

ДОНЕЦКАЯ НАРОДНАЯ РЕСПУБЛИКА  
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ

ГОУ ВПО  
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФГБОУ ВО  
«ТУЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

КАРАГАНДИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ГОУ ВПО ЛНР  
«ДОНБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Горный факультет  
Кафедра «Разработка месторождений полезных ископаемых»

**СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ**  
**кафедры разработки месторождений полезных ископаемых**

**№4 (2018)**

# **ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

**по материалам международной научно-практической  
конференции молодых ученых, аспирантов и студентов**

**г. Донецк, 24 мая 2018 г.**

ДОНЕЦК  
2018

УДК 622.001.76 (082)

И 66

Инновационные технологии разработки месторождений полезных ископаемых: сб. науч. труд. Вып. 4. / редкол.: Н.Н. Касьян [и др.]. – Донецк: ДОННТУ, 2018. – 226 с.

Представлены материалы научно-исследовательских работ студентов, аспирантов и молодых ученых, которые обсуждались на международной научно-практической конференции «Инновационные технологии разработки месторождений полезных ископаемых» в рамках проведения IV-го международного научного форума «Инновационные перспективы Донбасса: инфраструктурное и социально-экономическое развитие» Донецкой Народной Республики. Представленные материалы отражают широкий диапазон научных исследований по актуальным проблемам в области геотехнологии, геомеханики, геоинформатики и экологии при разработке месторождений полезных ископаемых.

Сборник предназначен для научных и инженерно-технических работников угольной промышленности, ученых, преподавателей, аспирантов и студентов горных специальностей.

Организатор конференции – кафедра «Разработка месторождений полезных ископаемых» (РМПИ) Горного факультета ГОУ ВПО «ДОННТУ».

Соорганизаторы конференции:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тульский государственный университет» (г. Тула, РФ);

Карагандинский государственный технический университет (г. Караганда, Республика Казахстан);

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Луганской Народной Республики «Донбасский государственный технический университет» (г. Алчевск, ЛНР).

Организационный комитет:

Касьян Николай Николаевич – председатель конференции, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой РМПИ;

Новиков Александр Олегович – зам. председателя конференции, д-р техн. наук, профессор кафедры РМПИ;

Касьяненко Андрей Леонидович – секретарь конференции, канд. техн. наук, доцент кафедры РМПИ.

Конференция проведена на базе Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Донецкий национальный технический университет» (г. Донецк) 24 мая 2018 г.

Члены организационного комитета:

Петренко Юрий Анатольевич – д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры РМПИ;

Стрельников Вадим Иванович – канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры РМПИ;

Шестопалов Иван Николаевич – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры РМПИ.

Редакционная коллегия:

Касьян Н. Н. – д-р техн. наук, проф., зав. кафедры разработки месторождений полезных ископаемых ГОУ ВПО «ДОННТУ»;

Новиков А. О. – д-р техн. наук, проф., профессор кафедры разработки месторождений полезных ископаемых ГОУ ВПО «ДОННТУ»;

Петренко Ю. А. – д-р техн. наук, проф., профессор кафедры разработки месторождений полезных ископаемых ГОУ ВПО «ДОННТУ»;

Саммаль А. С. – д-р техн. наук, проф., профессор кафедры механики материалов ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»;

Хуанган Нурбол – доктор Ph.D., заведующий кафедрой промышленного транспорта Карагандинского государственного технического университета;

Леонов А. А. – канд. техн. наук, доц., доцент кафедры разработки месторождений полезных ископаемых ГОУ ВПО ЛНР «Донбасский государственный технический университет»;

Стрельников В.И. – канд. техн. наук, проф., профессор кафедры разработки месторождений полезных ископаемых ГОУ ВПО «ДОННТУ»;

Касьяненко А. Л. – канд. техн. наук, доцент кафедры разработки месторождений полезных ископаемых ГОУ ВПО «ДОННТУ».

Компьютерная верстка: Моисеенко Л.Н., ведущий инженер кафедры разработки месторождений полезных ископаемых ГОУ ВПО «ДОННТУ».

Статьи публикуются в авторской редакции, ответственность за научное качество материала возлагается на авторов.

