

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА, ОХОРОНА ПРАЦІ

УДК 622.272.3: 622.418: 628.518

**Г.Г. Пивняк, академик НАН Украины,
докт. техн. наук, проф.,
В.А. Бойко, докт. техн. наук, проф.**

Государственное высшее учебное заведение
„Национальный горный университет“, г. Днепропетровск,
Украина, e-mail: rector@nmu.org.ua

АСПЕКТЫ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ПРИ ВЕДЕНИИ ГОРНЫХ РАБОТ В ГЛУБОКИХ ШАХТАХ ДОНБАССА

**G.G. Pivnyak, Academician of the NAS of
Ukraine, Dr. Sci (Tech.), Professor,
V.A. Boyko, Dr. Sci (Tech.), Professor**

State Higher Educational Institution
“National Mining University”, Dnipropetrovsk, Ukraine,
e-mail: rector@nmu.org.ua

ASPECTS OF SOLUTION OF THE PROBLEM OF ENERGY CONSUMPTION REDUCTION AT MINING IN DEEP MINES OF DONBASS

В качестве первого шага на пути решения проблемы снижения расхода энергии при добыче угля в глубоких шахтах Донбасса предложено использовать тепло Земли как альтернативный источник энергии. Рассматриваются два варианта осуществления проекта в условиях добычи угля на предельных глубинах до 1800 метров. Первый – путем заблаговременного создания горизонта подсечки ниже предельной глубины разработки, горные выработки которого осуществляют перехват и отвод тепла, идущего из недр Земли и содержащегося в породах горного отвода. Второй – за счет упорядоченного отвода и использования тепла пород горного массива, окружающего горные выработки строящейся и действующей шахты, начиная с глубины более 1000 метров. Оба варианта превращают шахту в энерготехнологический комплекс, обеспечивающий добычу угля и извлечение тепловой энергии в период отработки запасов угля шахтного поля и способный извлекать значительное количество тепловой энергии на протяжении длительного периода по окончании отработки запасов угля. Рассмотрены возможные пути использования извлекаемого тепла как источника энергии для технологических процессов и нужд шахты и энергетики: непосредственное применение низкопотенциального тепла нагретой теплоемкостью горных пород воды для нужд инфраструктуры, теплофикации коммунального хозяйства, а также парников и теплиц; для регулируемого проветривания глубокой шахты за счет тепловой тяги, формируемой орошением исходящей струи воздуха, нагретой водой; для производства холода, подаваемого в шахту, а при использовании принципа теплового насоса – для получения пара и производства электроэнергии. Приведена предварительная оценка технико-экономических показателей предлагаемого способа использования тепла Земли как источника энергии.

Ключевые слова: *естественная температура горных пород, извлечение и использование тепловой энергии Земли*

Мировая общественность все чаще испытывает тревогу и обращается к проблеме обеспечения жителей Земли энергией. Оснований для беспокойства по этому поводу действительно много. Средства массовой информации приводят сведения об уровне обеспечения энергоносителями, динамике потребления энергии различных видов и источников энергии, из которых следуют вызывающие беспокойство обоснованные выводы о том, что запасы наиболее доступных и экологически чистых источников энергии на Земле неуклонно истощаются. По общепризнанным

сведениям, оставшиеся в недрах Земли запасы нефти при современных темпах ее потребления будут исчерпаны в течение ближайших 25–30 лет, запасы природного газа иссякнут через 40–50 лет. Сокращение запасов нефти и природного газа вызвало неизбежный рост их цен на мировом рынке и борьбу за обладание источниками этого топлива. В последнее время цена барреля нефти на Нью-Йоркской бирже достигала \$140, а тысяча кубометров природного газа для Европы – до \$350. Запасы угля в недрах Земли существенно больше, и оцениваются как достаточные для обеспечения энергетических потребностей всего мирового сообщества на протяжении 200 лет. Запасы энергии распада урана оцениваются как дос-

таточные для обеспечения энергетических потребностей жителей планеты на протяжении тысячелетий, но современный уровень безопасности эксплуатации атомных электростанций, технологии хранения и утилизации отработанных ТВЭЛов вызывают серьезное беспокойство по поводу загрязнения окружающей среды.

К сожалению, приходится признавать, что эти опасения небезосновательны, и это подтверждает пугающий мировую общественность печальный опыт Чернобыльской катастрофы и аварии на Фукусиме. Полстолетия назад активно пропагандировалась идея обеспечения мирового сообщества неисчерпаемым источником энергии за счет реакции ядерного синтеза, но оказалось, что создать водородную бомбу намного легче, чем источник энергии на управляемой реакции синтеза. Пока мировая наука, несмотря на огромные затраты средств на научные исследования, не может похвалиться реальными успехами в этом направлении.

В поисках альтернативных источников энергии наукой проведена оценка размеров и возможности использования как давно известных и доступных, так и пока еще не используемых источников. В их число попали солнечная радиация, гидроэнергия рек, энергия приливов и отливов мирового океана, его тепловая энергия, энергия ветра и тепловая энергия недр Земли. Огромные объемы энергии солнечного излучения, попадающего на Землю, оценены как достаточные для удовлетворения всех энергетических нужд мирового сообщества. Но они обладают рядом существенных недостатков, в числе которых непостоянство во времени в течение суток и года, необходимость и сложность хранения полученной от Солнца энергии, существенное сокращение достигающего поверхности Земли светового потока из-за загрязнения окружающей среды. Гидроэнергия рек невелика по объему, ее накопление и использование сопряжены со значительными потерями поверхности земли под водоемами, а в последнее время в ряде случаев признаются нерациональными по влиянию на климат прилегающих ареалов. Энергия ветра находит все большее применение, но тоже страдает непостоянством во времени, сложностью хранения и ограниченной мощностью единичных генераторов электроэнергии. Использование огромной по масштабам энергии приливов и отливов вод мирового океана сопряжено с большими затратами на сооружение приливных электростанций и дамб их водохранилищ, небольшими перепадами давления воды и неизбежными длинными линиями передач выработанной электроэнергии к потребителям. Что касается тепла Земли, то пока оно использовалось лишь в небольших масштабах в виде нагретой воды и пара в районах активной вулканической деятельности.

Следует признать, что мировая наука уделяет должное внимание изучению строения Земли и происходящих в ней процессов, но пока еще добилась немногого. По опубликованным в различных источниках данным, возраст Земли составляет от 3 до 9 миллиардов лет. Оценка потерь тепла раскаленной

массы при образовании планеты Земля показывает, что раскаленный шар со средним радиусом 6371 км, каким была Земля при ее рождении, должен был превратиться спустя 130–150 миллионов лет после его образования в абсолютно холодное космическое тело. Но Земля на протяжении всего времени своего существования излучает тепло в окружающее пространство и остается нагретой. Отсюда следует, что она содержит мощный, длительно действующий внутренний источник энергии. Наука пока не пришла к определенному выводу о локализации этого источника (во внутренней массе или наружных слоях Земли), но единодушна во мнении, что тепло Земли есть результат реакции распада радиоактивных изотопов. Литосфера Земли имеет сложное блочное строение, а на глубине более 45–50 километров от дневной поверхности находится расплавленная магма с температурой выше 1250–1300°C.

