

УДК 622.411.332

**Софійський К. К.**, д-р техн. наук, професор,  
**Стасевич Р. К.**, канд. техн. наук, доцент,  
**Притула Д.А.**, аспірант  
(ИГТМ НАН України)  
**Дудля Е.Е.**, аспірант  
(Государственное ВУЗ «НГУ»)

**ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ,  
ИЗВЛЕЧЕНИЯ И УТИЛИЗАЦИИ МЕТАНА ПОВЕРХНОСТНЫМИ  
ДЕГАЗАЦИОННЫМИ СКВАЖИНАМИ**

**Софійський К. К.**, д-р техн. наук, професор,  
**Стасевич Р.К.**, канд. техн. наук, доцент,  
**Притула Д.О.**, аспірант  
(ИГТМ НАН України)  
**Дудля К.Є.**, аспірант  
(Державний ВНЗ «НГУ»)

**ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ТРАНСПОРТУВАННЯ, ВИЛУЧЕННЯ ТА  
УТИЛІЗАЦІЇ МЕТАНУ ПОВЕРХНЕВИМИ ДЕГАЗАЦІЙНИМИ  
СВЕРДЛОВИНАМИ**

**Sofiyskiy K.K.**, D.Sc.(Tech.) Professor,  
**Stasevich R.K.**, Ph.D. (Tech.), Associate Professor,  
**Prytula D.A.**, Doctoral Student  
(IGTM NAS of Ukraine)  
**Dudlya K.Ye.**, Doctoral Student  
(State HEI «NMU»)

**IMPROVING SAFETY OF TRANSPORTATION, EXTRACTION AND UTI-  
LIZATION OF METHANE OF SURFACE DECONTAMINATING WELLS**

**Аннотация:** В статье излагается информация об исследованиях и принципиальных технических решениях использования одного из перспективных источников энергии – метан угольных месторождения, который, также является источником постоянной опасности в шахтах и одним из самых крупных загрязнителей окружающей среды. Анализируются наиболее апробированные результаты интенсификации извлечения метана угольных месторождений поверхностными дегазационными скважинами. Предлагается технология пневмогидродинамической обработки скважин на неподработанном массиве, стимулирующая высвобождения газа из углепородного массива и новый способ определения допустимой зоны взрывобезопасности метановоздушных смесей в дегазационных трубопроводах. Описаны разработанные технические решения, повышающие энергоэффективность и безопасность эксплуатации транспортирования и утилизации дегазационных систем. Данные исследования основываются на примере ПАО «Шахта им. А.Ф. Засядько» и других опытов авторов.

**Ключевые слова:** метан, дегазация, газотранспортная система, турбодетандеры, утилизация.

**Введение.** При сложности современного горного производства эффективные меры по обеспечению метанобезопасности горных работ и извлечению шахтного метана могут быть реализованы только при проведении предварительной и опережающей дегазации поверхностными скважинами, а также обустройством рациональных систем подземной и комбинированной дегазации и вентиляции шахт.

Представляя один из самых перспективных потенциальных источников энергии, метан сегодня является не только источником постоянной опасности для шахтеров, но и одним из самых крупных загрязнителей окружающей среды [1]. Утилизация метана угольных месторождений (МУМ) позволяет существенно сократить объемы его выбросов в атмосферу угольными предприятиями. Накопленный опыт на ПАО «Шахта им. А.Ф. Засядько» показывает, что регулярно можно вырабатывать до 15 МВт электрической и тепловой мощности и при этом до 2-х тыс. м<sup>3</sup> метана в сутки отправлять на заправку автомобилей [2-4]. Анализ положительного опыта этого предприятия показывает, что имеется целый ряд дополнительных технических возможностей повышения безопасности добычи и эффективности утилизации метана. Между национальными нормативными документами, регулирующими безопасность при транспортировке метана дегазационными трубопроводами и его утилизацией, существуют различия в оценке минимальной концентрации метана, которая рассматривается как безопасная для транспортировки и утилизации, при этом в разных странах она варьируется в диапазоне от 25% до 40% [5].

