

УДК 621.577

СПОСОБЫ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛОВОГО РЕСУРСА И СТАБИЛИЗАЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ НА ЛИКВИДИРУЕМЫХ УГОЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Инкин Александр Викторович,

канд. техн. наук, доцент, докторант каф. гидрогеологии и инженерной геологии геологоразведочного факультета Государственного высшего учебного заведения «Национальный горный университет», Украина, 49005, г. Днепрпетровск, пр. Карла Маркса, 19. E-mail: inkin@ua.fm

Актуальность работы обусловлена состоянием топливно-энергетического комплекса Украины и необходимостью закрытия нерентабельных угольных предприятий, а также борьбой с возникающими при этом экологическими последствиями и потребностью поиска альтернативных источников тепловой энергии.

Цель работы: обоснование технологических схем утилизации теплового ресурса отработанных шахт для поддержания благоприятного энергетического и гидрогеологического режимов в угледобывающих регионах.

Методы исследования: На основе анализа и путем комбинации в едином модуле технологий по выработке энергии, дренажированию шахт, регулированию водного режима и очистке шахтных вод разработаны три геотехнологические схемы, позволяющие экономически целесообразно стабилизировать энергопотребление и экологическую ситуацию в районах добычи угля.

Результаты: С помощью разработанных и обоснованных технологических схем представляется возможным использовать тепловой ресурс ликвидируемых шахт, заключенный в подземных водах и остаточных запасах угля. Применение предложенных технических решений, основанных на сформировавшемся в результате угледобычи природно-техногенном состоянии местности и геотехнических предпосылках, будет способствовать стабильному получению теплоносителей для отопления и горячего водоснабжения зданий, уменьшению подтопления и очистке шахтных вод на территории Донбасса.

Ключевые слова:

Затопленная шахта, подтопление, сжигание угля, дренаж подземных вод, тепловая энергия.

Введение

Одним из ведущих направлений реструктуризации угольной отрасли и восстановления природной среды в угледобывающих регионах является консервация отработанных и нерентабельных шахт. Согласно «Инвестиционной программе развития угольной промышленности Украины» в 2011–2015 гг. на территории Донбасса намечены к ликвидации 16 угольных предприятий, большая часть из которых уже закрыта [1–3]. Вследствие этого множество небольших шахтерских городов (Красный луч, Новгородовка, Шахтерск, Свердловск и др.) на фоне постоянно растущих цен на энергоносители ощущают острую нехватку в тепловой энергии. Промышленные и гражданские задания в холодное время года остаются без отопления и горячего водоснабжения [4, 5]. Вместе с тем, в затопленных шахтах сосредоточены значительные техногенные ресурсы тепловой энергии, которые в настоящее время практически не используются. К ним относятся – геотермальная энергия, накопленная в шахтных водах, и некондиционные и маломощные пласты угля, оставленные после отработки шахтного поля.

Ежегодно только в Донецком угольном бассейне более 500 млн м³ шахтных вод откачиваются и сбрасываются в водоемы и реки [6, 7]. Температура этих вод составляет от 16 до 22 °С в зависимости от сезона, а температура шахтных вод на глубинах более 700 м достигает 30...33 °С. Соответственно поступление низкопотенциального тепла в окружающую среду в среднем оценивается в 5·10⁶ Гкал/год.

Зарубежный научно-практический опыт потребления тепла шахтных вод [8–10] показывает возможность применения этой энергии и рентабельность её использования. В настоящее время осуществляется много небольших проектов, в которых тепло воды из затопленных шахт употребляется для обогрева однодвухэтажных зданий (Германия, Франция, Англия). Наиболее масштабным считается голландский проект, который получил название MinewaterProject. В шахтерском городке Херлен вода шахты, простоявшей затопленной около 30 лет, сейчас обогревает около 350 зданий, из которых более 200 – жилые дома. Вместе с тем отбор теплых шахтных вод сопряжен с техническими проблемами. Они связаны, прежде всего, с высокой минерализацией вод, достигающей 60 г/л, и наличием в них токсичных веществ, что требует применения специального оборудования и организации замкнутого цикла использования воды с изоляцией от поверхностных вод.

Рентабельность применения теплых шахтных вод для отопления и горячего водоснабжения резко возрастает при использовании тепловых насосов. Так, на шахте «Благодатная» ОАО «Павлоградуголь ДТЭК» отбор шахтных вод в количестве 200 м³/ч с коэффициентом преобразования тепла 3,5 позволил достичь годовой экономии около 60000 долларов США [11]. При этом работа насоса не создает вредных выбросов в окружающую среду, что особенно важно для угледобывающих регионов. Однако применение тепловых насосов на шахтах не получило широкого распространения в виду больших капитальных затрат на их установку и обслуживание.

В период с 1996 по 2011 гг. в Донецком бассейне было закрыто 65 шахт с общим количеством оставшихся в недрах 690 млн т угля [12]. Закрытие намеченных к ликвидации угольных предприятий приведет к дополнительному консервированию угольных ресурсов приблизительно в 750 млн т. Таким образом, в ближайшем будущем на территории затопленных шахт будет сосредоточено около 1,5 млрд т кондиционного по качеству угля.

Анализ рентабельности использования ресурсов геотермальной энергии показывает, что тепло Земли целесообразно применять в районах с особыми геологическими условиями (преимущественно горные районы – Крым, Закарпатье). Отбор термальных вод с больших глубин (3–4 км) сопряжен с большими объемами бурения скважин, что требует значительных затрат, и неоправдан экономически.

