

ПРИНЦИПАЛЬНАЯ ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ВОЛНОВОГО СПОСОБА ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРИТОКА МЕТАНА ЧЕРЕЗ ПОВЕРХНОСТНЫЕ ДЕГАЗАЦИОННЫЕ СКВАЖИНЫ

¹Софійський К.К., ¹Притула Д.А., ¹Стасевич Р.К., ¹Агаєв Р.А., ²Смирнов А.П.

¹Інститут геотехнічної механіки ім. Н.С. Полякова НАН України, ²Інститут імпульсних процесів і технологій НАН України

ПРИНЦИПОВА МОЖЛИВІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ХВИЛЬОВОГО СПОСОБУ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРИТОКУ МЕТАНУ ЧЕРЕЗ ПОВЕРХНЕВІ ДЕГАЗАЦІЙНІ СВЕРДЛОВИНИ

¹Софійський К.К., ¹Притула Д.О., ¹Стасевич Р.К., ¹Агаєв Р.А., ²Смирнов О.П.

¹Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України, ²Інститут імпульсних процесів та технологій НАН України

PRINCIPAL POSSIBILITY OF USING WAVE METHOD OF INTENSIFICATION OF METHANE INFLOW THROUGH SURFACE DEGASSING BOREHOLES

¹Sofiyskiy K.K., ¹Prytula D.O., ¹Stasevych R.K., ¹Ahaiev R.A., ²Smirnov O.P.

¹Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poliakov of National Academy of Sciences of Ukraine, ²Institute of Pulse Processes and Technologies of National Academy of Sciences of Ukraine

Аннотация. В статье рассмотрена актуальность альтернативных источников энергии и их освоение в современных условиях. Одним из самых перспективных источников энергии является метан угольных месторождений, который находится в угольных пластах и газоносных песчаниках. Запасы данного полезного ископаемого в Украине, по разным оценкам, составляет от 4 до 12 трлн м³, что в 2,0 - 2,5 раза превышает запасы природного газа. Однако известные способы добычи не позволяют максимально эффективно и безопасно извлечь его из недр Земли. Согласно анализу существующих способов интенсификации притока и восстановления дебита поверхностных дегазационных скважин отмечено два способа: пневмогидродинамический и электроразрядный. Основными достоинствами этих способов является высокоэффективность, малоэнергозатратность и экологичность. Сущность пневмогидродинамического способа заключается в создании избыточного давления в системе скважина-пласт и последующим его резким сбросом через пробуренные с поверхности дегазационные скважины. Механизм воздействия направлен на создание знакопеременных нагрузок на газонасыщенный углепородный массив и за счет его фильтрационных свойств достигается декольматация прискважинной зоны. Данный процесс циклический и повторяется до соответствия критерию эффективности обработки – расход метана в экономически-обоснованных объемах. Сущность электроразрядного способа заключается в том, что в поверхностной дегазационной скважине, заполненной жидкостью, осуществляется электрический разряд. Это приводит к появлению циклических волн сжатия, пульсирующей парогазовой полости и мощных электромагнитных полей, которые воздействуют на кольматант прискважинной зоны. Данный способ позволяет избирательно воздействовать на продуктивный газонасыщенный углепородный массив. Данные способы зарекомендовали себя, как эффективно-обоснованные по добыче метана угольных месторождений, в нефтедобычи и очистке артезианских скважин. Статья направлена на возможность применения данных способов как комплексная добыча метана угольных месторождений и восстановления дебита поверхностных дегазационных скважин. Особенностью комплексного способа является то, что при пневмогидродинамическом воздействии, в режиме фильтрации, вода будет проникать глубже в газонасыщенный углепородный массив тем самым изменяя его упругие свойства и способствовать увеличению распространению волнового воздействия от электроразрядного способа.

Ключевые слова: интенсификация притока метана, пневмогидродинамический способ, электроразрядный способ, декольматация.

Современное развитие технологий и знаний рационального использования природных ресурсов позволяет менять энергетическую политику государств в сторону сохранения окружающей среды.

Осуществляется переход от устаревших моделей добычи конкретного вида ископаемого топлива энергетического сектора на новые модели, которые сориентированы на комплексную добычу полезных ископаемых. В свою очередь, новые модели рассчитаны на конкурентную среду, что повышает потенциал развития рынка. Вместе с этим, новые модели отдают предпочтение повышению энергоэффективности и использованию энергии с возобновляемых и альтернативных источников энергии.

Для собственных нужд Украина использует различные источники энергии, такие как уголь, атомная энергия, нефть, гидроэнергия, энергия солнца и ветра, а так же природный газ, среди которых большое значение имеет метан угольных месторождений [1]. Традиционно наиболее востребованные в Украине ископаемые ресурсы: уголь и природный газ, которые суммарно составляют более 60% отечественного энергетического баланса. В то же время в последние годы в результате изменений ценовой обстановки, технологий и мировых трендов доля других видов энергии в потреблении постепенно растет.