Имеющиеся на Земле источники энергии принято делить на исчерпаемые (невозобновляемые) и возобновляемые. К невозобновляемым отнесены земные запасы газа, нефти, угля, а к возобновляемым – энергия ветра, воды, солнечная энергия и синтезированная с ее участием энергия растений. Действующий в Земле источник энергии отличается гигантской мощностью и огромным ресурсом времени (если он уже просуществовал несколько миллиардов лет, то нет оснований полагать, что иссякнет в обозримом будущем). По своей природе генератор тепла Земли использует реакцию распада радионуклидов, запасы и физика процессов образования которых науке пока не известны. Принято считать, что Земля обладает мощным внутренним источником тепла необозримо длительного периода действия. Прогресс науки и техники мирового сообщества Земли вполне резонно привел к выводу о необходимости оценки ее энергетического потенциала и рациональных, с точки зрения технологии, экономики и влияния на окружающую среду, методов использования тепловой энергии Земли. К сожалению, в этом направлении пока высказаны лишь первые общие предложения по использованию внутреннего тепла Земли для нужд мирового сообщества. Например, предложение бурить глубокие скважины в зоне трещиноватых горных пород, осуществлять гидроразрыв горных пород и создавать зону циркуляции воды и выноса тепла Земли [1] трудно реализуемо технически, а полученные таким способом источники тепла нестабильны по параметрам во времени. Скважины выноса нагретой воды без их дополнительной теплоизоляции не могут обеспечить высокой эффективности извлечения тепла на дневную поверхность, а для обеспечения их теплоизоляции должны иметь достаточно большие диаметры, что сопряжено со значительными затратами и трудностью их проведения. Готовых отработанных технологий извлечения и использования тепла недр Земли пока не создано. Целевое развитие научно-прикладных исследований по разработке основ использования тепла Земли для нужд мирового сообщества, рациональных методов и средств его пре-

вращения в удобные для передачи к местам потребления и хранения виды энергии не осуществлено. Выполнение такого комплекса, безусловно, нужных для всего мирового сообщества научно-прикладных работ непосильно по объемам затрат даже для отдельно взятых развитых стран золотого миллиарда, а вопрос постановки этой проблемы как целевой для всего мирового сообщества – требует проведения больших организационных усилий со стороны Организации Объединенных Наций по созданию фонда финансирования, научного центра, способного решать конкретные задачи проблемы, и не может быть решен в короткие сроки даже при наличии необходимых для этого условий.

В сложившейся ситуации целесообразно делать первые практические шаги по использованию тепла недр Земли в направлении создания сопутствующих технологий добычи полезных ископаемых на больших глубинах. Уход горных работ на большие глубины является неизбежным результатом процессов по добыче полезных ископаемых из недр Земли. В настоящее время горные работы по добыче алмазов, золота, угля, полиметаллических руд в ряде стран ведутся на глубинах до 4 км, а в ЮАР, на руднике Western Deep Levels, приближаются к 5 км. Высокая температура горных пород и выделяемое горным массивом тепло стали труднопреодолимым препятствием для горняков. Для создания тепловых условий, приемлемых для пребывания и работы человека в горных выработках глубоких шахт и рудников, приходится затрачивать огромные средства на создание мощных систем вентиляции и кондиционирования, требующих для своего функционирования не только огромных затрат на технические средства его осуществления, но и колоссального расхода непрерывно возрастающей в цене электроэнергии. Характерной особенностью всех созданных для горных работ систем нормализации тепловых условий труда является оценка выделяющегося в горные выработки тепла как вредности, с которой неизбежно необходимо вести непрерывную длительную дорогостоящую войну. Но пока четко не высказаны мысли о возможности использования выделяющегося в горные выработки тепла недр Земли как союзника шахтера и возможно-го альтернативного источника энергии для обеспечения комфортных санитарно-гигиенических условий труда для горнорабочих.

Особо неблагоприятные тепловые условия труда в горных выработках имеются в Донбассе, где горные работы ведутся уже на глубинах 1400 м, а в перспективе потребуются извлекать крайне необходимый стране, пригодный для коксования уголь на глубине до 1800–1900 м при температуре горного массива около 75÷80°С.

Статистика свидетельствует, что, достигнув в начале 1970-тых максимального уровня добычи угля 218 млн т., Донбасс уже к моменту развала СССР снизил уровень добычи до 174 млн т. в год. За годы независимости Украина еще сократила уровень добычи угля и за год добывает сейчас лишь 65–

70 млн т. каменного угля и около 20 тыс. т. бурого. За эти годы промышленность и энергетика Украины, к сожалению, не стали энергосберегающими, так как технология производства чугуна, стали и проката, которые являются источником получения валюты на международном рынке, за последние полвека не претерпели существенных изменений. В итоге для производства идущей на экспорт продукции страна вынуждена покупать энергоносители – уголь, газ, нефть. Курс на сокращение потребления газа в энергетике привел к некоторому улучшению ситуации. Украина за последние два года снизила уровень потребления газа почти на 40 млрд кубометров, но из потребляемых сегодня 60 млрд кубометров природного газа добывает только третью часть необходимого, остальной приходится покупать по значительно возросшим ценам, грозящим в ближайшем будущем достичь \$500 за тысячу кубометров. Добыча нефти покрывает лишь шестую часть ее потребности, объемы закупок угля России, Польши и Германии достигают 40÷45 млн т. в год. В условиях экономического кризиса быстрый переход Украины на наукоемкие и энергосберегающие технологии и рост экспорта (а, следовательно, и валютных поступлений для оплаты энергоносителей) весьма проблематичны, что с особой остротой ставит задачу решения проблемы обеспечения Украины энергоносителями за счет собственных ресурсов. На данном этапе развития народного хозяйства первоочередным источником энергии для Украины остается уголь, общие запасы и ресурсы которого, оцениваются величиной 116 млрд т. Этих запасов, даже при условии увеличения уровня добычи угля до 160–180 млн т. (с учетом его энерготехнологической переработки для покрытия потребностей в газе и топливе для двигателей внутреннего сгорания), достаточно для обеспечения энергетических нужд страны на протяжении более чем 500 лет. По запасам угля в недрах земли на душу населения Украина обеспечена в 2,5 раза лучше, чем мировое сообщество в целом, поэтому на современном этапе рационально решать энергетические проблемы Украины за счет угля, а на будущее оставить огромные запасы энергии атомного распада урана. Есть надежда, что задачу разработки новых ядерных реакторов для АЭС Украина выполнит и научится безопасно использовать атомную энергию, как энергию распада, так и энергию управляемого ядерного синтеза.

