [1]. На площади снижения уровней подземных вод в хуторе произошло более значительное оседание поверхности и, соответственно, слоя каптируемого песчаника, что указывает на существенное развитие новых систем трещин в песчанике и вероятную связь ухода воды из колодцев с этим эффектом. В то же время, ввиду недостаточной величины оседания (менее 1,15–1,20 м) подстилающие слои глинистых пород (алевролитов и аргиллитов) испытали практически только пликвативные деформации и сохранили свои водоупорные свойства, воспрепятствовав уходу воды из слоя песчаника в его почву.

Таким образом, геомеханические основания позволяют связать снижение уровня с повышением емкостных свойств мощного слоя песчаника, что обеспечило иллюзию ухода воды из него, то есть, «псевдодренажный» эффект.

Подобные явления известны и на других объектах. Зафиксированы также случаи ухода крупных водоемов в недра по слоям песчаников и известняков, причем вода так и не появилась в шахте.

Эти же данные указывают на дифференцированность реакции – вариации трещинной расчлененности, водопроницаемости и емкостных свойств пород различной литологической при-

надлежности – на собственное сдвигание и сдвигание в составе горного массива: максимальную вторичную проницаемость песчаников и минимальную у глинистых пород.

Подобные эффекты известны в любых частях массива, как за пределами, так и внутри ЗВТС. Они проявляются в снижении уровней подземных вод водоносных слоев песчаников и известняков, приращении их проницаемости и емкостных свойств при сохранении тех же показателей слоев глинистых пород их «оправы» на уровне характеристик водоупоров.

Соответственно, оценки высоты ЗВТС только на основе данных о снижении уровня подземных вод и роста проницаемости пород нередко нельзя считать достоверными и однозначными.

Гидродинамические события у г. Гуково позволяют выявить характер абсолютных и относительных деформаций отдельных частей горного массива, ряд характеристик трещинных структур, сформированных в процессе сдвижения.

В рассмотренном случае приращение емкостных свойств вызвано генерацией трещин сдвижения различной ориентации относительно слоя песчаников. Учитывая приповерхностный характер размещения слоя, можно с высокой вероятностью заключить, что рост емкостных свойств обусловлен в основном возникновением трещин расщепления на контактах ступенчато прилегающих блоков-фрагментов слоя.

Свойства систем торцевых по отношению к слоям трещин изучены по материалам шахтных наблюдений в ходе подработки затопленных выработанных пространств на вышележащих пластах лавами с полным обрушением кровли в Кузбассе, Центральном Донбассе, на Буланашском месторождении. Подработки прошли в условиях просачивания шахтных вод из подработанного подземного водного

объекта, которое развилось после обрушения кровли выработанного пространства, что может быть истолковано как указание на фильтрацию воды по свежееобразованной ЗВТС.

Анализ данных показал близость между собой установленных расчетами значений коэффициента фильтрации разделяющих лавы и водные объекты породных толщ во всех случаях подработок. Его величина в направлении вкрест напластованию внутри верхней и средней частей ЗВТС составила приблизительно 0,003 м/сутки [1].

Это значение служит одновременно оценкой свойств слоев аргиллитов и алевролитов как наименее проницаемых компонентов угленосных толщ в подобных обстановках. Наличие более проницаемых пород (песчаников, известняков, углей) на пути нисходящего водного потока не повлияло на фильтрационные свойства массива в целом.

Правомерно заключить, что слои глинистых пород различных угольных регионов и частей региона обладают способностью приобретать равную проницаемость в ходе сдвижения вкрест напластованию в условиях заведомо неодинаковых начальных значений этого показателя.

Стабильность проницаемости позволяет сделать вывод о формировании сетей фильтрующих торцевых по отношению к слоям трещин регулярной – изоячейистой структуры на поверхности слоев глинистых пород и мало различающейся раскрытости. Таким образом, имеет место слабая зависимость гидродинамических показателей и размеров техногенных фрагментов слоев – блоков в плане от физико-механических свойств глинистых пород и, соответственно, определяющих их литогео-механических процессов.