В районах подземной добычи угля сформировался природно-техногенный ресурс тепловой энергии, использование которого не требует крупных капитальных затрат по сравнению с глубоким бурением скважин. При этом рентабельность его использования может быть существенно выше в рамках сопряженных схем, когда отбор тепла интегрирован в комплекс других технологий.

Целью данной работы является обоснование технологических схем утилизации теплового ресурса отработанных шахт для поддержания благоприятного энергетического и эколого-гидрогеологического режимов.

Материал и результаты исследований

В качестве наиболее перспективных схем использования теплового ресурса шахт предлагаются:

- 1) гидротермальный модуль в виде подземной гидроэлектростанции (ГЭС) в закрытой шахте;
- 2) теплоэнергетический модуль на основе использования остаточных ресурсов угля и геотермальной энергии;
- 3) модуль отбора низкопотенциального тепла из водного цикла зоны шахтного дренажа.

Схема 1 основывается на следующих геотехнических предпосылках:

- в горнопромышленных регионах электрические сети подвержены существенным суточным перегрузкам, что требует создания дополнительных генерирующих мощностей с периодическим включением;
- закрытые шахты содержат емкостной и тепловой ресурс, исчисляемый сотнями миллионов кубических метров низкопотенциального теплоносителя в массиве шахт, и ресурс геодезических напоров в шахтных стволах;
- затопление шахт сопровождается существенным изменением уровня поверхности подземных вод по сравнению с их природным положением, что приводит к подтоплению.

Покрытие переменной части суточных графиков нагрузки в энергетической системе, особенно её пиков, когда за короткие промежутки времени

(минуты–десятки минут) происходят резкие изменения режима электропотребления, является не только технически сложной задачей, но и вызывает значительные увеличения затрат в энергосистеме. Эти затраты обусловлены увеличением расхода топлива, содержанием специального маневренного оборудования или повышением маневренности базовых агрегатов, снижением срока службы оборудования и т. п. Дополнительные затраты вызваны недельной неравномерностью графика нагрузки, т. к. это часто связано с остановкой большого числа агрегатов в энергосистеме в выходные и праздничные дни, а также с годовой (сезонной) неравномерностью.

В пиковых зонах график электрических нагрузок и дефицит мощностей приводят к необходимости введения графика аварийных отключений потребителей.

В области регулирования режимов электропотребления водоотливными установками целесообразно рассмотреть техническую возможность создания насосов главного водоотлива обратимыми, по типу обратимых гидротурбин на гидроаккумулирующих электрических станциях (ГАЭС). Учитывая большие геодезические напоры шахт, можно реализовать идею совмещения двух функций (главного водоотлива и ГАЭС) и тем самым значительно повысить эффективность регулирования режимов электропотребления водоотливными установками за счёт дополнительного аккумулирования энергии.

Водоотливная установка функционирует следующим образом (рис. 1) [13]. В периоды минимальных нагрузок энергосистемы она работает в насосном режиме и откачивает шахтную воду на поверхность с расходом Q_1 в пруд-отстойник. Когда наступает максимум нагрузки энергосистемы, насосы не отключаются, а переходят в гидротурбинный режим, генерируя электроэнергию. Насос-турбина вращается под действием напора воды с расходом Q_2 по водоотливным ставам, забирающим воду от пруда-отстойника на поверхности шахты. Для этого необходимо увеличить вместимость водосборников, а вместо насосов с двигателями установить обратимую гидротурбину с электрической машиной, способной работать в режиме двигателя и генератора.

Особенности реализации данной технологической схемы с гидротермальным модулем состоят в следующем. Используется емкостной и тепловой ресурс породного массива закрытых (или подлежащих закрытию) шахт путем комбинации подземной гидроэлектростанции в шахтном стволе и теплогенерирующей установки, в которой низкопотенциальным теплоносителем являются шахтные воды с температурой 30...33 °С, откачиваемые периодически из затопленной шахты в ежесуточном цикле: откачка – сброс в шахту через гидротурбины. При этом положение уровней на шахтном поле регулируется объемами сброса в гидрографическую сеть.