Однако извлечение имеющихся в Украине запасов угля представляет отнюдь не простую задачу. Пресса и телевидение постоянно информируют общественность об авариях на шахтах у нас и за рубежом, связанных со взрывами метана и угольной пыли, выбросами газа, угля и породы, обрушениями горных пород, отравлениями. На Украине не сообщается о гибели шахтеров от сердечно-сосудистой недостаточности, связанной с высокими температурами в очистных и подготовительных забоях, хотя численность погибших по этой причине сравнима с таковой от аварий. Уже на глубине 650–700 м температура воздуха в горных выработках на шахтах Донбасса дос-

тигает предельно допустимых по санитарным нормам 26°C. Эту глубину перевалили более половины шахт Донбасса, 44 шахты уже работают на глубинах более 1000 м, а 4 шахты ведут горные работы на глубине более 1400 м, где температура горных пород достигает 45÷50°C. До 1990 года обеспечить нормальные тепловые условия труда в глубоких шахтах помогали холодильные установки. В настоящее время из имевшихся на 57 шахтах Донбасса холодильных установок только на 2 шахтах („Им. А.А. Скочинского“ и „Им. А.Ф. Засядько“) сохранились такие системы, на остальных – демонтированы и бесследно исчезли. Необходимой для нормализации тепловых условий в глубоких шахтах мощной холодильной техники Украина не производит и в обозримом будущем не может освоить. Валюты на приобретение ее не имеет. Однако проблема кондиционирования воздуха в глубоких шахтах Донбасса осложнилась не только этими факторами, но и непомерно возросшей (и продолжающей возрастать) стоимостью электроэнергии. На ряде шахт Донбасса расход электроэнергии на тонну добываемого угля уже превышает 150 кВт-ч, причем около 60% этой энергии расходуется на проветривание шахт. На 2 глубоких шахтах с действующими системами кондиционирования воздуха в горных выработках удельный расход электроэнергии на вентиляцию и кондиционирование достигает 70% от общешахтного ее потребления. Рост стоимости электроэнергии влечет возрастание себестоимости добываемого угля и, являющуюся специфической чертой экономики Украины, перманентную цепную реакцию возрастания стоимости производимой предприятиями промышленной продукции, товаров народного потребления, транспорта, коммунальных услуг.

В [2] показано, что, даже при приемлемой по величине и постоянной во времени цене электроэнергии, применение традиционных схем нормализации тепловых условий в шахте при подготовке и отработке угольных пластов на предельных глубинах, при температуре горных пород 72°C, оказывается неприемлемым из-за длительного срока выноса содержащегося в массиве горных пород запаса тепла, непрерывно пополняемого тепловым потоком из недр Земли. Если попытаться снизить температуру горного массива глубокой шахты на предельной глубине залегания разведанных запасов угля за счет выноса содержащегося в нем запаса тепла охлажденным до 2°C воздухом, то, при предельных скоростях движения воздуха по стволам и максимальном диаметре ствола 8 м из-за малой теплоемкости воздуха, на охлаждение массива горных пород блока глубокой угольной шахты до температуры 26°C потребуются период времени порядка 260 лет. Расход электроэнергии на нормализацию тепловых условий только одной шахты предельной глубины в Донецко – Макеевском районе с размером шахтного поля 2500x5000 м составит около 70–75 млрд кВт-ч. Мало того, что стоимость этой электроэнергии составит астрономическую сумму и ляжет тяжелым бременем на себестои-

мость добываемого угля, так еще и окажется, что вся эта электроэнергия, вместе с извлеченным из горного массива теплом, улетит бесполезно с проветривающим шахту воздухом в окружающий Землю воздушный океан. Понятно, что попытка извлечения тепла Земли и нормализации тепловых условий в горных выработках на предельных глубинах залегания разведанных запасов угля средствами вентиляции и кондиционирования воздуха заведомо обречена на провал из-за гигантского расхода электроэнергии и длительности процесса охлаждения горного массива. Следует отметить, что на действующих шахтах, применяющих кондиционирование воздуха на глубоких горизонтах, воздухом выносятся лишь часть содержащегося в горном массиве тепла, поскольку процесс теплопередачи осуществляется от поверхности нагретого тела к воздушной среде. В этом случае горный массив препятствует интенсивному выносу тепла через образующиеся вокруг выработок тепловыравнивающие рубашки горных пород, мощность которых, по данным исследований школы акад. А.Н. Щербаня, возрастает во времени, но за срок существования шахты не превышает 50 м. Приведенные выше цифры расхода электроэнергии на вынос тепла всего горного массива и длительность периода его охлаждения получены по результатам предварительного теплового расчета и свидетельствуют лишь о неприемлемости для глубоких шахт, ставшего традиционным для шахт средней глубины, способа нормализации тепловых условий за счет подачи в шахту охлажденного воздуха и выноса им тепла, выделяющегося в горные выработки шахт. На данном этапе выемки угля на больших глубинах тепло горного массива рассматривается как вредный фактор, но пока не сделаны реальные попытки изменить стратегию и тактику борьбы с ним, снизить стоимость нормализации тепловых условий в горных выработках глубоких шахт и использовать тепло горных пород на пользу обществу. Приводимые ниже соображения и выкладки ни в коей мере не претендуют на глобальные решения и показатели, так как рассматривают лишь небольшой аспект проблемы использования тепла Земли, как альтернативного источника энергии, применительно к технологии ведения горных работ по добыче каменного угля. Тем не менее, если использование предлагаемых ниже способа и средств нормализации тепловых условий в горных выработках глубоких шахт, при существенном сопутствующем управляемом выносе тепла горного массива для его использования, позволят получить существенный технико-экономический эффект, то они могут явиться первым реальным шагом в использовании тепла недр Земли для нужд народного хозяйства Украины и убедительным наглядным примером для других стран.

Достижение поставленной цели максимального извлечения тепла горного массива и его использования при минимальных затратах возможно за счет нескольких операций, благоприятно изменяющих характер и параметры имеющих место в шахте термодинамических процессов, а именно [3]:

- извлечения и доставки на дневную поверхность тепла горного массива, окислительных процессов и выработанного при выполнении технологических процессов по добыче и транспортировке полезного ископаемого за счет электроэнергии, израсходованной для питания приводов машин и механизмов;
- прекращения расхода энергии на компенсацию нагрева рудничного воздуха за счет его адиабатного сжатия;
- использования извлеченного в шахте тепла массива горных пород для нагрева хладагента в системе получения холода;
- экономии электроэнергии на проветривание сети горных выработок за счет использования системы управляемой тепловой тяги воздуха;
- экономичного по затратам энергии и приемлемого для последующей утилизации способа доставки низкопотенциального тепла горных выработок на дневную поверхность;
- применения рациональных методов непосредственного использования извлеченного из шахты низкопотенциального тепла или повышения его теплового потенциала.

Решение всего комплекса задач или отдельных из них зависит от требуемого срока реализации и разме-

ра финансирования, выделенного на решение научно-прикладных исследований, и может осуществляться по двум схемам:

1. Проектируется и строится, с учетом решения задачи нормализации тепловых условий в горных выработках и использования тепла Земли, новая глубокая шахта.

2. Отрабатываются отдельные элементы системы использования тепла недр Земли на одной или нескольких действующих глубоких шахтах.

По первой схеме предусматривается перехват поступающего из недр Земли тепла системой выработок горизонта подсечки, пройденных за пределами блока шахты, но не связанной с горными выработками, предназначенными для отработки угольных пластов.