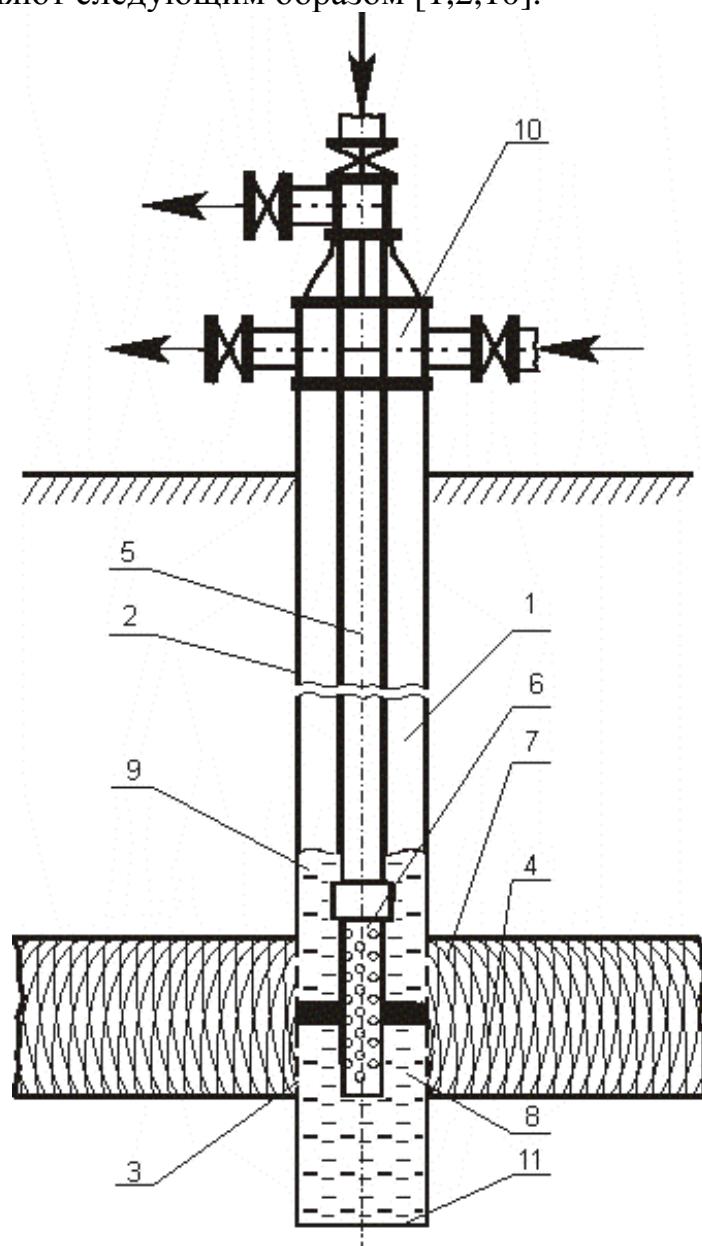
Объемная доля метана 3,5-30% в дегазационных трубопроводах типична для большей части трубопроводов подземной дегазации, что в свою очередь, остается не решенным вопросом его транспортировки и утилизации.

Все вышеизложенное говорит о том, что проблема метана многогранна, затрагивает многие аспекты горного дела и требует настоятельной необходимости постановки на индустриальную основу его добычу и утилизацию, что позволит вовлечь в топливно-энергетический баланс стран огромные ресурсы нового энергоносителя; улучшить экологию за счет сокращения выбросов метана в атмосферу и повысить безопасность работ в шахтах за счет предварительной дегазации горных массивов.

Как наиболее эффективный, стимулирующий высвобождение газа из пластов и пород угля предлагается способ пневмогидродинамического воздействия (ПГДВ) на продуктивный горизонт [1,2,4,8]. Сущность технологии ПГДВ состоит в следующем: скважины бурят на части шахтного поля, подготавливаемой к разработке, располагая их по возможности равномерно на длине выемочного столба. Первую скважину бурят так, чтобы проекция её забоя на угольный пласт находилась на расстоянии 30-50 м от монтажного ходка. Последующие скважины бурят вдоль выемочного поля так, чтобы их забои находились не ближе 30 м от вентиляционной выработки и не далее середины лавы. При интервале между скважинами менее 300 м они, как правило, аэродинамически сообщаются, поэтому сокращение интервала может уменьшить дебит отдельной скважины. Оптимальный интервал и параметры конструкции скважин рассчи-

тывают в зависимости от геологических и горнотехнических условий. Глубину бурения скважин выбирают так, чтобы их забои располагались не ближе  $8 m_{пл}$  от почвы вынимаемого пласта.

Пневмогидродинамическую обработку продуктивного горизонта скважины (рис.1) осуществляют следующим образом [1,2,10].



- 1 - ПДС; 2 - обсадная труба; 3 - перфорация; 4 - продуктивный горизонт;  
 5 - НКТ; 6 - концевик; 7 - пакер; 8 - подпакерная зона; 9 - надпакерная зона;  
 10 - обвязка скважины; 11 - рабочая жидкость

Рисунок 1 - Способ пневмогидродинамической обработки продуктивного горизонта скважины.