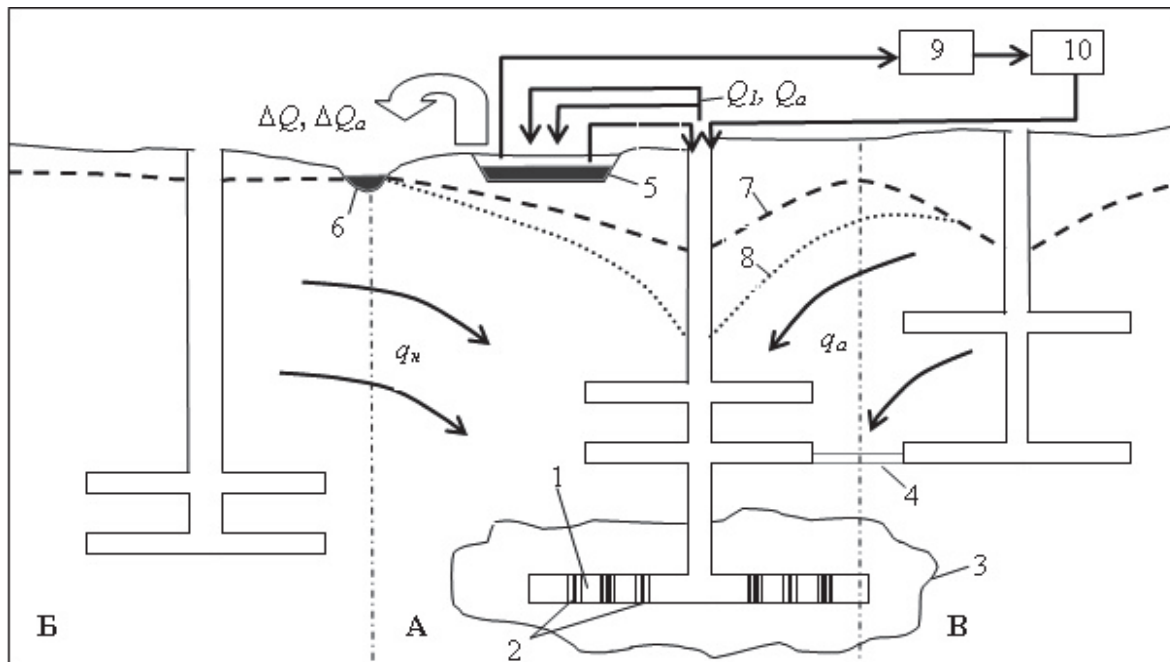


Рис. 1. Комбинированная схема подземной гидроэлектростанции и гидротермального модуля: А) шахта с подземной ГЭС; Б) затопленная шахта; В) работающая шахта; Q_1, Q_a – соответственно суточные расходы воды при работе ГЭС в обычном режиме и аварийном при подтоплении работающей шахты В; $\Delta Q, \Delta Q_a$ – тоже при сбросе остаточных расходов; q_n, q_a – перепады подземных вод в нормальном и аварийном режимах соответственно; 1 – выработки-аккумуляторы воды подземной ГЭС; 2 – фильтрующие перегородки; 3 – зона гидродинамического влияния при работе ГЭС на водоотлив; 4 – сбойка; 5 – накопитель воды; 6 – поверхностный водоток; 7, 8 – уровень подземных вод при нормальном и аварийном режиме работы ГЭС соответственно; 9 – тепловой насос; 10 – потребитель тепла

Преимущества данной технологической схемы таковы:

- рентабельность подземной ГЭС как энергетического регулятора пиковых нагрузок в электросетях удваивается за счет ее комбинации в едином модуле с теплогенерирующей установкой, использующей низкопотенциальное тепло шахтных вод;
- экологический эффект достигается благодаря возможности поддерживать безопасный уровень подземных вод и исключить подтопление без дополнительных мощностей.

Схема 2 основывается на следующих геотехнических предпосылках.

В пределах отработанных шахтных полей расположены пласты-коллекторы и подземное пространство, способное аккумулировать большие объемы теплоносителей. Благодаря высокой тепловой емкости шахтных вод они могут использоваться для отопления и горячего водоснабжения. Причем начальная температура откачиваемых вод с глубоких горизонтов (800 м и ниже поверхности земли) достигает 30...35 °С.

Использование этих вод для отопления требует дополнительного подогрева до температуры как минимум 60...65 °С. Это возможно осуществить либо с применением тепловых насосов, что сопряжено со значительными капитальными затратами, либо с использованием технологии подземного сжигания угля.

Второй вариант предпочтителен при наличии некондиционных пластов или ресурсов угля, добыча которых традиционными способами нерентабельна. Возможность его применения обусловлена наличием значительных, как указывалось, остаточных запасов угля затопленных (или подлежащих затоплению) шахт Украины, пригодных для разработки способом подземного сжигания.

Имеющийся научно-практический опыт подземной газификации угольных пластов [14, 15], сопровождающийся выходом перегретого пара (месторождение Rocky Mountain, США) и созданием станций подземного аккумулирования тепловой энергии в водоносных пластах для отопления инженерных сооружений (Нидерланды, Германия, Франция) позволяет рассматривать перспективность такой технологии.

Принципы функционирования теплоэнергетического модуля на основе остаточных ресурсов угля и геотермальной энергии состоят в следующем (рис. 2). В процессе сжигания угля вырабатываемый газ через отводящие скважины подается на дневную поверхность потребителю. В его горючих компонентах заключена часть тепловой энергии, образующейся в реакционном канале. Другая часть формирующегося тепла вместе с утечками газа через водоупорные породы попадает в вышезалегающий водоносный горизонт и нагревает подземные воды. Температура воды зависит от интенсивности сжигания и гидродинамических условий

(в среднем 75...85 °С). Нагретые воды в процессе обработки угольного пласта активно фильтруются к расширяющемуся в результате сгорания пространству, что значительно понижает их начальный уровень. Поступление воды из вмещающих пород происходит разными путями и зависит от термодинамических условий и фазового состояния. На ее приток в реакционную зону, кроме геологического строения и степени обводнения отрабатываемого участка, значительное влияние оказывает увеличение проницаемости водоупорных пород под воздействием высоких температур [16, 17]. Поступая в подземный генератор, подземные воды существенно изменяют его тепловой баланс путем увеличения расхода вырабатываемого тепла на испарение. Возникающий при этом перегретый пар вместе с утечками газа и парами, образовавшимися за счет подсушивания пород, фильтруется в кровле генератора, повышает ее температуру и конденсируется. Образовавшийся конденсат смешивается с подземными водами и вновь поступает в генератор.

Завершение сжигания угольного пласта сопровождается снижением интенсивности испарения и постепенным восстановлением естественного уровня подземных вод до положения, соответствующего их новому гидродинамическому равновесию. При фильтрации через нижнюю часть генератора в пределах предварительно разогретых пород кровли повышается температура воды, снижается ее плотность и образуется термальное купол, циркули-

рующий вокруг отработанного генератора. Таким образом, при подземном сжигании угля в покрывающих породах образуется техногенное геотермальное месторождение, разработка которого возможна путем откачки нагретых вод через эксплуатационные скважины и подачи их потребителю.