Поскольку выработки системы отвода тепла будут заполнены водой, с целью предотвращения прорыва воды в горные выработки действующей шахты они вынесены на безопасное расстояние за пределы блока шахты. Приведенная ниже (рис.1) система отвода тепла имеет два горизонта – нижний, предназначенный для извлечения из горного массива тепла, поступающего из недр Земли, и верхний, предназначенный для накопления и хранения извлекаемого тепла при его сезонном использовании.

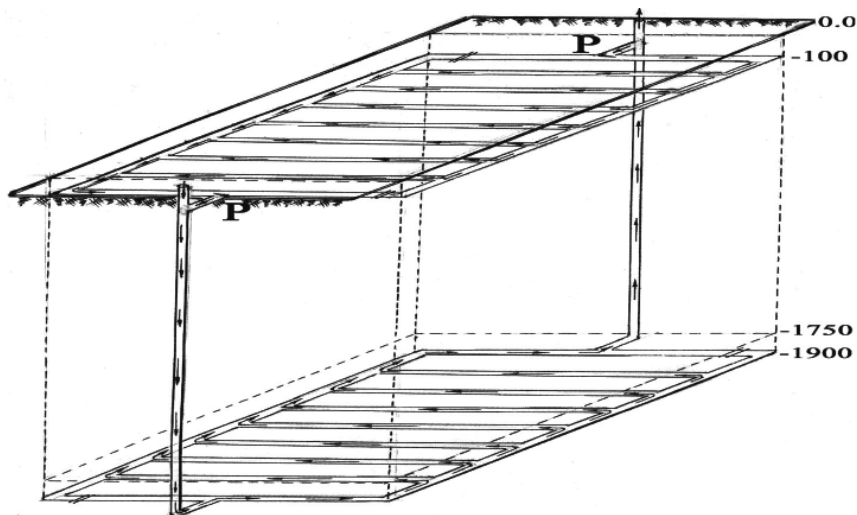


Рис.1. Система отвода тепла Земли при отработке блока глубокой шахты

Вынос тепла глубоких горизонтов предусмотрен за счет действия архимедовых сил всплытия нагретой воды без применения насосов. Подача охлаждающей воды предусмотрена через более глубокую скважину блока подсечки. При непрерывном использовании нагретой воды верхний горизонт не требуется. Поступающая с горизонта подсечки вода будет иметь температуру около 65°C, равную нормируемой для подачи в системы отопления жилых и промышленных зданий, поэтому никакой дополнительной обработки, кроме защиты от чрезмерных минеральных загрязнений, не потребуется. Схема отвода тепла Земли, при правильно спроектированной и эксплуатируемой системе, окажется весьма простой и экономичной, поскольку не потребует дополнительного оборудования и расхода электроэнергии

ни на циркуляцию охлаждающей воды, ни на дополнительное охлаждение подсеченного горного массива блока, поскольку при заблаговременной подсечке содержащееся в массиве блока тепло будет уходить по горным породам массива: часть – вверх, по направлению к дневной поверхности, на излучение в окружающую среду, часть – вниз, к горным выработкам подсечного горизонта, где тепло поступит к циркулирующей по ним охлаждающей воде и будет вынесено ею на дневную поверхность для использования.

Сложными задачами, которые возникнут при реализации этого варианта на стадии проектирования, окажутся расчет оптимальных параметров сети горных выработок подсечного горизонта, а на стадии его сооружения – проведение и крепление выработок в условиях

высоких (достигающих 75°C) температур горных пород. Несомненно, с учетом длительного использования системы выработок подсечного горизонта по окончании горных работ по выемке запасов угля в пределах шахтного поля, все выработки подсечных горизонтов должны быть в рабочем состоянии и объединены в общую сеть с циркуляцией воды, выносящей на дневную поверхность тепло недр Земли через участок бывшего шахтного поля площадью около 12,5 км². Тепловой поток через такую территорию оценивается величиной порядка 500 млн ккал/час. Понятно, что для решения задач проведения и крепления горных выработок в нагретом горном массиве потребуются создание робототехники и средств обеспечения нормальных климатических условий для персонала в период ее наладки и обслуживания. На первом этапе проведения работ в качестве таковых могут быть использованы газотеплозащитные аппараты горноспасателей, обеспечивающие возможность работы человека в газовой среде с температурой до 125°C. Заметим, что работы по созданию системы горных выработок подсечного горизонта для перехвата тепла недр Земли не связаны с технологическими процессами выемки угольных пластов на глубоких горизонтах и не создают помех их осуществлению, но должны быть увязаны по времени с тем, чтобы к моменту достижения глубины ведения горных работ эксплуатационной шахты 700÷800 метров была готова и начала функционировать система выноса тепла на горизонте подсечки.

При втором варианте осуществления процесса извлечения и выноса тепла из горного массива дополнительные работы по подготовке горизонта подсечки и выноса тепла горного массива не требуются до достижения той же глубины ведения горных работ (700÷800 метров), после чего осуществляются параллельно и синхронно с подготовкой горных выработок, используемых как для технологических процессов проветривания шахты и транспорта добытого полезного ископаемого, так и для выноса на дневную поверхность тепла, извлекаемого из горных пород и образовавшегося при ведении технологических процессов и окислении угля. Функции обеспечения нормальных тепловых и безопасных по предотвращению образования опасных концентраций метана до глубины 700÷800 м выполняет воздух (вентиляция). По достижении этой глубины вентиляция продолжает выполнение функций борьбы с метаном и пылью, частично осуществляет нормализацию тепловых условий, но при добыче угля на глубоких горизонтах основная задача выноса тепла горных пород, содержащегося в пределах горного массива шахтного поля и поступающего в горные выработки из недр Земли, возлагается на воду [3]. При отработке запасов угля на глубинах от 700 до 1000 м нормализацию тепловых условий труда можно обеспечить без ощутимых затрат энергии за счет применения системы ПТВ (предварительного тепло-влажностного насыщения) воздуха в горных выработках действующего горизонта в сочетании с подачей холода с дневной поверхности, а при необходимости нормализации микроклимата в забоях подготовительных выработок – с применением местных либо группо-

вых холодильных машин, обеспечивающих подачу холода в радиационные кондиционеры. Функция доставки холода с дневной поверхности в околоствольный двор действующего горизонта для нейтрализации нагрева свежей струи за счет адиабатного сжатия и выноса выделившегося в горные выработки из горного массива тепла возлагается на воду, циркулирующую в проложенном в подающем и скиповом стволах U-образном термоизолированном трубопроводе. Получение холода осуществляется с помощью абсорбционной холодильной установки, использующей водный раствор аммиака или бромисто-литиевого калия, расположенной на дневной поверхности вблизи выходов шахтных стволов. Снабжение теплом, необходимым для работы абсорбционной холодильной установки, осуществляется за счет циркуляции в ее змеевике нагретой шахтным теплом воды, поступившей по трубопроводу скипового ствола. При недостаточном количестве этого тепла (что может иметь место в начальный период работы при добыче угля на глубине 700–800 метров) осуществляется дополнительный нагрев питающей абсорбционную бромисто-литиевую холодильную машину (АБХМ) воды в шахтной котельной за счет сжигания некондиционного угля или метана системы дегазации. Низконапорный насос подачи охлаждающей воды в трубопровод клетового ствола должен быть установлен на дневной поверхности и создавать напор, компенсирующий лишь потерю давления на трение воды о стенки трубопровода на участке „теплообменник испарителя холодильной установки – трубопровод в клетовом стволе – трубопровод в околоствольном дворе, в выработке клетового ствола – герметичный водяной теплообменник (передачи холода) – трубопровод к герметичному водяному теплообменнику вблизи скипового ствола (сбора шахтного тепла) – трубопровод отвода нагретой воды в скиповом стволе“.