Контактный адрес:

Донецкая Народная Республика, г. Донецк, ул. Артема, 58, Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донецкий национальный технический университет», 9-й учебный корпус, Горный факультет, кафедра «Разработка месторождений полезных ископаемых», каб. 9.505, тел.: +3(8062)300-2475, 301-0929, E-mail: [rpm@mine.donntu.org](mailto:rpm@mine.donntu.org), WWW: <http://krmpi.gf.donntu.org>

УДК 622.5

## ВОЗМОЖНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

**Елистратов В.А., Гомаль И.И.\***

*Исследованы альтернативные источники получения тепла и электроэнергии. Рассмотрена возможность использования геотермальной энергии угольных шахт*

Термин геотермальный происходит от греческих слов «земля» и «тепло», т.е. означает «тепло земли». Геотермальная энергетика предусматривает преобразование тепла, полученного из геотермальных источников, в энергию, полезную для человека. Тепло земли – фактически крупнейший возобновляемый источник энергии, который значительно отличается от любых альтернативных вариантов. Его можно использовать в любое время года, он не зависит от солнечного света и температурного режима. КПД использования геотермальной энергии может превышать 90 %, что означает значительно более низкую себестоимость получения электрической и тепловой энергии.

Геотермальная энергетика достаточно молодая отрасль. Она насчитывает порядка 100 лет и активно развивается сегодня во всем мире. Во многих странах действует «зеленый тариф» для пользователей электроэнергии, полученной из альтернативных источников. Страны заинтересованы в привлечении инвесторов и создают для них самые благоприятные условия.

Интерес человечества к геотермальной энергетике вызван также постепенным истощением природных запасов топлива, нефти и газа, зависимостью стран от их импорта, а также опасностью для человека и окружающей среды от использования таких генераторов электрической энергии, как атомные станции.

Достоинствами геотермальной энергетике можно считать:

1. Возможность использования ее для получения тепловой энергии, независимо от солнечного света и времени года.

2. Неиссякаемость. В качестве источника тепла можно использовать слой грунта между глубиной промерзания и изотермической поверхностью, который является, своего рода, сезонным аккумулятором тепла, сточные воды, природные водоемы, системы водоснабжения предприятий и пр.

3. Экологическая безопасность.

---

\* Елистратов В.А. – студент гр. РПМ-14а

Гомаль И.И. – к.т.н., проф. (научный руководитель)

(ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк)

4. Гарантированное обеспечение минимального поддержания тепла, особенно в части, касающейся аварийных ситуаций.

В настоящее время различают низкопотенциальные и высокопотенциальные источники геотермальной энергии. Низкопотенциальные предусматривают получение тепловой энергии из верхних непромерзающих пластов грунта, воздуха и водоемов с помощью тепловых насосов.

Высокопотенциальные позволяют получать и тепловую, и электрическую энергию, благодаря преобразованию высокотемпературных термальных вод, взятых из глубоких буровых скважин или с закрытых шахт с помощью геотермальных насосов.

Данные тепловые насосы используют природное тепло воды расположенной над или под землей, или тепло самой земли.

- Использующие воду устройства – коллекторы таких насосов помещаются в близлежащий водоём ниже точки его промерзания.
- Использующие тепло грунта – коллекторы устройств располагаются в горизонтальной плоскости. Такое размещение проще в техническом выполнении (коллектор заглубляется всего на 1,2 м).
- Использующие тепло горных недр – устройства, рассчитанные на работу с горными породами и подземными водами.

Помимо этого, существует деление на системы замкнутого и открытого типа.

Открытый тип – использует воду из водоема в качестве теплообменника. Вода циркулирует по открытому типу, то есть после ее использования как теплообменной жидкости она возвращается в водоем. Допустимо при наличии большого объема воды, ее чистоты и разрешения экологического законодательства.

Замкнутый тип – делиться дополнительно на:

- горизонтальные – самые эффективные в условиях доступа к большим по площади земельным ресурсам (использующие тепло грунта). Размещаются в траншеях ниже уровня промерзания грунта (глубина залегания зависит от местности и ее принадлежности к тому или иному климатическому поясу);
- вертикальные – используются в случае ограниченного доступа к земельным ресурсам. Используются скважины до 200 м, в которые и монтируются теплообменники.

Принцип действия тепловых насосов, можно считать классическим «умножителем тепла». Насос играет роль устройства, перекачивающего тепловую энергию из одного места (источника) в другое – выделение тепла при этом происходит за счёт разницы температур:

$$\xi = T_2 / T_1 - T_2,$$

где  $\xi$  — холодильный коэффициент;

$T_1$  – температура среды, получающей тепло, по шкале Кельвина;

$T_2$  – температура охлаждаемой среды по шкале Кельвина.

Система может «отобрать» тепло у любого источника, температура которого выше абсолютного нуля (минус  $273^{\circ}\text{C}$ ) – у земных недр, подземных источников, воздуха и даже у льда.