Поверхностную дегазационную скважину (ПДС) 1 обсаживают обсадной трубой 2 с перфорацией 3 по длине продуктивного горизонта 4, после чего спускают колонну насосно-компрессорных труб (НКТ) 5 с концевиком 6 и установленным посередине него пакером 7, который устанавливают в рабочее положение посередине продуктивного горизонта. Таким образом, пакер разделя-

ет полость скважины на подпакерную зону 8 и надпакерную 9, устанавливая обвязку скважины 10, а её пространство заполняют рабочей жидкостью 11 выше продуктивного горизонта, подачей сжатого воздуха через насосно-компрессорную трубу 5 в подпакерной зоне создают давление и определяют степень фильтрации до обработки, после чего проводят пневмогидродинамическую обработку продуктивного горизонта путем создания давления жидкости в подпакерной и надпакерной зонах скважины одновременно, а сброс его с зон производят поочередно. После обработки продуктивного горизонта определяют степень фильтрации флюида через продуктивный горизонт с подпакерной зоны в надпакерную. По соотношению степеней фильтрации до и после обработки продуктивного горизонта определяют коэффициент эффективности пневмогидродинамической обработки продуктивного горизонта. Обработку осуществляют до тех пор, пока не будет достигнут необходимый коэффициент эффективности. После этого скважину подключают к магистральному газопроводу и измеряют абсолютное давление, температуру, расход в м<sup>3</sup> и процентное содержание метана. Если достигнуты расчетные значения на интервале суток, то декольматацию прекращают, если нет – декольматацию продолжают до достижения расчетных значений.

Область применения способа – скважины, герметизация которых выдерживает давление не менее 2 МПа. Перечень оборудования для ПГДВ приведен в таблице 1, условия применения способа – в таблице 2, основные технико-экономические показатели – в таблице 3. Энергоснабжение – для эл. установка. Связь и сигнализация – диспетчерская связь и оповещение об авариях и технологическая связь на площадке.

Таблица 1 - Перечень оборудования и приборов для пневмогидродинамического воздействия

№п/п	Наименование	Количество, шт.
1	Компрессор высокого давления УПС-400	1
2	Устройство воздействия гидродинамического	2
3	Насос 50 НР-32	1
4	Пульт дистанционного управления	1
5	Манометр МТ (оБМГ)	1
6	Манометр МП-44	2
7	Секундомер	1
8	Колонна насосно-компрессорных труб	1

Таблица 2 - Условия применения пневмогидродинамического воздействия

Наименование	Ед. измерения	Количество
Глубина ПДС	м	нет ограничений
Диаметр ПДС	мм	не менее 108
Давление герметизации ПДС	МПа	не менее 2
Электроснабжение площадки ПДС	в	660/380

Таблица 3 - Основные технико-экономические показатели работы ПДС после проведения пневмогидродинамического воздействия

Наименование	Ед.измерения	Количество
Среднегодовая добыча газа из 1 ПДС	млн м <sup>3</sup>	4,7
Себестоимость 1 м <sup>3</sup> газа	грн/м <sup>3</sup>	0,13
Капитальные вложения на м <sup>3</sup>	грн/м <sup>3</sup>	0,09
Время работы ПДС	мес.	более 54

Снижение давления газа от скважины до потребителя в существующей поверхностной газотранспортной системе ПАО «Шахта им.А.Ф. Засядько» на всех ступенях осуществляется путем дросселирования с полной потерей избыточной механической энергии, полученной из скважин. Как показывают расчеты, величина этой потери в среднем составляет около 77 Вт/м<sup>3</sup>. Это означает, что в масштабах шахты, при годовом потреблении газа порядка 34 млн м<sup>3</sup>, общая потеря энергии от дросселирования газа превышает 2,4 млн. кВт·ч в год. Для полезного использования энергии выходного давления скважин разработана схема реконструированной поверхностной газотранспортной системы (ГТС), с использованием проложенного магистрального газопровода, диаметром 325 мм, представленная на рис.2.