При отработке более глубоких горизонтов (предположительно, начиная с глубины 1000 метров) потребуются соорудить дополнительную комбинированную гидросистему доставки холода в шахте и отвода тепла, извлекаемого из горного массива подготавливаемого нового горизонта к теплообменнику трубопровода в скиповом стволе. Из условий экономии расхода энергии на циркуляцию воды, она также должна быть, по возможности, замкнутой. Выполнение требований обеспечения экономии электроэнергии на циркуляцию воды в гидросистеме холодопдачи и теплоотвода сопряжено с необходимостью применения дополнительных устройств – высоконапорных теплообменников, расположенных в шахте, в районе рудничного двора. Установка этих аппаратов, безусловно, потребует дополнительных затрат, но окупится экономией энергии на циркуляцию воды в гидросистеме с уравновешенным давлением столба воды в подающей и отводящей ветвях и исключением необходимости очистки циркулирующей воды. Два теплообменника на горизонте околоствольного двора потребуются сооружать на соединительной горизонтальной выработке между стволами шахты. Назначение первого – обеспечить подачу холода для компенсации тепла адиабатного сжатия свежей струи и для нормализации тепловых условий в горных выработках

действующего горизонта, обеспечивающего добычу угля и расположенного ниже подготавливаемого горизонта. Структура этого пункта будет определяться конкретными горнотехническими условиями, но должна обеспечить передачу холода, поступившего с дневной поверхности, воде, используемой в системе низкого давления для охлаждения воздуха действующего горизонта и отвода тепла строящегося горизонта. Предположительно, система раздачи холода будет содержать открытый форсуночный воздухоохладитель для осуществления предварительного тепловлагонасыщения воздуха, поступающего к действующим добычным участкам, и магистраль подачи охлажденной воды на строящийся горизонт. Не предваряя пока способа и средств нормализации тепловых условий и отвода тепла горного массива строящегося горизонта, укажем лишь на возможность и необходимость выполнения первым пунктом функций подачи повышенного количества холода с дневной поверхности в холодный период года и подачи для последующего распределения холода, обеспечиваемого установленной на горизонте околоствольного двора холодильной установкой.

Пункт теплообмена у входа на скиповый ствол должен выполнить функцию передачи воде замкнутой гидросистемы тепла, полученного системой нормализации тепловых условий в горных выработках действующего и строящегося горизонтов, для выноса его на дневную поверхность. Для выполнения этой функции тепло исходящей воздушной струи должно быть извлечено с помощью форсуночных воздухоохладителей и передано воде в теплообменнике высокого давления. Сюда же поступит доставленное водой тепло конденсации холодильной установки (при использовании таковой в шахте) и тепло из магистрали отвода нагретой воды, подававшейся для охлаждения строящегося горизонта. Так как исходящая струя воздуха при подъеме на дневную поверхность будет охлаждаться за счет адиабатного расширения, то для сохранения и доставки в теплообменные аппараты на дневной поверхности полученного в горных выработках тепла трубопровод гидромагистрали в скиповом стволе должен быть теплоизолирован. Понятно, что тепло, вынесенное водой, циркулирующей в гидросистеме стволов шахты, будет низкопотенциальным и в ряде случаев не может быть использовано непосредственно. Однако это тепло уже аккумулировано водой, объем которой в тысячи раз меньше объема исходящей воздушной струи шахты, а качество его может быть повышено за счет применения теплового насоса. Решение задачи получения экономного по затратам энергии холода для подачи его в шахту, использования тепла, выносимого на дневную поверхность нагретой водой, и повышение теплового потенциала нагретой воды (включая и получение пара) осуществимо с помощью одной и той же абсорбционной холодильной установки. Впервые в практике нормализации микроклимата в горных выработках глубокой газовой шахты абсорбционная бромистолитиевая установка АБХМ применена специалистами школы академика А.Н. Щербаня

на шахте 1–2 „Горская“ треста „Первомайскуголь“. Схема такой установки представлена на рис. 2.

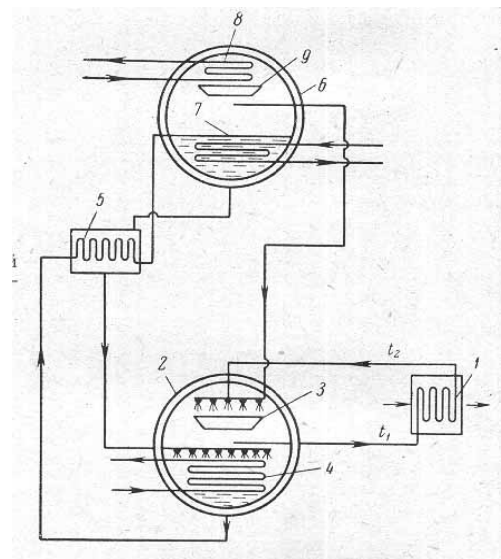


Рис. 2. Схема установки АБХМ

В АБХМ вода из воздухоохладителя 1 поступает в абсорбер 2, в котором разбрызгивается концентрированный раствор бромистого лития. Вследствие различия упругости пара воды и раствора происходит интенсивное испарение воды и ее охлаждение. Охлажденная вода собирается в поддон 3 и снова направляется в систему кондиционирования воздуха – в воздухоохладитель 1. Вследствие поглощения водяного пара концентрация раствора бромистого лития падает, а температура его возрастает. Разбрызгиваемый раствор охлаждается змеевиками 4 с холодильной водой. Слабый раствор из абсорбера отводится через теплообменный аппарат и кипятильник (генератор) 6, в котором осуществляется нагрев раствора с помощью змеевика 7, по которому циркулирует горячая вода или пар. В верхней части кипятильника находится змеевик с холодной водой, осуществляющий конденсацию паров воды, выделившейся при нагревании раствора в генераторе. Конденсат собирается в поддоне 9 и используется для пополнения запаса воды, циркулирующей в системе кондиционирования воздуха. Нагретый концентрированный раствор, направляясь через теплообменник к абсорберу, несколько охлаждается, отдавая часть тепла слабому раствору, подаваемому в генератор.

Меньшей по габаритам и весу (но более энергоемкой по потреблению электроэнергии) окажется используемая в режиме теплового насоса установка, работающая на фреоне R12 или его аналоге. Такая установка, в отличие от стандартных холодильных компрессионных холодильных установок, может выполнять функции повышающего температурный потенциал термотрансформатора либо в качестве использующего неводной пар турбогенератора электроэнергии.