Среди природных газов большое значение имеет метан угольных месторождений (МУМ), который сопровождает угольные пласты и газоносные песчаники. Запасы МУМ в Украине, по разным оценкам, составляют от 4 до 12 трлн м³, что в 2,0 - 2,5 раза превышает запасы природного газа. При этом технически возможно добыть примерно 30%, то есть от 1,2 до 3,6 трлн. м³ [2], что позволяет существенно уменьшить импорт природного газа и удовлетворить потребности нашего государства в энергоносителях.

Повышение объемов добычи возможно наращиванием буровых работ, применением прогрессивной технологии вскрытия пласта, использование методов увеличения производительности новых скважин до сдачи в эксплуатацию и введение в практику эффективной технологии восстановления работоспособности старых скважин. При этом следует учесть, что затраты на увеличение производительности уже существующих скважин в 10 – 50 раз меньше затрат на бурение новых [3]. Следовательно, применение методов интенсификации метановыделения существующих скважин принесет значительную экономию финансовых и материальных ресурсов.

Одна из главных причин снижения производительности действующих скважин – снижение проницаемости призабойной зоны, вследствие кольтматации при бурении ее и эксплуатации. В основе методов декольтматации лежат: физические и химические способы воздействия на пласт или совместное физико-химическое воздействие. При выборе способа воздействия необходимо учитывать его экологичность и безопасность. Среди существующих способов [4-6] интенсификации притока метана в поверхностные дегазационные скважины два способа соответствуют вышеуказанным требованиям: пневмогидродинамический (ПГД) и электроразрядный.

ПГД способ добычи метана через поверхностные дегазационные скважины (ПДС) (рис 1) разработан в ИГТМ НАН Украины [3,4]. Физическая сущность способа заключается в том, что в скважину под давления подается сжатый воздух на протяжении определенного времени. В процессе фильтрации, через

глинистую корку и закольматированную зону пласта-коллектора, происходит нагнетание сжатого воздуха (воды, если есть в скважине) в пласт, тем самым повышается пластовое давление, создавая радиальное напряжение в нем. После того, как значение давления в скважине прекращает увеличиваться, осуществляется резкий его сброс. Давление в скважине на уровне коллектора практически мгновенно снижается до первоначального, а пластовое давление в прискважинной части коллектора еще остается выше, чем в скважине. С этого момента коллектор начинает вытеснять в скважину внедрившийся в него фильтрат. Вытесняемый фильтрат частично разрушает глинистую корку, а пластовое давление в прискважинной части коллектора снижается. После чего, наступает момент, когда действующий градиент давлений выравнивается с начальным градиентом, и восстанавливается начальное равновесное состояние пневмогидродинамической системы скважина – коллектор.