Принцип действия системы следующий:

1. Незамерзающая жидкость (теплообменник) циркулирует в коллекторах, размещённых вблизи источника тепла или непосредственно в нём (например, в воде).

2. Насос системы регулярно забирает тепло, остужая незамерзающую жидкость примерно на 5 градусов.

3. После чего отобранное тепло используется для подогрева теплоносителя отопительной системы.

4. Незамерзающая жидкость в коллекторах восстанавливает прежнюю температуру, протекая через трубы, размещённые вне обогреваемого помещения (в воде, в грунте, на воздухе).

5. Затем она снова попадает в насос и отбор тепла повторяется.

Вся работа насоса зависит от компрессора. Именно он сжимает рассеянную тепловую энергию в носителе, придавая ему большую концентрацию (компактный объём) и температуру.

Помимо компрессора система теплового насоса состоит:

- из испарителя;
- капилляра;
- конденсатора;
- терморегулятора;
- и хладагента (газа, циркулирующего в насосной системе).

В процессе работы теплового насоса не происходит сгорания топлива, он не может загореться или взорваться, не требует оснащения помещения дымоходами и вентиляцией, практически бесшумен, не выделяет вредных испарений и запахов. Тепловой насос можно использовать и для обогрева, и для охлаждения помещений. Т.е. он значительно эффективнее любой системы отопления и кондиционирования. Безусловно, стоимость и установка оборудования теплового насоса будет выше, чем установка газового или дизельного котла, но экономическая эффективность будет выше. Затратив на работу насоса 1кВт энергии, можно получить тепловой энергии в эквиваленте 4 – 5 кВт и это – экологически чистые киловатты.

Кроме этого, есть еще следующие достоинства тепловых насосов:

- отсутствие необходимости в природном газе;
- отсутствие вреда окружающей среде;

- высокий уровень пожарной безопасности;
- потребность в малом количестве территории.

К недостаткам относится:

- высокая стоимость оборудования, окупаемость которого зависит от интенсивности использования;
- сложность монтажа. Невозможно самостоятельно смонтировать геотермальный насос без специальной подготовки и бурильного оборудования.

### **Применение геотермальных насосов на шахте**

В городе Херлен (Голландия) три десятилетия простояла затопленная и никому не нужная шахта, которую превратили превратить в экологически чистый, экономически выгодный и к тому же неиссякаемый источник тепловой энергии. Бывшая шахта теперь обогревает зимой свыше 200 домов, десятки магазинов, один супермаркет, культурный центр, библиотеку, подземную парковку и офисное здание. При этом не сжигается ни грамма угля.

Было создано предприятие Minewater Project в рамках которого, к сети штолен, лежащих глубоко под землей, пробурили пять новых скважин в пяти разных местах района, глубиной 700 м. Вода, наполняющая старую шахту, на такой глубине, имела постоянную температуру в 32°C. Насосы выкачивают воду с шахты на поверхность. Объём перекачки достигал 80 м<sup>3</sup> в час для каждой скважины. По пути эта вода успевает чуть-чуть остыть – до 28 градусов. Далее она попадает в тепловой насос, который забирает у неё энергию и передаёт другой воде, курсирующей в сети теплоснабжения. Конечно, на работу теплового насоса, как и насосов, откачивающих воду из шахты, нужна электрическая энергия, но её расход – намного меньше калорий, направляемых в батареи центрального отопления. Никакого нарушения закона сохранения – «лишняя энергия» забирается фактически из земных недр.

Отдавшую же своё тепло «шахтную» воду возвращают обратно, чтобы она могла вновь нагреться. С учётом колоссального объёма воды в шахте – круговорот этот проходит медленно.

В принципе летом эта же система потенциально способна превращаться в комплекс охлаждения зданий. Только для этого забор воды из шахты нужно будет переключить на значительно меньшую глубину (порядка 250 м). Там вода постоянно остаётся прохладной – 17°C.

Тепло воды из затопленных шахт, использовали и раньше, но такого рода проекты были очень небольшими по масштабу и обогревали лишь по одному зданию. Создать аналогичный комплекс, обслуживающий большой район, – это совсем иной уровень сложности. Проект показал, что нетрадиционными способами можно добиться сокращения сжигания ископаемого топлива. Даже если считать, что всё электричество, необходимое для рабо-

ты комплекса Minewater, получено на тепловых электростанциях, эффект заметен. В результате запуска геотермальной теплоцентрали выброс CO<sub>2</sub> в сравнении с классическими системами отопления сократился на 55 %.