Стабильность значений проницаемости слоев одинаковой литологической принадлежности обусловлена, очевидно, определенными свойствами

ми механизма сдвижения в условиях слабого проявления реологических свойств пород. Главных из них является его низкая чувствительность к вариациям прочностных и коррелирующих с ними показателей, что обеспечивает слабое рассеяние предельных упругих деформаций вокруг некоторого характерного значения.

Эти выводы являются дополнительным обоснованием возможности и правомерности экстраполяции полученных гидролитогомеханических данных и ряда других показателей на объекты каменноугольных месторождений, в частности, иных регионов.

Результаты рассмотренных подработок затопленных выработок свидетельствуют о довольно низкой сквозной проницаемости разделяющих толщ, соответственно, невысокой раскрытости определяющих ее водопроводящих трещин сдвижения, по крайней мере, в глинистых породах.

Особенности водопроявлений также свидетельствуют о скоротечности завершения формирования сечения водопроводящих трещин, их тяготении к области полных сдвижений междупластья.

Основным механизмом формирования зияния трещин, способным придать ему асимптотичность, можно считать упругое сокращение фрагментов слоя в плане при разгрузке. Обладая малой интенсивностью и асимптотической тенденцией, данный процесс может обеспечить равномерную раскрытость трещин, производя вполне синхронную и тонкую ее регулировку в условиях нулевого искривления слоев. Определенный вклад вносит, по-видимому, демпфирование напряжений в предшествующий период блочными конструкциями, способствующее нивелировке различий начального напряженного состояния массива.

Вместе с тем, известны случаи подработок затопленных выработок и

других водных объектов с прорывами воды, что свидетельствует об образовании водопроводящих трещин значительной раскрытости. Локализации водопроявлений у границ выработанного пространства показывают на тяготение этих трещин к его периметру, на оседание прилегающей части или всего массива по сместителям сбросов техногенного происхождения. Распространенность подобных по характеру водопроявлений при ведении работ в обстановке высокой естественной и техногенной расчлененности пород, например, зоне выветривания, при неоднократных подработках, может считаться указанием на условия проявления такой формы сдвижения.

Правомерно заключить, что стабильность рисунка сети торцевых трещин на поверхности слоев служит следствием образования изометричных в плане блоков в прикровельной части слоев внутри определенных областей ЗВТС. Этот вывод хорошо коррелируется с известными эффектами стабильности шагов периодического обрушения непосредственной и, тем более, основной кровель выработанного пространства, подтверждая правомерность представлений о нарастании стационарности геомеханических процессов по мере удаления от источника возмущения – вызвавшей их горной выработки [1].

Регулярность трещинообразования позволяет считать, что слой пород, заведомо имеющий в исходном состоянии множество пустот и разнообразных механических ослаблений, ведет себя в ходе сдвижения в течение значительного промежутка времени как физически сплошная среда.

Аналогичное поведение демонстрируют горные массивы у затопленных шахт.

Существенная информация о новых геомеханических явлениях полу-

цена при изучении водопроявлений в выработках действующих шахт, находящихся рядом с затопленными.

Здесь трансформация породных сред может происходить вне причинной связи с движением воды. Формирование пустотного пространства в таких ситуациях изучено по материалам мониторинга перетоков шахтных вод из затопленных шахт в действующие.

В период эксплуатации целика между затопленной шахтой «Несветаевская» и действующей шахтой «Соколовская» (Восточный Донбасс) имел водогазоупорные свойства. Перетоки воды появились через 7–8 месяцев после «подтопления» основания целика и создания гидростатического давления величиной 115–120 м водяного столба на него.

Поначалу переток увеличивался монотонно по мере подъема уровня затопления шахты, затем произошло изменение его режима. Так, в течение суток 31.10.1999 г. он вырос скачком с 60 до 200, к их концу спал до стабильной величины 150 м³/ч, позже (1.02.2000 г.) увеличился на 25 м³/ч, с начала и до конца апреля – еще на 80 м³/ч, и далее некоторое время оставался стабильным. Затем в условиях некоторого снижения уровня затопления произошло уменьшение и вновь существенное увеличение притока.