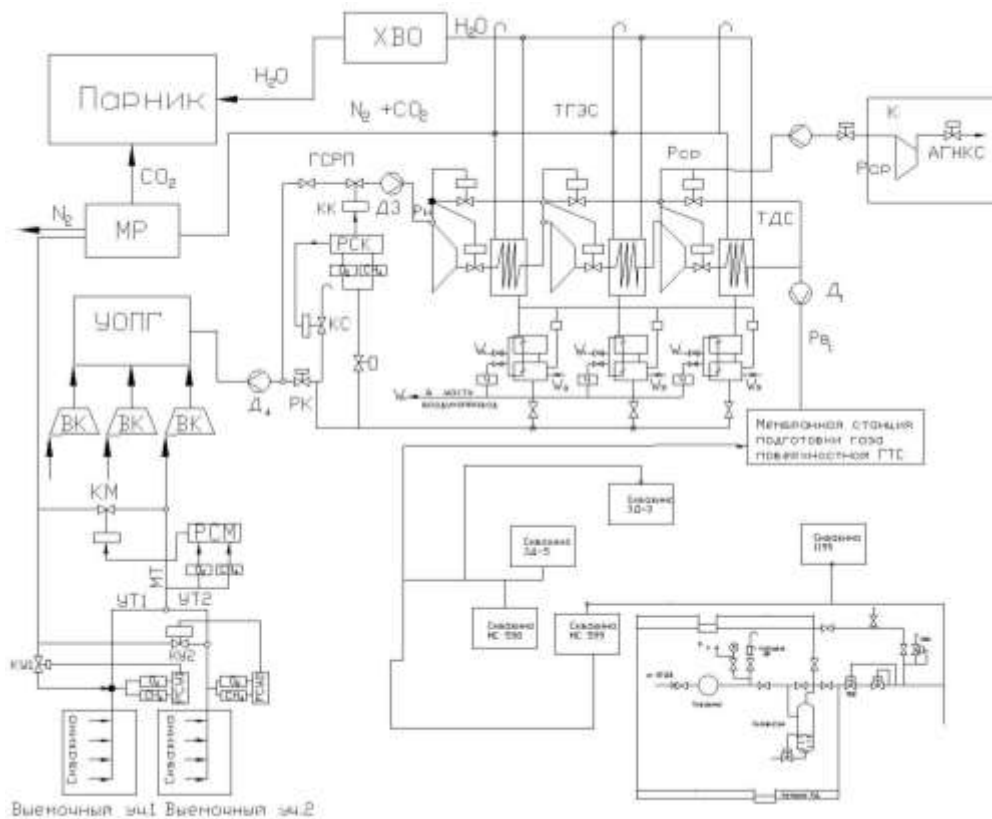


Рисунок. 2 – Структурно-технологическая схема транспортирования и утилизации метана.

В составе ГТС предусмотрена турбодетандерная станция, оборудованной 3-мя турбодетандерами генераторами для выработки электроэнергии при регенерации энергии сжатого газа высокого давления 0,7 МПа в низкое давление до 10 кПа, подаваемое посредством газосмесительного регуляторного пункта (ГСРП) в когенерационную станцию (КГЭС).

Природный газ, нагреваясь в теплообменниках отработанными газами коге-

нерации с температурой 150°C, отдает турбодетандерам энергию конденсации паров дополнительно к энергии давления газа, повышая их КПД и предотвращая выпадение из него влаги и тяжелых фракций (гидратов, бутана, пропана, этана и т.п.)

На этой схеме останутся действующие в настоящее время скважины ЗД-8, МС599, 1195, МС598, ЗД-3 и ЗД-5. Подключаться к магистральному газопроводу они будут через газорегуляторные пункты подготовки газа (ГРПП). Дополнительно к магистральному газопроводу будут подключаться вновь инициированные скважины с применением технологии ПГДВ. МУМ содержит механические твердые и жидкие примеси - песок, пыль, воду, масло, конденсат, сернистые соединения и др. Учитывая вышеизложенное, ГРПП, устанавливаемые возле устья скважин оборудуются вихревыми газожидкостными сепараторами СЦВ, предназначенными для глубокой очистки газа от капельной, мелкодисперсной, аэрозольной влаги и механических примесей. Для обеспечения непрерывности измерения и диспетчерского контроля режимов работы скважины выбран универсальный контроллер с автономным питанием Эргомера-126.МУ обеспечивающий выполнение нижеприведенных функций: непрерывное автоматическое измерение абсолютного давления газа из скважины, МПа; абсолютное давления газа, подаваемого в ГТС, МПа; температура газа °С, подаваемого в ГТС; периодическое измерение и вычисление расхода газа, подаваемого в ГТС, приведенного к стандартным условиям, м<sup>3</sup>/ч и объема газа, подаваемого в ГТС, приведенного к стандартным условиям на суточном интервале времени с привязкой по времени, м<sup>3</sup>. Схема трубопроводной обвязки скважин (рис.2) разработана таким образом, чтобы можно было проводить профилактические работы и периодические проверки погрешностей измерения дебита газа без остановки скважины. В ГРПП предусмотрены: обратные клапаны, исключающие попадание газа из других скважин в действующую, предохранительный и сбросной клапаны. Скважины оборудуются регулирующими клапанами прямого действия для задания расчетного уровня давления скважины и передача информации из ГРПП на диспетчерский пункт обеспечивается с помощью GSM модемов.