Особенности ее реализации состоят в использовании низкопотенциального тепла затопленного шахтного поля (или его части) с периодической активацией теплового ресурса за счет подземного сжигания некондиционных угольных пластов. Работа теплоэнергетического модуля учитывает сезонные колебания в потреблении энергоносителей в регионе. Сжигание пласта должно начинаться за несколько месяцев до начала отопительного сезона, чтобы максимум температуры отбираемой воды приходился на середину холодного периода. Моделирование теплопереноса и оценка теплового потока для такой схемы рассмотрены в [18].

Преимущества технологической схемы состоят в следующем:

- достигается экономически целесообразная высокая температуры теплоносителей;
- обеспечивается возможность полностью исключить котельные из процесса выработки тепла, идущего на внутренние нужды шахт и в близлежащие населенные пункты;
- обеспечивается возможность создания компактных тепловых модулей хозяйственного назначения (например, для обеспечения тепличного комплекса).

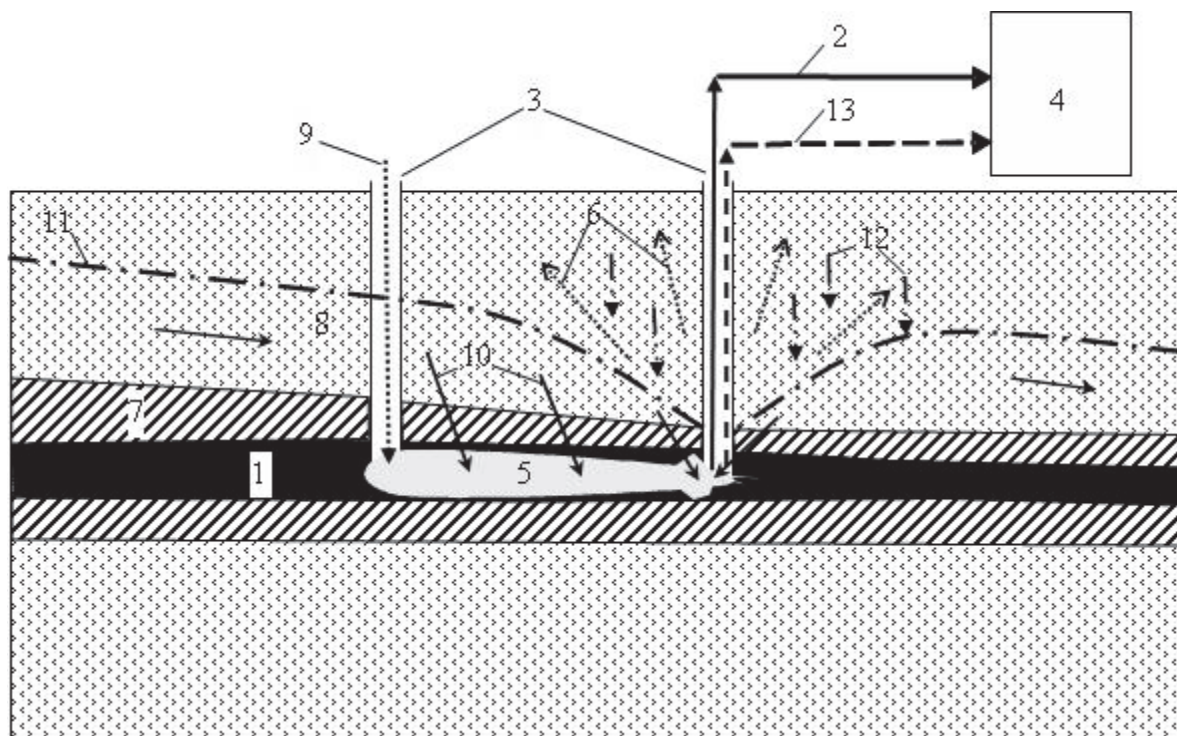


Рис. 2. Проектная схема теплоэнергетического модуля на затопленном участке шахты: 1 – угольный пласт; 2 – вырабатываемый газ; 3 – эксплуатационные скважины; 4 – потребитель; 5 – реакционный канал; 6 – направление движения газа и перегретого водяного пара; 7 – породы кровли; 8 – водоносный горизонт; 9 – направление движения дутья; 10, 11 – направление фильтрации подземных вод и их уровень соответственно; 12 – конденсат; 13 – откачка нагретых вод

Схема 3 основывается на следующих геотехнических предпосылках:

Фльтрационные потоки в массиве затопленного шахт характеризуются увеличением скорости и выполаживанием уровней вблизи природных русел за счет многократного увеличения проницаемости нарушенных горных пород, что приводит к подтоплению поверхности [19]. Природными руслами дренируются потоки низкопотенциального тепла из техногенного водоносного горизонта, содержащего экологически вредные компоненты [20]. В связи с этим целесообразно производить отбор тепла в сочетании с технологиями по очистке воды, которые экономически более эффективны именно при наличии бросового низкопотенциального тепла (например, мембранная дистилляция).

Основные элементы технологической схемы представлены на рис. 3. Исходя из гидродинамической схемы, в зоне «П» необходим систематический поверхностный дренаж, причем в зоне, затронутой горными работами, можно усилить его действие вертикальными буровыми скважинами с самоизливом воды. Такие скважины наиболее эффективны при совмещении их стволов с магистральными выработками закрытой шахты.