Анализ данных показал, что причиной появления перетока явилось образование в массиве на ширину целика (до 100 м) фильтрующих трещин, раскрытость которых не превышала, как можно судить по интенсивности водопроявлений, нескольких миллиметров. Эти выводы согласуются с результатами скважинной электроинтроскопии целика (выполнена Н.Е.Фоменко и др.), показавшей насыщение шахтной водой отдельных его интервалов, в основном песчаников. Скачкообразное возрастание и пульсации водопроницаемости пород

указывают на соответствующее изменение живого сечения новообразованных каналов фильтрации. Стабилизация притока при существенном снижении уровня затопления свидетельствует о возможности продолжения роста проницаемости и в этих условиях и триггерном влиянии данного фактора. Являясь следствием динамики напряженно-деформированного состояния (НДС) мощных слоев песчаника, отчасти слоев другого состава, вариации проницаемости обеспечиваются генерацией и поведением трещин вдоль напластования, поступательным распространением их в разрезе слоя.

Типологически близкие рассмотренным водопроявления отмечены в том же районе бассейна на шахте «Западная», куда поступили прорывы воды через стволы, проходящие сквозь породную толщу с затопленными выработками. Здесь имели место случаи образования трещин в режиме разной степени обострения.

До начала прорывов поступления воды в условиях довольно небольшой глубины затопления старых шахт имели рассредоточенный внутри стволов и пульсирующий вплоть до прекращения характер. Наблюдалась миграция выходов воды вдоль оси стволов и их периметра, а также от ствола к стволу.

Соответственно, динамизм притока был обусловлен периодическим образованием в стенке стволов водопроницающих каналов и пульсацией их сечения.

По своей типологии образование каналов напоминает их формирование в барьерном целике шахт «Соколовская» и «Несветаевская» в вялотекущем режиме и режиме умеренного обострения.

Рост глубины водного объекта в ходе нового этапа подъема уровня затопления привел к формированию двух весьма крупных прорывов

в стволы блоковый вентиляционный № 1 (февраль 2003 г.) и главный № 2 (октябрь-ноябрь 2003 г.).

Если первый прорыв развивался довольно долго и какое-то время контролировался визуально (поначалу поступал по внезапно возникшей, затем эпизодически расширявшейся трещине), то второй оказался внезапным, сформировавшись в течение нескольких десятков секунд.

Оба прорыва имели пульсирующий дебит от 0 до 15 м³/с, представляя собой цепочку соизмеримых по объему крупных водопроявлений – не менее 5 для первого и 20 для второго по времени прорыва. Импульсам притока в ходе второго прорыва предшествовали сильные сотрясения массива.

Поступление очередных фаз прорыва происходило, несмотря на снижение уровня воды в старых шахтах, соответственно и гидростатического давления на очаг водовыделений. Завершение прорывов произошло в режиме обрыва, несмотря на подъем уровня затопления и рост давления на этот очаг. Засыпка стволов каменным и другим материалом не повлияла на ход прорывов. Фактически имело место их самопрекращение.

Анализ обстановки показал, что прорывопродолжающие пустоты локализовались в пачке крепких песчаников, выходящих в затопленное пустотное пространство. Вероятные очаги поступления обоих прорывов размещались на одной и той же глубине под уровнем затопления (160–170 м).

Особенности водопроявлений могут быть расценены как признаки скачкообразного образования, раскрытия и сужения водопроводящих каналов [2]. Они свидетельствуют о скоротечности набора максимальной мощности обоих прорывов и раскрытия канала до максимального значения (по нашим оценкам – применительно к условной трещинной их морфологии – до

10 см). Характер режима водопроявлений позволяет сделать заключение о трещинной морфологии каналов.

Период пульсации водопроводимости составлял в ходе обоих прорывов 2–3 (а второго – также 45) часов. Образование канала происходило, по-видимому, в течение нескольких десятков секунд, продолжительность пребывания в состоянии максимальной или близкой к ней раскрытости варьировала от нескольких минут до нескольких часов.

Таким образом, процесс разуплотнения массива развивался дискретно, рывками и перемежался уплотнением локального характера.

На основе косвенных данных установлено, что протяженность трещин в ходе второго прорыва составляла около 100–150 м.