Применение такой установки может оказаться целесообразным при отсутствии повышенной подачи нагретой воды в летнее время. В отличие от стан-

дартных холодильных машин, такая установка не нуждается в крупногабаритных компрессорах или турбокомпрессорах. Поскольку рабочим агентом в ней используется жидкий фреон, то циркуляцию его осуществляет насос с герметизированными фланцами. Схема установки приведена на рис. 3.

Установка сравнительно проста по конструкции, разработана ВНИИхолодмашем и впервые использована при создании электростанции, утилизирующей тепло горячей воды на Паратунском геотермальном месторождении Камчатки. Установка содержит обогреваемые нагретой водой поверхностные теплопароперегреватель фреона 1, испаритель фреона 2, последовательно включенные нагреватели жидкого фреона 3. Жидкий фреон поступает на вход питающего насоса 4 из линейного ресивера 5, куда он попал после прохода паров перегретого фреона через рабочее колесо турбины 7 и ожиджения в конденсаторах 8. Установка имеет два контура циркуляции воды – нагретой (с температурой до 80°C) и охлаждаемой, обеспечивающей конденсацию паров фреона при температуре до 15°C. Давление перегретого пара фреона достигает 1,2–1,4 МПа, температура – плюс 65–75°C. После дросселирования в турбине давление пара фреона снижается до 0,4–0,5 МПа, конденсация происходит при температуре 12–15°C. Номинальная мощность генератора турбины составляет 750 кВт.

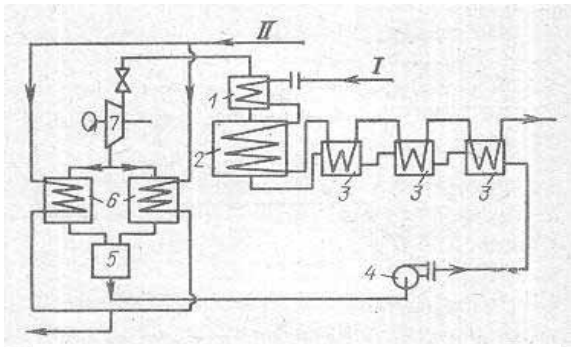


Рис. 3. Схема теплового насоса на фреоне 12

В настоящей работе не приводятся схемы и способы нормализации тепловых условий в горных выработках глубоких шахт в период их проходки. Такие исследования выполнены в Национальном горном университете. Предложен и аналитически обоснован способ ускоренного формирования теплоуравнивающих оболочек вокруг горных выработок, позволяющих при сравнительно небольшой толщине оболочек в несколько раз сократить величину удельного теплопритока в горные выработки. Обоснован переход на подачу водой основного количества холода, необходимого для ускоренного охлаждения горного массива теплоуравнивающей оболочки вокруг горной выработки. Нормализацию тепловых условий в горных выработках глубоких шахт предложено осуществлять за счет применения комплекса мероприятий, включающего защиту от инфракрасного излучения поверхности нагретого горного массива с помощью радиационного кондиционера, охлаждение

свежевысврытой поверхности горной выработки орошением за оболочкой кондиционера и орошения поверхности призабойного участка выработки, а также предварительное охлаждение горных пород теплоуравнивающей оболочки горной выработки за счет применения водоохлаждаемой скважины, опережающей забой подготовительной выработки.

Некоторые результаты исследований по перечисленным выше предложениям содержатся в источниках, приведенных в списке литературы [4, 5].

Предлагаемые способы и средства нормализации тепловых условий в горных выработках глубоких шахт Донбасса призваны решить, в первую очередь, задачу обеспечения возможности доступа и работы горнорабочих для выполнения технологических процессов проведения горных выработок и последующей выемки угля в очистных забоях. Специфической особенностью предложенных технических решений по нормализации тепловых условий в горных выработках глубоких шахт является обеспечение возможности ведения горных работ без применения дорогостоящей зарубежной холодильной техники для кондиционирования воздуха в шахтах. Украина сможет решать задачи ведения горных работ в глубоких шахтах за счет использования устанавливаемых на дневной поверхности мощных холодильных установок, выпускаемых в стране для нужд химической промышленности и централизованного хранения продуктов питания. Освоенные промышленным выпуском, разработанные ООО „Холодмаш“ водоохлаждающие машины МХРВ-1, обеспечивающие подачу холода в 1 МВт, при применении предлагаемой НГУ технологии нормализации тепловых условий в горных выработках глубоких шахт, способны обеспечить необходимые параметры микроклимата для ведения работ по сооружению длинных горных выработок без применения нескольких передвижных кондиционеров, необходимость расположения которых вблизи зоны ведения горных работ сильно осложнялась ограниченной площадью поперечного сечения применяемых в Украине типовых горных выработок.

Понятно, что для охлаждения горного массива теплоуравнивающей оболочки вокруг горной выработки требуется подать значительное количество холода. При формировании ТО за счет охлаждения горных пород проветриваемым горные выработки воздухом, в применяемых стандартных схемах кондиционирования воздуха в глубоких шахтах, этот холод обеспечен за счет работы холодильных установок, на что затрачено значительное количество электроэнергии. Извлеченное из горного массива тепло выносится на дневную поверхность воздухом и выбрасывается в окружающую среду, то есть, безвозвратно теряется, а процесс формирования ТО продолжается многие годы. При предлагаемых НГУ способах и схемах нормализации тепловых условий, водой может быть доставлен в горные выработки естественный холод зимнего периода или водоносных горизонтов. Извлеченное из горного массива тепло выносится на дневную поверхность сравнительно небольшим объемом нагретой воды и может быть ис-

пользовано для получения холода, технологических и теплофикационных нужд, энергетики. При формировании ТО горной выработки с применением опережающей забой подготовительной выработки, в зависимости от желаемого размера оболочки, требуется обеспечить интенсивную подачу холода. Расчеты показывают, что для формирования погонного метра ТО диаметром 20 м в горных породах с естественной температурой 70°C потребуется извлечь, в зависимости от типа пород, до 7–8 млн ккал тепла, но расход энергии на эти цели многократно окупается за счет исключения потерь холода при его доставке воздухом, немедленного вслед за формированием ТО 3÷5 кратного уменьшения удельного теплового потока в горную выработку даже без учета использования извлеченного тепла горного массива.