Особенности данной технологической схемы состоят в том, что водорегулирующий дренаж, забор воды для очистки и водоотбор низкопотенциального теплоносителя с температурой 20...25 °С осуществляются самотечной дренажной системой. Причем рециркуляция теплоносителя между водоносным массивом и теплопотребителями исключается, что повышает эффективность тепловых установок.

Преимущества технологической схемы состоят в следующем:

- предупреждается или ликвидируется подтопление на отработанном шахтном поле в режиме самотечного дренирования;
- производится очистка дренажных вод, накопивших вредные компоненты, при фильтрации через нарушенный массив шахтного поля;
- повышается КПД использования низкопотенциального тепла дренажных вод за счет исключения рециркуляции теплоносителя.

Выводы

Анализ работы топливно-энергетического комплекса и сложившаяся экологическая ситуация в угледобывающих регионах Украины указывает на необходимость консервации отработанных и не-

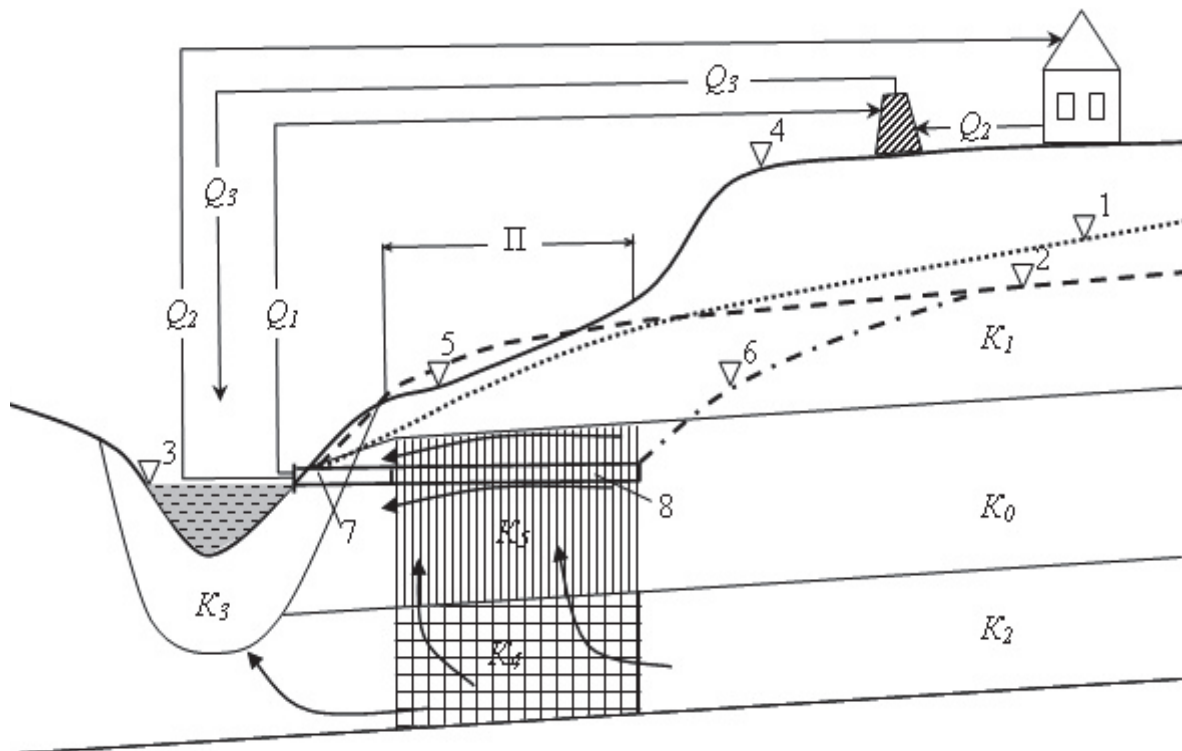


Рис. 3. Технологическая схема водорегулирования и отбора низкопотенциального тепла на затопленном шахтном поле: 1–6 – соответственно уровни подземных вод грунтового водоносного горизонта; напорного горизонта; природной дрены; земли, ненарушенной горными работами; земли с проседанием от горных работ; самотечного дренирования; 7 – дренажная штольня; 8 – магистральная выработка шахты; Q_1 , Q_2 , Q_3 – соответственно расходы потока с дренажной штольни на очистные сооружения; к потребителям низкопотенциального тепла, к природной дрене после очистки; K_0 ... K_5 – соответственно коэффициенты фильтрации водоупора, грунтового водоносного горизонта, напорного горизонта, русловых отложений, зоны горных работ и зоны водоупора, затронутой горными работами ($K_4 > K_2 > K_1 > K_5 > K_3 > K_0$)

рентабельных шахт. Основные возникающие при этом проблемы связаны с регулированием уровня подземных вод как на ликвидируемых, так и на соседних с ними работающих шахтах. Кроме того, в районах угольных предприятий после закрытия шахт ограниченность запасов других видов природных энергоносителей приводит к прекращению отопления зданий и необходимости поиска альтернативных источников тепловой энергии. Вместе с тем Донбасс обладает ее значительными техногенными ресурсами, сформировавшимися вследствие вековой угледобычи и сосредоточенными в шахтных водах и остаточных запасах угля.

С целью комплексного использования теплового ресурса затопленных шахт в работе разработаны и обоснованы три геотехнологические схемы, позволяющие экономически целесообразно стабилизировать энергопотребление и экологическую ситуацию в угледобывающих регионах путем комбинации в едином модуле технологий по выработке энергии, дренажированию шахт, регулированию водного режима и очистке шахтных вод.