Тяготение каналов к слоям песчаников связано с известной склонностью этих тел к концентрации и активному высвобождению напряжений сжатия. Количество этапов трещинообразования коррелирует с мощностью слоя и численно близко его значению, выраженному в метрах, что, возможно, указывает на стабильность расстояния – около 1 м – между трещинами расчленения последовательных генераций. Соответственно, каждая фаза прорыва поступала по новообразованной трещине; трещины предшествующих генераций резко снижали свою раскрытость вплоть до смыкания.

Реализация напряжений происходила в форме упругого расширения и сжатия скелета с распространением объемных сил в виде бегущих волн в разрезе слоев и вдоль напластования с сопутствующей генерацией трещин и вариациями пустотности. Исчерпание избыточного запаса энергии упругого сжатия вызвало прекращение трещинообразования.

Рассмотренные случаи трещинообразования связываются нами с из-

менением НДС массива под влиянием сил архимедова взвешивания, созданных крупным подземным водным объектом. Указанные эффекты и значение этих сил в формировании вторичной расчлененности и проницаемости пород у затопленных систем выработка впервые установлены нашими исследованиями [2]. Определены несколько наиболее четко выраженных гидростатических и временных порогов включения процесса водопродвигшего трещинообразования.

Значение архимедовых сил весьма ярко проявляется на участках водозаборов подземных вод.

Здесь добыча подземных вод сопровождается опусканием земной поверхности, которое при глубоком водопонижении может составить для массивов полускальных и скальных пород несколько десятков сантиметров. Возрастанию ресурсов воды в массиве сопутствует, напротив, поднятие поверхности, что и происходит на полях затапливаемых и затопленных шахт, в частности.

Эти явления связаны, очевидно, с изменением полного и эффективно-го давления в массиве, уплотнением породной среды, в первом случае, и разуплотнением, во втором, ввиду соответственно снижения и возрастания воздействия сил архимедова взвешивания на массив. Одним из результатов водонасыщения служит рост площади сечения пустот и (или) их новообразование, причем этот процесс, как это демонстрируют приведенные данные, может протекать «рывками».

Соответственно, аналогичный дискретный характер должно иметь движение земной поверхности.

Рассмотренные эффекты, интерпретация их генезиса и механизма позволяют сделать ряд выводов общегеомеханического значения.

Оседание земной поверхности вокруг устья фонтанирующей скважи-

ны служит признаком сокращения сечения водопродвигших полостей в результате их пережима и указывает на тенденцию трансформации структуры породной среды в направлении исходного до проведения горных работ состояния.

Самопроизвольное прекращение прорывов и крупных перетоков – ослабление дренажа скоплений подземных вод отражает итоговое противодействие системы «горная выработка – породный массив» внешним воздействиям – проявление саморегуляции состояния породной толщи, в частности, с переходом его на новый уровень.

Данные выводы корреспондируются со сделанным нами на чисто литогеомеханическом материале заключением о развитии в массиве саморегуляции его сдвижения и деформаций [1], свидетельствуя также об активном участии в этих процессах водной фазы, следовательно, и других флюидов. Подобное заключение было сделано также применительно к системе «литогенная основа горного массива – подземные воды – водозаборная скважина», способной регулировать в автоматическом режиме механические аспекты своего состояния и гидродинамическое взаимодействие водного скопления и дрены.

Неразрывное механическое взаимодействие всех фаз горного массива позволяет сделать вывод о развитии саморегуляции его НДС.

Ее сущность состоит в противодействии формированию сверхпороговых дислокаций и напряженного состояния массива путем диссипации сверхкритических механических воздействий процессами структурообразования.

Сделанные выводы хорошо вписываются в концепцию «гидрогеодеформационного поля» [3].

Приведенные данные могут рассматриваться как свидетельство содержа-

тельной тождественности ряда аспектов механической реакции массива на его гравитационное перемещение и появление глубоко затопленных выработок. Они позволяют осуществлять изучение событий рассмотренных групп с единых позиций и использовать обнаруженные закономерности в эвристических целях для перекрестной интерпретации и прогнозирования геомеханических процессов и явлений.