Единственное ограничение – такого рода система хороша, только если геотермальный источник тепла и обогреваемые здания находятся рядом. Тянуть трубы далеко – потерять практически всю выгоду от даровой энергии, «поднимаемой» вверх. Бурение скважин на большие глубины и прокачивание через них воды ограничивается объёмом воды, находящейся в каждый момент времени на глубине.

В закрытой шахте этот объём – просто колоссален, и он многократно превышает объём той воды, что курсирует по трубам отопления. Именно в этом случае обеспечивается хорошая эффективность теплового насоса. А простое бурение в земной толще такого эффекта не даст.

В ДНР многие закрытые и закрываемые шахты являются градообразующими, вокруг которых расположены шахтные поселки и все инфраструктурные объекты. Использование геотермальной энергии из этих шахт для их обогрева является весьма перспективным.

Стоимость геотермального тепла получается примерно той же, что была с традиционными системами отопления, использующими в качестве источника энергии ископаемое топливо. Однако цены на ископаемое топливо подвержены колебаниям и могут подняться очень заметно, а соответственно, повысятся затраты на обогрев. С геотермальным же теплом – всё предсказуемо и надёжно.

#### **Выводы:**

1. В закрытых шахтах имеется огромное количество воды, имеющей высокую температуру.

2. При использовании шахтной воды отпадает необходимость дорогостоящего бурения глубоких скважин для использования геотермальной энергии.

3. Использование геотермальной энергии из закрытых и закрываемых шахт для обогрева шахтных поселков является весьма перспективным.

#### **Библиографический список**

1. <https://alternativenergy.ru/energiya/320-geotermalnaya-energiya.html>.
2. <https://altenergiya.ru/termal/perspektivy-i-problemy-geotermalnoj-energetiki.html>.
3. <http://greenologia.ru/eko-zhizn/tehnologii/geotermalniye-electrostancyi.html>
4. <https://energy.zp.ua/tehnologii-dobychi-i-ispolzovaniya-geotermalnoj-energii/>
5. <http://madenergy.ru/stati/geotermalnaya-ehlektrostanciya-preimushchestva-i-nedostatki.html>
6. [http://www.manbw.ru/analytics/geothermal\\_power\\_stations\\_plant.html](http://www.manbw.ru/analytics/geothermal_power_stations_plant.html)



## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Агарков А.В., Симонов А.М., Карнаух Н.В., Мавроди А.В., Захлебин В.В.</i> Поддержание подготовительных выработок в условиях шахты имени Челюскинцев .....	4
<i>Бабак Б.Н. (научный руководитель Касьян Н.Н.)</i> Совершенствование конструкции сооружения из рядовой породы, помещенной в оболочку, с целью улучшения его нагрузочно- деформационной характеристики .....	12
<i>Вережникова Е.А., Зозуля Я.Д. (научн. рук. Макеев А.Ю., Шестопалов И.Н.)</i> Методика расчета параметров комбинированной рамно-анкерной крепии .....	19
<i>Воронова И.Н. (научный руководитель Гомаль И.И.)</i> Отработка пластов опасных по горным ударам.....	30
<i>Высоцкий С.А., Дрига И.В. (научн. рук. Выговский Д.Д., Выговская Д.Д.)</i> Особые требования при технологии ликвидации вертикального ствола угольной шахты.....	36
<i>Гречко П.А. (научный руководитель Касьяненко А.Л.)</i> Изучение проявлений горного давления с помощью лазерных сканирующих систем .....	40
<i>Гнидаш М.Е., Иващенко Д.С. (научн. рук. Соловьев Г.И., Нефедов В.Е.)</i> Особенности поддержания конвейерных штреков при различных вариантах сплошной системы разработки в условиях шахты «Коммунарская» «ПАО Шахтоуправление «Донбасс».....	45
<i>Елистратов В.А. (научный руководитель Гомаль И.И.)</i> Возможные направления использования геотермальной энергии угольных шахт .....	54
<i>Иванюгин А.А. (научный руководитель Стрельников В.И.)</i> Компьютерные технологии рецензирования проекта разработки угольного пласта .....	59
<i>Иващенко Д.С., Гнидаш М.Е. (научн. рук. Соловьев Г.И., Нефедов В.Е.)</i> Охрана подготовительных выработок глубоких шахт комбинированными опорными конструкциями .....	68
<i>Кириленко Ю.И. (научный руководитель Касьяненко А.Л.)</i> Исследование состава пород угольных пластов Донецко-Макеевского района Донбасса .....	79