Сравнительный анализ предложенных схем показывает, что каждая из них способна минимизировать загрязнение подземных вод и экологическую нагрузку на подземную гидросферу в зоне ведения горных работ. Все технологические схемы могут быть использованы в пределах шахтного поля или отдельного его участка. Вместе с тем каждая из них обладает своими тепло-энергетическими и гидрогеологическими особенностями. Так, первая схема (гидротермальный модуль) позволяет поддерживать безопасный уровень подземных вод на территории работающих и затопленных шахт за счет их откачки через шахту, оборудованную ГЭС. При этом сброс откачанных вод по водоотливным ставам на гидротурбины, в моменты пиков в энергетической системе, позволяет синхронизировать электропотребление в регионе. Недостатком данной схемы является ее небольшая теплопроизводительность, обусловленная невысокой температурой шахтных вод (30...33 °С), подающихся для отопления зданий, и необходимость ис-

пользования дорогостоящих тепловых насосов. В качестве потенциального объекта внедрения этой схемы может рассматриваться ш. «Новгородская 1», расположенная в Красноармейском углепромышленном районе Донбасса между затопленной ш. «Новгородская 2» и действующей ш. «Россия». Вторая схема (теплоэнергетический модуль) характеризуется значительной теплопроизводительностью в виду высокой температуры подземных вод (75...85 °С), нагревающихся при подземном сжигании угля, откачка которых позволит обеспечить устойчивое теплоснабжение близлежащих предприятий и населенных пунктов без применения тепловых насосов. Вместе с тем данный модуль не предназначен для борьбы с подтоплением, в связи с чем не может быть использован на участках его обширного развития. Возможным местом экспериментальной апробации этой схемы является поле шахты «Ольхово западная» Чистяково-Снежнянского угленосного района, в каменноугольном разрезе которой между отработываемыми пластами h_8 и h_{11} повсеместно развит некондиционный пласт h_{10}^1 , удовлетворяющий требованиям, предъявляемым к угольным пластам, отработываемым способом подземного сжигания. При этом в качестве теплоносителя будут использованы подземные воды обводненной толщи «бабаковских» песчаников $h_{10}Sh_{11}$ мощностью 50...60 м, залегающих выше пласта h_{10}^1 . К существенным преимуществам третьей технологической схемы (водорегулирования и отбора низкопотенциального тепла) следует отнести ликвидацию подтопления и очистку шахтных вод на территории ведения горных работ, а к недостаткам – самую низкую (из 3-х предложенных схем) теплопроизводительность, обусловленную незначительной температурой вод (20...25 °С), поступающих из дренажной штольни. Данная схема может быть рекомендована к применению на активно подтопленных участках горных предприятий, не испытывающих острого дефицита в тепловой энергии, например на шахтных полях Западного Донбасса Донецкой топливно-энергетической компании.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Цабут И.И. Анализ многолетней динамики обводнения угольных шахт Центрального углепромышленного района Донбасса // Труды Донецкого государственного технического университета, Серия горно-геологическая. – 2000. – Вып. 11. – С. 124–128.
2. Ермилом С. Энергетическая стратегия Украины на период до 2030 года: проблемные вопросы содержания и реализации // Зеркало недели. – 2006. – № 20. URL: <http://www.zn.ua/ECO-NOMICS/46810/> (дата обращения: 20.05.2013).
3. Яковлев Е.А. Региональные техногенные изменения геологической среды Донбасса под влиянием горных работ. – К.: Думка, 2007. – 66 с.
4. Алпенова А.В. Экологическая катастрофа как объективная реальность // Зеркало недели. – 2000. – № 1. – С. 53–58.
5. Андреива М.П., Домрочева Е.В. Эколого-геохимическое состояние природных вод зоны активного водообмена // Известия Томского политехнического университета. – 2007. – Т. 311. – № 1. – С. 137–140.
6. Пек Ф. Оценка рисков в Донецком бассейне (закрытие шахт и породные отвалы). – Донецк: Юнеп Арендал, 2009. – 171 с.
7. Ермаков В.Н. Изменение гидродинамического режима шахт при затоплении // Уголь Украины. – 1998. – № 6. – С. 11–13.
8. Wieber G. A Source of Geothermal Energy – Examples from the Rhenish Massif // Proceedings of the 10th IMWA Congress-2008. – Karlovy Vary, Check Republic, 2008. – P. 113–116.
9. Robinson R. Mine gas hazards in the surface environment // Mining Technology, Section A. – 2000. – V. 109. – P. 228–236.
10. Мищенко М.В., Букаты М.Б., Дутова Е.М. Моделирование изменения температур подземных вод Южно-Черемшанской площади Томской области // Известия Томского политехнического университета. – 2011. – Т. 319. – № 1. – С. 167–172.
11. Самуся В.И. Оценка эффективности теплонасосной технологии утилизации тепла воздушных турбокомпрессоров // Научный вестник НГУ. – 2010. – № 6. – С. 78–82.
12. Бездонные запасы. Уголь как основа сырьевой базы Украины. URL: <http://geonews.com.ua/news/detail/> (дата обращения: 15.02.2013).