За основу для разработки и исследований обеспечения взрывобезопасности подземных дегазационных газопроводов принят способ, который заключается в определении границ взрывоопасности по концентрации двух компонентов (метана и кислорода), представленный на диаграмме взрывоопасных смесей (рис.3), составленной на основе исследований Кауерда [5]. В разработанном способе для определения границы взрывобезопасности метановоздушных смесей в дегазационных трубопроводах проводят одновременное измерение концентрации метана и кислорода и устанавливают границу нормированной взрывоопасной зоны метановоздушных смесей в дегазационных трубопроводах по формуле

$$K_{\text{вO}_2} = \frac{K_{\text{CH}_4}}{K_{\text{б}}}, \quad (1)$$

где  $K_{O_2}$  - концентрация кислорода;  $K_{CH_4}$  - концентрация метана, измеренная газоанализатором метана;  $K_{\delta}$  – коэффициент безопасности.

При этом нормированной безопасной зоной является зона, в которой концентрация кислорода, измеренная датчиком кислорода, равна или меньше концентрации кислорода, вычисленной по приведенной формуле (1). На диаграмме (рис.3) граница допустимой взрывоопасной зоны метано-воздушных смесей в дегазационных трубопроводах, определенная по приведенной формуле (1), представлена линией MN. Точка N, соответствующая 25% концентрации метана в смеси, выбрана согласно [10].

Метано-воздушная смесь правее линии MN, зоны (V), (VI) может безопасно использоваться для выработки тепловой и (или) электрической энергии. Зона (I) с низким содержанием горючего материала при повышении количества метана может стать взрывоопасной. Зона (II) на рис. 3 - взрывоопасная зона, зона (III) - смесь выбрасывается в атмосферу, зона (IV) не может стать взрывоопасной даже при попадании дополнительного количества воздуха.

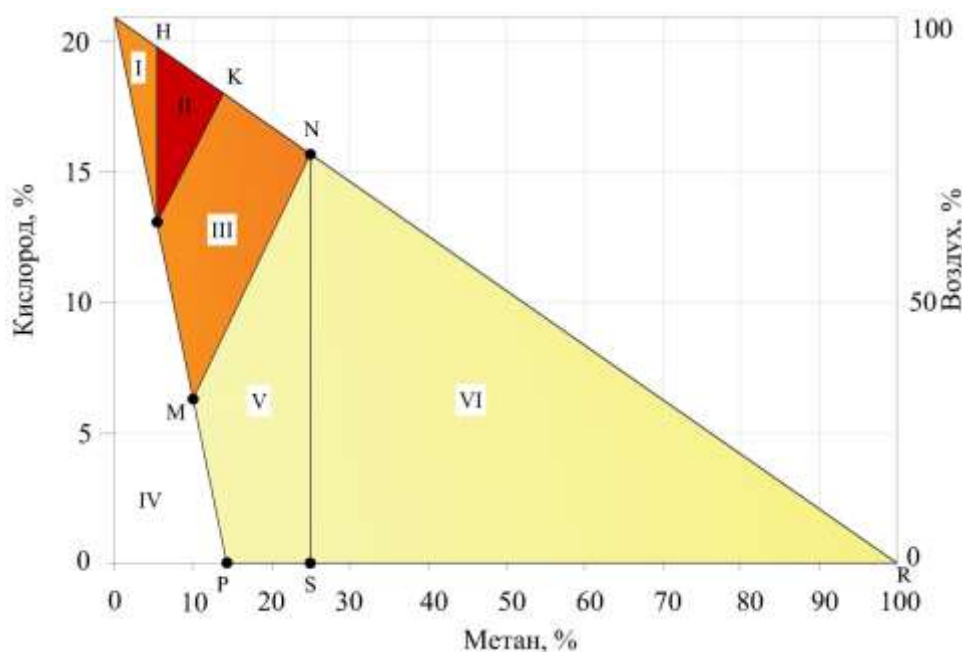


Рисунок 3 - Диаграмма иллюстрирующая разработанный способ определения границы взрывобезопасности дегазационных метано-воздушных смесей.