<i>Корниенко И.М., Сидяченко О.А. (научный руководитель Скаженик В.Б.)</i>	
Компьютерная анимация горных работ на угольных шахтах .....	87
<i>Кукота М.В. (научный руководитель Гомаль И.И.)</i>	
Анализ существующих методов борьбы с внезапными выбросами в условиях ОП «Шахта Холодная Балка» ГП «Макеевуголь» и в мировой практике .....	91
<i>Манухин С.В., Склепович К.З.</i>	
Исследование напряженно-деформированного состояния горных пород при анкероании почвы подготовительной выработки .....	99
<i>Нескреба Д.А., Поляков П.И.</i>	
Исследование физико-механических свойств и процессов развития нарушенности в несущих слоях горного массива .....	105
<i>Николаев И.А., Бабак Б.Н. (научн. рук. Касьян Н.Н., Дрипан П.С.)</i>	
Перспективные направления совершенствования технологии применения анкерной крепи .....	109
<i>Обедников Д.В. (научный руководитель Литвинский Г.Г.)</i>	
Разработка программы расчета на ЭВМ смещений пород в горных выработках .....	115
<i>Онокий Э. Ю. (научный руководитель Касьяненко А.Л.)</i>	
Анализ методик оценки устойчивости пород в горных выработках .....	123
<i>Павленко Ю.В. (научн. рук. Соловьев Г.И., Голембиевский П.П.)</i>	
Особенности применения анкерной крепи для поддержания конвейерных штреков в условиях глубоких шахт Донбасса .....	130
<i>Панин Ф.А., Панин А.А. (научн. рук. Соловьев Г.И., Малышева Н.Н.)</i>	
Особенности применения комбинированных способов поддержания подготовительных выработок глубоких шахт Донбасса .....	139
<i>Палейчук Н.Н., Санин Д.А. (научный руководитель Рябичев В.Д.)</i>	
Обоснование вида переправы Керченского пролива .....	153
<i>Палейчук Н.Н., Спичак Ю.Н.</i>	
Экономические аспекты геотехнологии на шахтах Восточного Донбасса .....	157
<i>Радченко А.Г., Киселев Н.Н., Радченко А.А., Горбунов И.Э.</i>	
Выбороопасность пологих нарушенных угольных пластов Донбасса .....	163

- Радченко А.Г., Киселев Н.Н., Радченко А.А., Гетманец Л.В.*  
Комплекс факторов, оказывающих влияние на формирование газодинамической активности угольных пластов, при проведении подготовительных выработок ..... 170
- Резник А.В., Мазилин А.В. (научный руководитель Петренко Ю.А.)*  
Анализ химических растворов, применяемых при упрочнении пород..... 187
- Резник А.В., Мазилин А.В. (научный руководитель Петренко Ю.А.)*  
Временная набрызгбетонная крепь основных выработок, сооружаемых буровзрывным способом..... 191
- Сивоконь М.А., Бабак Б.Н. (научн. рук. Выговская Д.Д., Выговский Д.Д.)*  
Определение комплекса социально-экономической информации при проектировании технологической схемы угольной шахты ..... 193
- Степаненко Д.Ю. (научный руководитель Дрипан П.С.)*  
Обоснование и выбор мероприятий по предотвращению газодинамических явлений при проведении участковых пластовых выработок в условиях пласта  $h_6$  ОП «Шахта им. А.А. Скочинского» ГП «ДУЭК» ..... 196
- Терлецкий Ю.Н., (научный руководитель Касьяненко А.Л.)*  
О возможности переработки углей Донецкого бассейна в синтетическое жидкое топливо ..... 200
- Холод А.Н. (научный руководитель Новиков А.О.)*  
Анализ существующих технологических схем ремонта горных выработок ..... 207
- Чулаков К.П. (научный руководитель Новиков А.О.)*  
О повышении устойчивости выработок в условиях НШУ «Яреганефть» ООО «Лукойл-Коми» ..... 216
- Якубовский С.С. (научный руководитель Дрипан П.С.)*  
Обоснование и выбор способа охраны магистральных выработок при разработке запасов уклонного поля пласта  $h_{10}^B$  ОП «Шахта им. С.М. Кирова» ГП «Макеевуголь» ..... 219

Сборник научных трудов кафедры разработки месторождений  
полезных ископаемых ГОУВПО «ДОННТУ»

# Инновационные технологии разработки месторождений полезных ископаемых

## № 4 (2018)

Статьи в сборнике представлены в редакции авторов