13. Садовенко И.А., Инкин А.В. Подземная гидроэлектростанция как экологический и энергетический регулятор // Уголь Украины. – 2002. – № 5. – С. 32–34.
14. Effect of coal mine waters of Nordrhein-Westphalia in groundwater / G.I. Matess, R.A. Otting, M.V. Schulz et al. // Journal of Jans Publications. – 1982. – № 139. – P. 271–278.
15. Садовенко И.А., Инкин А.В. Численное исследование особенностей теплового поля вокруг подземного газогенератора // Научный вестник НГУ. – 2012. – № 6. – С. 11–20.
16. Жолудев С.В. Расчет теплового режима газогенератора при подземной газификации углей // Вестник Днепропетровского университета. Серия геология, география. – 2003. – № 7. – С. 11–20.
17. Тишков В.В. Особенности формирования техногенной проницаемости в кровле угольного пласта при подземной газификации угля // Научный вестник НГУ. – 2012. – № 1. – С. 23–28.
18. Садовенко И.А., Инкин А.В. Оценка эффективности теплового модуля на основе ресурсного потенциала затопленной шахты // Вестник КНУ. – 2013. – Вып. 3. – С. 123–127.
19. Modelling of sulphide oxidation with reactive transport at a mine drainage site / J.G. Bain, D.W. Blowes, W.D. Robertson et al. // Journal of Contaminant Hydrology. – 2000. – № 5. – P. 23–47.
20. Flow and Transport in Fractured Porous Media / Ed. by Deutsch G. – Stuttgart: Springer Verlag, 2005. – 465 p.

Поступила 24.02.2014 г.

UDC 621.577

METHODS OF UTILIZING THERMAL RESOURCE AND STABILIZING ECOLOGICAL SITUATION ON THE CLOSED COAL ENTERPRISES

Aleksandr V. Inkin,

Cand. Sc., National mining university, 19, Karl Marx Avenue,
Dnepropetrovsk, 49005, Ukraine. E-mail: inkin@ua.fm

Relevance of the work is caused by fuel and energy complex state in Ukraine and the need for closing unprofitable coal companies, the struggle with the environmental consequences and the requirement to find alternative sources of thermal energy.

The main aim of the study is to substantiate the flow sheets of heat resource recycling at the closed mines to maintain favorable energy and hydrogeological regimes in coal-mining regions.

The methods used in the study: Based on the analysis and combining in a single module the technologies for energy production, drainage pits, water regulation and mine water purification the author has developed three geotechnological schemes which allow economically feasible stabilization of energy and environmental situation within coal mining areas.

The results: It is possible to use the heat source of the closed mines in groundwater and residual coal reserves applying the developed technological schemes. Application of the proposed technical solutions based on territory natural and manmade state and on geotechnical assumptions formed as a result of coal mining will contribute to stability in obtaining heat transfer fuel for building heating and hot water supply, to reduce flooding and mine water purification in Donbass.

Key words:

Flooded mine, flooding, coal combustion, groundwater drainage, thermal energy.

REFERENCES

1. Tsabut I.I. Analiz mnogoletney dinamiki obvodneniya ugolnykh shakht Tsentralnogo uglepromyshlenogo rayona Donbassa [Analysis of long-term dynamics of irrigation of coal mines in Central coal industrial district of Donbas]. *Trudy Donetskogo gosudarstvenogo universiteta. Seriya gorno-geologicheskaya*, 2000, vol. 11, pp. 124–128.
2. Ermilom S. Energeticheskaya strategiya Ukrainy na period do 2030 goda: problemnye voprosy sodержaniya i realizatsii [Power strategy of Ukraine to 2030: problem questions of maintenance and realization]. *Zerkalo nedeli*, 2006, no. 20. Available at: <http://www.zn.ua/economics/46810/> (accessed 20 May 2013).
3. Yakovlev E.A. *Regionalnye tekhnogennye izmeneniya geologicheskoy sredy Donbassa pod vliyaniem gornyykh robot* [Regional technogenic changes of geological environment of Donbas under influence of mountain works]. Kyiv, Dumka Publ., 2007. 66 p.
4. Alpenova A.V. Ekologicheskaya katastrofa kak obektivnaya realnost [Ecocatastrophe as objective reality]. *Zerkalo nedeli*, 2000, no. 1, pp. 53–58.
5. Andreiva M.P., Domrocheva E.V. Ekologo-geokhimicheskoe sostoyanie prirodnykh vod zony aktivnogo vodoobmena [Ecologo-geochemical state of natural waters of active water exchange zone]. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University*, 2007, vol. 311, no. 1, pp. 137–140.
6. Pek F. *Otsenka riskov v Donetskoy bassejne (zakrytie shakht i porodnye otvaly)* [Risk estimation in the Donetsk pool (closing of mines and waste rock)]. Donetsk, Yunep Arendal Publ., 2009. 171 p.
7. Ermakov V.N. Izmenenie gidrodinamicheskogo rezhima shakht pri zatoplenii [Change in hydrodynamic mode of mines at flood]. *Ugol Ukrainy – Coal of Ukraine*, 1998, no. 6, pp. 11–13.
8. Wieber G. A Source of Geothermal Energy – Examples from the Rhenish Massif. *Proc. of the 10th IMWA Congress-2008*. Karlovy Vary, Check Republic, 2008. pp. 113–116.
9. Robinson R. Mine gas hazards in the surface environment. *Mining Technology, Section A*, 2000, vol. 109, pp. 228–236.
10. Mishchenko M.V., Bukaty M.B., Dutova E.M. Modelirovanie izmeneniya temperatur podzemnykh vod Yuzno-Cheremshanskoy ploschadi Tomskoy oblasti [Simulation of temperature change in underwaters of South Cheremshansk area in Tomsk region]. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University*, 2011, vol. 319, no. 1, pp. 167–172.
11. Samusya V.I. Otsenka effektivnosti teplonososnoy tekhnologii utilizatsii tepla vozdushnykh turbokompressorov [Estimation of