На структурно-технологической схеме (рис.2), представлены разработанные нами технические решения для обеспечения взрывобезопасности транспортирования газовой смеси в подземных участковых и магистральных газопроводах. Участковые и магистральные газопроводы оборудуются газоанализаторами метана и кислорода. Их сигналы поступают в контроллеры-регуляторы РСУ и РСМ, которые вычисляют по формуле (1) значения  $K_{O_2}$  и сравнивают его с измеренным значением концентрации кислорода  $K_{iO_2}$  и если окажется, что  $K_{O_2}$  больше, чем  $K_{iO_2}$  то подают сигналы на открытие клапанов КУ1, КУ2, КМ и в газопровод подается инертный газ из трубопроводов, заполненных азотом  $N_2$ , до тех пор пока в

газопроводе измеренное значение  $KиO_2$  не станет ниже вычисленного по формуле (1). Азот получается на когенерационной станции из отработанных на КГЭС дымовых газов с температурой  $150^{\circ}C$ , из которых удалятся  $H_2O$  в теплообменниках, установленных на входах турбодетандеров. При этом температура газов понижается до  $60^{\circ}C$ , а их тепловая энергия используется дополнительно в турбодетандерах для выработки электроэнергии. Осушенные уходящие дымовые газы в мембранном разделителе (МР) газов разделяется на азот и углекислый газ. Азотом заполняются магистральные и участковые подземные газопроводы, а углекислым газом парниковый трубопровод.

Взрывобезопасная подземная дегазационная смесь с помощью вакуумно-воздушных компрессоров (ВК) направляется через участок очистки, осушки и подготовки газа (УОПГ) в ГСРП. Газопровод на КГЭС оборудуется газоанализаторами метана и кислорода, сигналы из которых поступают контроллер-регулятор РСК смешения газа на КГЭС. При измеренной концентрации кислорода в смеси  $KиO_2$  большей концентрации вычисленной по формуле (1) контролер РСК подает сигнал на открывание клапана КК и смесь с концентрацией метана больше 90% из турбодетандерной станции подаётся в трубопровод КГЭС, где смешивается с подземной дегазационной смесью до концентраций метана, измеренных газоанализатором, больших, чем 25%.

Основные результаты научных исследований и разработок, представленные в настоящей статье, заключаются в том, что приведена информация об одном из апробированных, эффективных и безопасных вариантов технологии извлечения метана угольных месторождений, огромными запасами которого располагает Украина с применением пневмогидродинамической обработки продуктивного горизонта скважин, приведена технологическая схема безопасной транспортировки метановоздушных смесей по подземным и поверхностным дегазационным трубопроводам и полной утилизации метана с дополнительным использованием энергии давления дегазационных скважин и энергии конденсации отработанных выходящих газов, описан способ определения нормированной границы взрывобезопасности метановоздушных дегазационных смесей, позволяющий существенно повысить энергоэффективность их утилизации. Использование парникового углекислого газа и теплой химочищенной воды для выращивания овощей обеспечивает экологическую чистоту, представленного в статье технологического процесса.

---

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Динамические способы декольматации поверхностных скважин / К.К. Софийский, П.Е. Филимонов, Б.В. Бокий [и др.] // Днепропетровск: ТОВ «Східний видавничий дім», 2014. – 248 с.
2. Пат. №47577 UA, МПК(2010) E 21 B 43/26. Спосіб пневогідродинамічної обробки продуктивного горизонту свердловини / А.Ф. Булат, Є.Г. Барадулін, І.О. Ефремов, Д.М. Житльонюк, К.К. Софійський, П.Є. Філімонов, В.В. Чередніков; заявник і патентовласник ІГТМ НАН України.



u200909241; заявл.08.09.2009; опубл.10.02.2010; Бюл.№3

3. Способы повышения дебита поверхностных дегазационных скважин / Е.Л. Звягильский, И.А. Ефремов, В.В. Бобрышев [и др.] // Геотехническая механика: межвед. сб. научн. тр. / ИГТМ НАН Украины. – 2004. - Вып.49. – С. 3–8.

4. Управление аэрологическими и геомеханическими процессами в угольных шахтах / А.Ф. Булат, К.К. Софийский, Р.А. Агаев [и др.]. – Мариуполь: ТОВ «Східний видавничій дім», 2016. – 300 с.