Заканчивая изложение возможных способов извлечения тепла Земли в зоне расположения глубоких шахт, следует отметить, что оба упомянутые выше способа охлаждения горных пород, для обеспечения возможности ведения горных работ в глубокой шахте, дают возможность осуществлять длительное извлечение тепла Земли после окончания выемки запасов угля в шахтном поле. Физической предпосылкой осуществления такого процесса является упомянутое выше, действующее уже миллиарды лет, явление радиоактивного распада в Земле. Из зоны расплавленных магматических пород тепло Земли поступает к дневной поверхности, излучается в окружающее космическое пространство. По оценке признанного мировой научной общественностью английского астрофизика Б. Гуттенберга, Земля ежегодно излучает в мировое пространство энергию в 2×10^{20} Дж, эквивалентную количеству тепла, которое можно получить при сжигании 18 млрд т. нефти. Эта энергия проникает как через литосферу Земли, так и через водную толщу мирового океана. Толщина литосферы и, как следствие, термическое сопротивление по площади Земли неодинаковы, поэтому интенсивность излучения отдельных участков поверхности Земли также различна. Средняя интенсивность излучения Земли определена как частное от деления количества излучаемой ею энергии на величину площади поверхности Земли и составляет $1,6 \times 10^{12}$ Дж/год·км². Площадь поверхности горного отвода рассматриваемой нами шахты составляет 12,5 км², суммарная величина теплового излучения Земли с этой поверхности до начала ведения горных работ составляла 2×10^{13} Дж·год. Переведенная в более привычные для горняков единицы тепловой энергии, суммарная величина теплового потока излучения Земли с поверхности горного отвода шахты составит $4,8 \times 10^9$ ккал в год. Для получения такого количества энергии необходимо сжечь 800 тонн условного топлива. Ведение горных работ и связанное с ним нарушение термического сопротивления обрабатываемых участков шахтного поля в какой-то степени уменьшало интенсивность излучения шахтного поля. Однако, по окончании отработки запасов шахтного поля, спустя некоторый промежуток времени, оно восстановится практически в прежних размерах. Нарушенная часть горного массива имеет повышенную пористость. Пустоты ее заполняются водой нарушенных горными работами водяных пластов.

Глубже самого нижнего горизонта отработки вода не проникает. После восстановления, близкого к первоначальному распределению температур и тепловых потоков в зоне выработанного пространства, заполнившая пустоты вода будет иметь температуру, близкую к естественной температуре горных пород на глубине залегания самого нижнего отработанного пласта. Если равномерно откачивать нагретую воду в объеме, осуществляющем вынос тепла, равный его притоку из недр Земли, то температура воды будет оставаться постоянной. В системе охлаждения с подсечным горизонтом проблем с отводом нагретой воды не возникнет, так как ее течение будет поддерживаться за счет разности давлений столбов подаваемой в приточную скважину холодной воды и уходящей по выдающей скважине подогретой. Срок действия системы отвода нагретой воды будет определяться длительностью сохранения отводящих ее каналов. Если подсечной горизонт будет осуществлен за счет проходки скважин методом проплавления, то срок его существования ожидается достаточно большим, поскольку высокая прочность проплавленных горных пород сохранит их устойчивость. Для второй схемы охлаждения придется сохранять некоторые стволы бывшей шахты и осуществлять откачку воды по теплоизолированным ставам, прибегая, в случае изменяющегося уровня заполняющей отработанные объемы горных пород воды, к применению подвесных насосов, подающих нагретую воду на ближайший горизонт с сохранившимся водоотливным комплексом.

Выводы. Украина в настоящее время испытывает острую нужду в энергоносителях и должна в короткие сроки решить проблему их обеспечения собственными силами. При современном состоянии разведки и добычи полезных ископаемых наиболее перспективным и осуществимым направлением решения проблемы является повышение уровня добычи каменного угля в Донецком бассейне.

По затратам времени и средств на решение проблемы повышения уровня добычи каменного угля на 40–45 млн т., исключая необходимость его закупки за рубежом, наиболее приемлемым является восстановление его добычи на шахтах повышенной глубины, имеющих значительные разведанные и вскрытые запасы, но резко сократившим или прекратившим горные работы из-за ухудшения тепловых условий, вызванных прекращением функционирования систем кондиционирования воздуха в шахтах.

Отсутствие в Украине производства пригодных для систем центрального кондиционирования холодильных машин и валюты для их приобретения за рубежом не позволяет восстановить исчезнувшие за годы независимости на 55 шахтах Донбасса системы кондиционирования воздуха. Однако опыт осуществления мероприятий по нормализации тепловых условий в глубоких шахтах Германии, Великобритании и рудниках ЮАР, Индии показывает, что даже наличие современных мощных холодильных установок на базе винтовых компрессоров и сети горных выработок большого сечения в ряде случаев не позволяет обеспечить нормируемые тепловые условия труда на глубоких горизонтах

из-за ограниченной возможности доставки холода воздухом. Поэтому ряд крупных глубоких шахт и рудников начал переход на создание систем нормализации тепловых условий в горных выработках на глубоких горизонтах за счет доставки холода в них водой.

Использование воды в качестве средства доставки основного количества холода в горные выработки шахт и рудников позволяет отказаться от необходимости максимального приближения холодильных машин к потребителям холода и неизбежной установки их в околоствольных дворах глубоких горизонтов. Это позволяет осуществлять работы по нормализации тепловых условий в горных выработках шахт за счет применения мощных холодильных машин общепромышленного исполнения, устанавливаемых на дневной поверхности. Украина осуществляет выпуск таких машин для нужд химической, мясомолочной промышленности, крупных хранилищ пищевых продуктов и может решить задачу обеспечения нормируемых условий труда в глубоких шахтах с применением технических средств собственного производства.

Результаты поисковых научно-исследовательских работ, выполненных в НГУ, показывают возможность ускоренного формирования теплоуравнивающих оболочек вокруг проводимых горных выработок и значительного сокращения притока тепла нагретых горных пород в выработки, что служит предпосылкой возможности обеспечения требуемых темпов проведения горных выработок при приемлемых величинах подачи холода в шахту.

Результаты выполненных в НГУ исследований дают основание положительно оценить перспективу возможного применения тепла, извлекаемого из нагретых пород горного массива, как альтернативного источника энергии, позволяющего сократить расход электроэнергии на осуществление некоторых технологических процессов горного производства.

НГУ приглашает заинтересованные научно-исследовательские и проектные организации принять участие в совместном выполнении работ по нормализации тепловых условий в глубоких шахтах и готов поделиться результатами выполненных работ по этому направлению.

Список литературы / References

1. Схемы извлечения тепла земной коры и методы их расчета. / [Щербань А.Н., Цирульников А.С. и др.] – К.: Наукова думка, 1986. – 238 с.

Scherban, A.N. and Tsiurulnikov, A.S. (1986), *Skhemy izvlecheniya tepla zemnoy kory i metody ikh rascheta* [Schemas of Extracting Heat From Earth Crust and Methods of Its Calculation], Naukova dumka, Kiev, Ukraine, 238 p.

2. Бойко В.А. Оценка теплового потенциала горного массива глубокой шахты Донбасса и возможностей типовой схемы нормализации условий труда / Бойко В.А., Бойко О.А. // Сборник научных трудов Национального горного университета, №16, –Днепропетровск: 2003. – С. 113–124.

Boyko, V.A., Boyko, O.A. (2003), “Estimation of thermal potential of rock massif of deep mine in Donbass

and capabilities of standard scheme of work environment normalization”, *Sbornik nauchnykh trudov Natsionalnogo gornogo universiteta*, no.16, RVK NGU, pp. 113–124.

3. Бойко В.А. Проблема нормализации микроклимата глубоких шахт Донбасса, способы и средства ее решения: Материалы международной конференции „Форум горняков 2009“, секция „Строительство шахт и подземных сооружений“ / В.А. Бойко, О.А. Бойко – Днепропетровск: НГУ, 2009. С. 142–153.