- efficiency of heatpumping technology of heat utilization in air turbo-compressors]. *Nauchnyy vestnik NGU*, 2010, no. 6, pp. 78–82.
12. *Bezdonnye zapasy. Ugol kak osnova syrevooy bazy Ukrainy* [Bottomless supplies. Coal as basis of source of raw materials of Ukraine]. Available at: <http://www.geonews.com.ua/news/detail/1034528/> (accessed 15 February 2013).
 13. Sadovenko I.A., Inkin A.V. Podzemnaya gidroelektrostantsiya kak ekologicheskiy i energiticheskiy regulyator [Underground hydroelectric power station as ecological and power regulator]. *Ugol Ukrainy – Coal of Ukraine*, 2002, no. 5, pp. 32–34.
 14. Matess G.I., Otting R.A., Schulz M.V. Effect of coal mine waters of Nordrhein-Westphalia in groundwater. *Journal of Jans Publications*, 1982, no. 139, pp. 271–278.
 15. Sadovenko I.A., Inkin A.V. Chislennoe issledovanie osobennostey teplovogo polya vokrug podzemnogo gazogeneratora [Numerical research of features of the thermal field around an underground gazogene]. *Nauchny vestnik NGU*, 2012, no. 6, pp. 11–20.
 16. Zhohudev S.V. Raschet teplovogo rezhima gazogeneratora pri podzemnoy gazifikatsii ugley [Calculation of gazogene thermal mode at underground gasification of coals]. *Vestnik Dnepropetrovskogo Universiteta. Seriya Geologiya, Geografiya – Announcer of the Dnepropetrovsk university. Series are geology, geography*, 2003, no. 7, pp. 11–20.
 17. Tishkov V.V. Osobnosti formirovaniya tekhnogennoy pronitsaemosti v krovle ugolnogo plasta pri podzemnoy gazifikatsii uglya [Features of forming technogenic permeability in a coal bed roof at coal underground gasification]. *Nauchny vestnik NGU*, 2012, no. 1, pp. 23–28.
 18. Sadovenko I.A., Inkin A.V. Otsenka effektivnosti teplovogo modulya na osnove resursnogo potentsiala shakhty [Estimation thermal module efficiency on the basis of mine resource potential]. *Vestnik KNU*, 2013, no. 3, pp. 123–127.
 19. Bain J.G., Blowes D.W., Robertson W.D. Modelling of sulphide oxidation with reactive transport at a mine drainage site. *Journal of Contaminant Hydrology*, 2000, no. 5, pp. 23–47.
 20. *Flow and Transport in Fractured Porous Media*. Ed. by Teutsch G. Stuttgart, Springer Verlag, 2005. 465 p.

УДК 550.47+504.064.36

БИОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СФАГНОВЫХ МХОВ И ЭПИФИТНЫХ ЛИШАЙНИКОВ В РАЙОНАХ НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩЕГО КОМПЛЕКСА ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Межибор Антонина Михайловна,

канд. геол.-минерал. наук, доцент кафедры геоэкологии и геохимии
Института природных ресурсов ТПУ, Россия, 634050, г. Томск,
пр. Ленина, д. 30. E-mail: amezhibor@gmail.com

Большунова Татьяна Сергеевна,

инженер 1 категории отдела экологического нормирования
ОАО «ТомскНИПИнефть», 634027, г. Томск, пр. Мира, д. 72; аспирант
кафедры геоэкологии и геохимии Института природных ресурсов ТПУ,
Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, д. 30. E-mail: bts26@mail.ru

Ввиду отсутствия достаточного количества информации по загрязнению атмосферного воздуха различными химическими элементами в районах добычи нефти и газа, в том числе в Томской области, авторами был применен метод исследования загрязнения атмосферы с использованием сфагновых мхов и эпифитных лишайников. Целью исследований является оценка состояния окружающей среды в нефтедобывающих районах Томской области посредством использования биомониторов (эпифитных лишайников и сфагновых мхов). Для получения данных, зола растений была проанализирована методом ИНАА на количественное содержание в них 28 химических элементов. В результате установлено, что для лишайников характерно повышенное, по сравнению с мхами, концентрирование Sc, Br, Ce, Sn, Eu, Tb, La, Lu, Th, U, а для мхов, по сравнению с лишайниками, – Rb, Ag, Cs, Ba, Au. Содержания Na, Ca, Cr, Fe, Co, Zn, As, Sr, Sb, Yb, Hf, Ta в исследуемых образцах находится приблизительно на одном уровне. В сравнении с литературными данными для Западной Сибири и других районов мира изучаемая территория отличается повышенными концентрациями Cr, Fe, Zn, Sb, Sc, Sr, Yb, Hf, U. Это может быть обусловлено как геохимическими, географическими и климатическими особенностями исследуемой территории, так и влиянием локальных источников загрязнения атмосферы на нефтяных месторождениях.

Ключевые слова:

Нефтегазодобывающий комплекс Томской области, биомониторы, сфагновый мох, лишайники-эпифиты, концентрации химических элементов.

Для определения масштабов воздействия промышленности на окружающую среду, с целью последующей разработки мероприятий и рекомендаций по снижению этого воздействия, используются разнообразные методы и методики. Так, для

определения в составе атмосферного воздуха газообразных загрязнителей традиционно используются газоанализаторы, позволяющие определить в атмосфере содержания таких веществ, как оксиды углерода, азота, серы. Реже используются аспира-