5. Звягильский, Е. Л. Управление метановыделением на выемочных участках угольных шахт: [монография] / Е. Л. Звягильский, Б. В. Бокий, О. И. Касимов. - Донецк : Ноулидж, Донец. отд-ние, 2013. - 125 С.

6. Європейська економічна комісія партнерство “Метан - на ринки”. Керівництво по якнайкращій практиці ефективної дегазації джерел метановидалення і утилізації метану на вугільних шахтах. - Організація Об'єднаних Націй Нью-Йорк і Женева, 2010. - № 31,

7. Дегазация вугільних шахт. Вимоги до способів і схеми дегазації: СОУ 10.1 00174088.001 – 2004, Київ: 2004. - 162 с. – (Нормативний документ Мінвуглепрому України. Стандарт).

8. Чередников, В.В. Энергосберегающая технология видобутку шахтного метану / В.В. Чередников, Е.А. Воробьев, М.О. Николенко // Энергосбережение – 2009. – №2. – С. 16-22.

9. Пат. № 112578 UA, МПК (2016.01) E21F 17/00. Спосіб визначення межі вибухобезпечності метано-повітряних сумішей в дегазаційних трубопроводах/ К.Є. Дудля, О.Н. Криворучко; заявник і патентовласник ІГТМ НАН України.-u 2016 05731; заявл. 27.05.2016; опубл. 26.12.2016, Бюл. №24.

10. Притула, Д.А. Методология расчета параметров поверхностной дегазационной газотранспортной системы для условий ПАО «Шахта им. А.Ф. Засядько» / Д.А. Притула, Е.Е. Дудля, Б.В. Бокий // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. трудов / ИГТМ НАН Украины. - 2016. – Вып.130 – С.78-91.

#### REFERENCES

1. Sofiysky K.K., Filimonov P.E. and Bokiyy B.V. (2014), *Dinamicheskiye sposoby dekolmatatsii poverkhnostnykh skvazhin* [Dynamic methods of decolmatization of surface wells], Oriental Publishing House, Donetsk, Ukraine.

2. Bulat A.F., Baradulin E.G., Efremov I.A., Zhytlyonok D.M., Sofiyskiy K.K., Filimonov P.E. and Cherednikov V.V., M.S. Poljakov Institute of Geotechnical Mechanics under NAS of Ukraine (2010), *Sposib pnevmogidrodynamichnoy obrobky produktyvnoho horyzontu sverdlovyny* [Method pnevohidrodynamichnoi treatment wells producing horizon], State Register of Patents of Ukraine, Kiev, UA, Pat. № 47577.

3. Zvyagilsky E.L., Efremov I.A. and Bobryshev V.V. (2004), «Methods for increasing the rate of surface degassing wells», *Geo-Technical Mechanics*, no. 49, pp. 3-8.

4. Bulat A.F., Sofiysky K.K. and Agaev R.A. (2014), *Upravleniye aerologicheskimi i geomekhanicheskimi protsessami v ugol'nykh shakhtakh*, [Management of aerological and geomechanical processes in coal mines], Oriental Publishing House, Mariupol, Ukraine.

5. Zvyagilsky E.L., Boky B.V. and Kasimov O.I. (2013), *Upravleniye metanovydeleniyem na vyyemochnykh uchastkakh ugol'nykh shakht* [Management of methane emissions at coal mine sites], Oriental Publishing House, Donetsk, Ukraine.

6. Economic Commission for Europe Partnership "Methane - to markets» (2010), *Kerivnyctvo po yaknaykrashchey practyey efektyvnoy degazatsiy dzherel metanovydalennya i utylizatsiy metanu na vugilnykh shakhtakh* [Guide my very best practice effective decontamination metanovydalennya sources and utilization of methane in coal mines], OUN, №31, New York and Geneva.

7. Ukraine Ministry of Coal Industry (2004), *10.1 00174088.001 – 2004, Dehazatsiya vuhilnykh shakht. Vymohy do sposobiv i skhemy dehazatsiyi*, [10.1 00174088.001 – 2004, Degassing coal mines. Requirements ways and drainage schemes], Ukraine Ministry of Coal Industry, Kiev, Ukraine.

8. Cherednikov V.V., Vorobyov E.A. and Nikolenko M.O. (2009), «Energy-saving technology of mine methane extraction», *Energy saving*, no.2., pp. 16-22.

9. Dudlya K.E. and Krivoruchko O.N., M.S. Poljakov Institute of Geotechnical Mechanics under NAS of Ukraine (2016), *Sposib vyznachennya mezhi vybukhobezpechnosti metano-povitryanykh sumishey v dehazatsiynykh truboprovodakh*, [Method of determining the boundaries vybukhobezpechnosti methane-air mixture in the degassing pipelines], State Register of Patents of Ukraine, UA, Pat. №.112578.