Boyko, V.A. and Boyko, O.A., (2009), “Problem of microclimate normalization in deep mines of Donbass, ways and means of solution”, *Int. Conf. Proc. “Forum of miners 2009”*, group “Building of mines and underground construction”, NGU, Dnepropetrovsk pp. 142–153.

4. Бойко В.А. Аналитическая оценка степени охлаждения горного массива глубокой шахты с помощью скважины, опережающей забой подготовительной выработки / Бойко В.А., Бойко О.А. // Науковий вісник НГУ – Днепропетровск: 2010.– №11–12.– С. 106–113

Boyko, V.A. and Boyko, O.A. (2010), “Analytical evaluation of the degree of rock massif cooling in deep mine by means of borehole preceding the face of the development heading”, *Naukhoveri visnyk Natsionalnoho hirnnychoho universytetu*, no.11–12, pp. 106–113.

5. Бойко В.А. Предварительная оценка притока тепла массива горных пород в выработку и способы его сокращения для нормализации микроклимата глубоких шахт Донбасса. / Бойко В.А., Бойко О.А. // Науковий вісник НГУ – Днепропетровск: 2011.– №4(124). – С. 94–105

Boyko, V.A., Boyko, O.A., 2011, “Preliminary assessment of heat flow from rock massif into headings and ways of its reducing for microclimate normalization in deep mines of Donbass”, *Naukhoveri visnyk Natsionalnoho hirnnychoho universytetu*, no.4(124), pp. 94–105

Як перший крок на шляху вирішення проблеми зменшення витрат енергії при видобутку вугілля в глибоких шахтах Донбасу пропонується використати тепло Землі як альтернативне джерело енергії. Розглядається два варіанти здійснення проекту в умовах видобутку вугілля в Донбасі на граничних глибинах до 1800 метрів: перший – шляхом завчасного створення підсічного горизонту нижче порогової глибини розробки, гірничі виробки якого перехоплюють і відводять на денну поверхню тепло, що йде з надр Землі і міститься у породах гірничого відводу шахти. Другий – за рахунок упорядкованого відводу і використання тепла порід гірського масиву, що оточує гірничі виробки споруджуваної або діючої шахти, починаючи з глибини більш як 1000 метрів. Обидва варіанти перетворюють шахту в енерготехнологічний комплекс, що забезпечує видобуток вугілля, витяг і використання тепла Землі в період відроблення запасів вугілля і здатний вилучати значну кількість теплової енергії протягом значного періоду по закінченню відроблення запасів вугілля. Розглянуто можливі шляхи використання тепла, що витягується, як джерела енергії для потреб шахти та енергетики: безпосереднє використання низькопотенційного тепла нагрітої теплою гірських порід води для потреб теплофікації інфраструктури і кому-

нального господарства, парників, теплиць, для регульованого провітрювання глибокої шахти за рахунок теплової тяги, сформованої зрошенням вихідного струменю повітря нагрітою водою, для отримання холоду, що подається в шахту, а при використанні способу підвищення теплового потенціалу за допомогою теплового насоса – для отримання пари і виробництва електроенергії. Наведено попередню оцінку показників запропонованого способу використання тепла Землі як альтернативного джерела енергії.

Ключові слова: *природна температура гірських порід, витяг і використання теплової енергії Землі*

As the first step in solving the problem of energy consumption reduce during coal production in deep mines of Donets Coal Basin it is proposed to use heat of the Earth crust as an alternative source of energy. It was considered two ways of possible realization of the project in case of coal production in Donbass at the maximum depths of 1800 meters. The first

way implies construction of a preliminary horizon below the maximum depth of coal deposit. Tunnels of that horizon intercept the heat going from the interior of the Earth and remove it. The second way implies well-organized removal and use of heat from rock massif around the headings of operating mine, starting from the depth of 1000 meters and deeper. Both variants transform a mine into a coal production & heat extraction energy-technological complex until the deposit is depleted and afterwards it can work for heat extraction only. It was considered the possible ways of extracted heat use for the needs of mine infrastructure and for the needs of power industry. Preliminary evaluation of economic indices of the suggested method of the geothermal source application as an alternative energy source was carried out.

Keywords: *natural temperature of rocks, extraction and usage of the heat from the interior of the Earth*

Рекомендовано до публікації докт. техн. наук О.С. Бештою. Дата надходження рукопису 22.11.11

УДК 504.064.2

М.О. Лаврик

Государственное высшее учебное заведение „Национальный горный университет“, г. Днепропетровск, Украина, e-mail: masha-lavrik@yandex.ru

СБРОСНЫЕ ШАХТНЫЕ ВОДЫ ПРУДА-НАКОПИТЕЛЯ „СВИДОВОК“ КАК ФАКТОР ТЕХНОГЕННОГО РИСКА ИЗМЕНЕНИЯ ГАЛОХИМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ

М.О. Lavrik

State Higher Educational Institution “National Mining University”, Dnipropetrovsk, Ukraine, e-mail: masha-lavrik@yandex.ru

WASTE MINE WATER FROM GATHERING POND “SVIDOVOK” AS A FACTOR OF SOIL HALOCHEMICAL COMPOSITION CHANGES

Цель. Оценить потенциальную и фактическую экологическую опасность вторичного засоления почв, вероятность наступления данного эффекта под воздействием на почвенные системы шахтных вод из технических водоемов Западного Донбасса.

Методика. Оценка состояния почв производилась с помощью следующих методов: полевые методы – для изучения техногенно-деформированных почвенных систем в природных условиях, а также для установления негативного техногенного воздействия сбросных вод на галохимическое состояние почв (отбор проб производился по общепринятой методике методом „конверта“); лабораторные методы определения химического состава почв, их биологической активности и показателей загрязнения – спектрофотометрические (при анализе минерализации проб воды и водных вытяжек проб почвы), потенциометрические (для определения активной кислотности) – повторяемость лабораторных исследований – не менее 3 раз.

Результаты. Приведена классификация и общая характеристика негативных последствий ведения угледобычи в целом и, в частности, для территории Западного Донбасса. Представлены результаты исследования солесодержания вод в пруде-накопителе шахтных вод в балке Свидовок. Определен гидрохимический тип технических вод. Выполнена классификация техногенных почв по типу, степени и химизму засоления. Произведена оценка опасности вторичного засоления почв под влиянием вод техногенного водоема с помощью показателей критического отношения (ПКО) и Sodium Adsorption Ratio (SAR). Проанализированы результаты прогнозной опасности засоления и осолонцевания почв, а также фактические значения экологической опасности вторичного засоления. Выявлено, что они не противоречат друг другу.

Ключевые слова: *техногенный риск, пруд-накопитель шахтных вод, минерализация шахтных вод, вторичное засоление, осолонцевание почв*

Интенсивное развитие и наращивание производительной мощности горнодобывающей промыш-

ленности приводит не только к расширению площадного воздействия на природные условия отдельных регионов, но и к заметному увеличению мощности техносферы – верхнего слоя литосферы, испыты-