Рассмотренные материалы подтверждают полезность использования гидрогеологической информации для интерпретации литогеомеханических процессов. В то же время перенос наиболее общих результатов литогеомеханических исследований на гидрогеологическую проблематику позволяет дать уже на текущей стадии изученности непротиворечивое и си-

стемное истолкование многим гидрогеомеханическим событиям, причем наибольшая эффективность достигается при комплексном использовании самых разнообразных данных.

Имея существенное значение для решения вопросов промышленного освоения месторождений твердых полезных ископаемых и их разнообразных последствий, выводы статьи будут способствовать разработке общей теории геомеханических процессов.

Настоящая публикация подготовлена в рамках Программы фундаментальных исследований РАН «Изучение вещественно-структурных неоднородностей геологических формаций, разработка научно-методических основ моделирования, прогнозирования и технологий освоения месторождений полезных ископаемых юга России».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мохов А.В. Методика прогнозной оценки гидрогеологических условий подработки затопленных выработок на пологих и наклонных пластах каменноугольных месторождений: Автореф. дис. канд. геол.-мин. наук. Зеленый: ВСЕГИНГЕО. – 1984, 19 с.
2. Мохов А.В. О путях профилактики прорывов воды из затопленных каменно-

угольных шахт // В сб.: VII Межд. конференции «Новые идеи в науках о Земле»: Материалы докладов. Том 4. МГРА. М.: КДУ, 2005. – С. 136.

3. Вартамян Г.С., Куликов Г.В. Гидрогеодеформационное поле Земли // Доклады АН СССР. – 1982. – Т. 262, вып. 2. С. 310–314. **ГИАЗ**

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Мохов Александр Вадимович – кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, инженер-гидрогеолог, ведущий научный сотрудник Южного научного центра Российской Академии наук, e-mail: mochov@ssc-ras.ru; mokhov_av@mail.ru.



UNDERGROUND WATER AS INDICATION OF GEOMECHANICAL PROCESSES

Mokhov A.V., Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Senior Researcher, Ground Water Hydrology Engineer, Southern Scientific Center, Russian Academy of Sciences, e-mail: mochov@ssc-ras.ru; mokhov_av@mail.ru.

The cause-consequence ties of geomechanical processes and hydrogeological events at the areas of current and completed underground mining of stone-coal deposits is investigated.

Key words: geomechanical processes, manifestations of underground waters, indicator, stone-coal deposits, underground mining, stress-strain state self-regulation.

REFERENCES

1. Mohov A.V. *Metodika prognoznoj ocenki gidrogeologicheskikh uslovij podrabotki zatoplennykh vyrabotok na pologih i naklonnykh plastah kamennougol'nykh mestorozhdenij* (Predictive estimate procedure for hydrogeology in undermining of flooded excavations in gently dipping and inclined black coal seams), Candidate's thesis, Zeleny, VSEGINGEO, 1984, 19 p.
2. Mohov A.V. *Materialy VII Mezhdunarodnoj konferencii «Novye idei v naukah o Zemle»*, vol. 4, MGRA, Moscow, 2005, p. 136.
3. Vartanjan G.S., Kulikov G.V. *Gidrogeo-deformacionnoe pole Zemli, Doklady AN SSSR*, 1982, vol. 262, issue 2, pp. 310–314.



ГОРНАЯ КНИГА



Электроснабжение горного производства. Релейная защита

Л.А. Плашанский

2013 г.

299 с.

ISBN: 978-5-98672-332-7

UDK: 621.31:622.3.012

Изложены вопросы, связанные с защитой электроустановок и линий, использующих различные средства, включая микропроцессорные модули SEPAM. Рассмотрены варианты согласования терминов SEPAM с различными типами реле. Представлены требования, предъявляемые к релейной защите, элементам защиты, источникам оперативного тока. Рассмотрены функции защиты от внешних коротких замыканий в электроустановках напряжением выше 1 кВ, защиты силовых транс-

форматоров, синхронных и асинхронных электродвигателей, КРУ, ТПА, шинных конструкций, воздушных и кабельных линий. Приведены методики расчета уставок защит и проверки правильности выбора уставок защиты.

Для студентов вузов, обучающихся по специализации «Электрификация и автоматизация горного производства» направления подготовки «Горное дело», а также магистров, аспирантов и специалистов, занимающихся вопросами релейной защиты.