10. Prytula D.A., Dudlya K.E., Bokiyy B.V. (2016) «Methodology calculation parameters poverhnostnoy dehazatsyonnoy hazotransportnoy system for uslovyy PJSC "Mine to them. A.F. Zasyadko "», *Geo-Technical Mechanics*, no. 130, pp. 78-91

### Об авторах

**Софійський Константин Константинович**, доктор технічних наук, професор завідує відділом Проблем технологій підземної розробки вугільних месторождений Інститута геотехнічної механіки імені Н.С. Полякова НАН України, Днепр, Україна, [igtmdp16@gmail.com](mailto:igtmdp16@gmail.com).

**Стасевич Ришард Казимирович**, кандидат техніки наук, старший научний співробітник в відділі Проблем технологій підземної розробки вугільних месторождений Інститута геотехнічної механіки імені Н.С. Полякова НАН України, Днепр, Україна, [rishardstas@gmail.com](mailto:rishardstas@gmail.com).

**Прутула Дмитрій Александрович**, аспірант, інженер відділу Проблем технологій підземної розробки вугільних месторождений Інститута геотехнічної механіки імені Н.С. Полякова НАН України, Днепр, Україна, [igtmdp16@gmail.com](mailto:igtmdp16@gmail.com).

**Дудля Катерина Євгенівна**, аспірант кафедри «Транспортних систем і технологій», Державне вище навчальне закладення «Національний горний університет», Днепр, Україна.

### About the authors

**Sofiyskiy Konstantin Konstantinovich**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Department of Underground Coal Mining Technology, N.S. Poliakov Institute of Geotechnical Mechanics under The National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM NASU), Dnepr, Ukraine, [igtmdp16@gmail.com](mailto:igtmdp16@gmail.com).

**Stasevich Rishard Kazimirovich**, Candidate of Technical Sciences (Ph.D), Senior Researcher, Senior Researcher of Department of Underground Coal Mining Technology, M.S. Poliakov Institute of Geotechnical Mechanics under NAS of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepr, Ukraine, [rishardstas@gmail.com](mailto:rishardstas@gmail.com).

**Prytula Dmytro Oleksandrovych**, Doctoral Student, Engineer in Department of Underground Coal Mining, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Science of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepr, Ukraine, [igtmdp16@gmail.com](mailto:igtmdp16@gmail.com).

**Dudlya Katherine Yevgenievna**, Doctoral Student of the Transport System and Technology Department of the State Higher Educational Institution "National Mining University", Dnepr, Ukraine.

**Анотація.** У статті викладається інформація про дослідження і принципові технічні рішення використання одного з перспективних джерел енергії - метан вугільних родовища, який, також є джерелом постійної небезпеки в шахтах і одним з найбільших забрудників навколишнього середовища. Аналізуються найбільш апробовані результати інтенсифікації вилучення метану вугільних родовищ поверхневими дегазаційними свердловинами. Пропонується технологія пневмогідродинамічної обробки свердловин на непідпрацьованому масиві, стимулююча вивільнення газу з вуглепородного масиву та новий спосіб визначення допустимої зони вибухобезпеки метано-повітряної суміші в дегазаційних трубопроводах. Описано розроблені технічні рішення, що підвищують енергоефективність та безпеку експлуатації транспортування та утилізації дегазаційних систем. Дані дослідження ґрунтуються на прикладі ПАТ «Шахта ім. А.Ф. Засядька» та інших дослідів авторів.

**Ключові слова:** метан, дегазація, газотранспортна система, турбодетандери, утилізація.

**Abstract.** The article describes about fundamental research and technical solutions to use one of the most promising energy sources - coal mine methane, which is also a source of constant danger in mines and one of the major pollutants of the environment. Tested results of the intensification extraction of methane from coal deposits by surface wells are analyzed. The technology of pneumohydrodynamic well treatment at not undermining array and new method of determining permissible zone of explosion safety methane-air mixtures in the degassing pipes are proposed. The developed technical solutions that increase energy efficiency and safety of operation of transportation

and utilization of degassing system. These studies are based on the example of "Zasyadko Mine" and other experiments the authors.

**Key words:** methane, degassing, gas transport system, cogeneration, utilization.

*Статья поступила в редакцию 17.07.2017*

*Рекомендовано к печати д-ром техн. наук С.А. Курносовым*