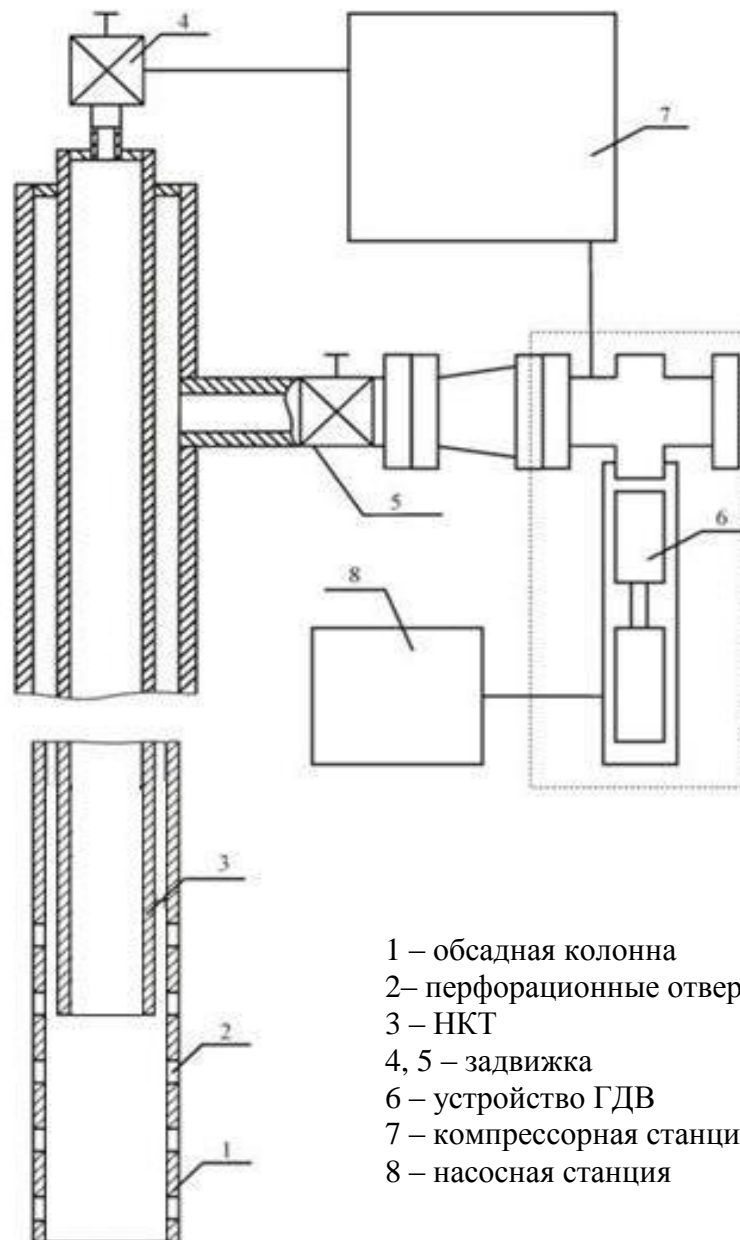


Рисунок 1 - Технологическая схема проведения ПГД воздействия на ПДС

Однако известно, что в основном метан скапливается в песчаниках, угольных пластах и пропалстках. Поэтому избирательное воздействие на продуктивный горизонт способом ПГД осуществить невозможно без применения дополнительного нефтескважинного оборудования. Еще одной особенностью данного способа является то, что он не разрушает прискважинную зону коллектора, а только восстанавливает ее природную пористость в режиме фильтрации.

Электроразрядный способ декольматации скважин эффективно используется для очистки призабойной зоны, как нефтяных, так и водозаборных скважин [7]. Сущность способ заключается в том, что в скважине, заполненной жидкостью, осуществляется электрический разряд. Это приводит к появлению циклических волн сжатия, пульсирующей парогазовой полости и мощных электромагнитных полей.

Сам процесс очистки скважин можно рассматривать следующим образом: в результате электрического разряда в скважинной жидкости распространяется волна давления, которая разрушает отложения кольматирующие перфорационные отверстия, призабойную зону скважины и фильтры. Дальнейшее движение воды приводит к выносу отложений в затрубное пространство и в ствол скважины. Электроразрядное воздействие также может сопровождаться возникновением кавитации и ряда других дополнительных факторов, которые способствуют дополнительной очистке [8].

При рассмотрении процесса очистки призабойной зоны скважины в случае электроразрядного воздействия, можно выделить следующие стадии:

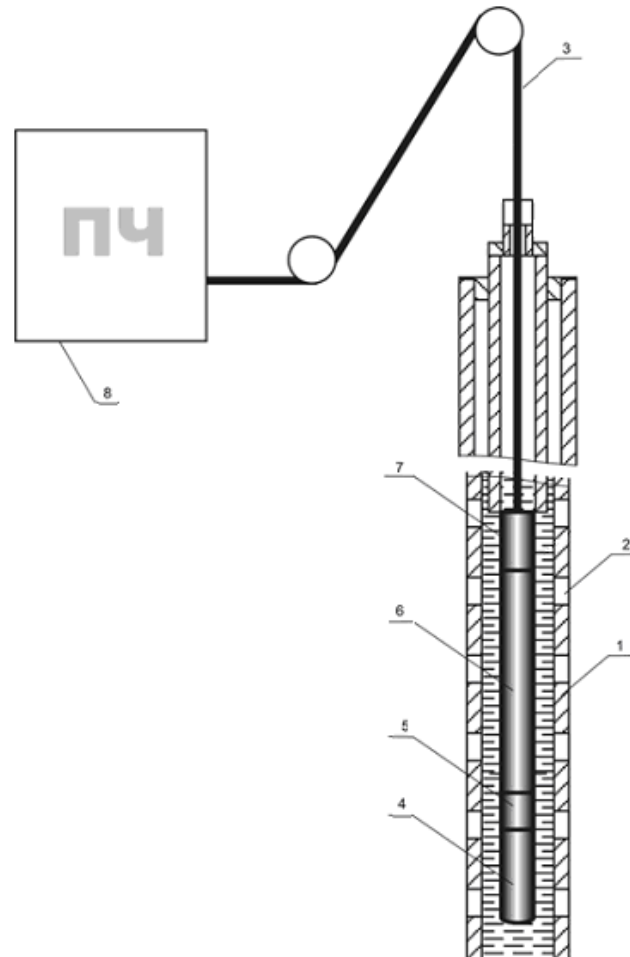
- волна сжатия разрушают отложения в зоне перфорационных отверстий;
- волна сжатия, многократно отражаясь, трансформируется в волны напряжения-растяжения, которые очищают и развивают трещинные каналы;
- перепады давления при импульсном воздействии изменяются попеременно по величине и направлению, в результате чего жидкость перемещается из застойных зон и каналов в зоны активного дренирования.

Как уже отмечалось выше, при электроразрядном способе декольматации происходит комплексное воздействие на обрабатываемый объект: волна давления, гидросток, электромагнитные поля. Поэтому электрический разряд в жидкости является эффективным способом воздействия на продуктивные пласты призабойной зоны добывающих скважин с целью повышения их дебита. Так, при электроразрядном воздействии на призабойную зону продуктивных пластов происходит удаление кольматанта, закупоривающего каналы поступления жидкости к скважине, повышается проницаемость призабойной зоны скважины, может возбуждаться интенсивная дегазация жидкости, заполняющей пустоты призабойной зоны и происходит интенсификация движения жидкости за счет акусто-капиллярных эффектов.

Электроразрядный способ декольматации позволяет очистить внутреннюю поверхность обсадной трубы скважины, фильтра, зону перфорационных отверстий, открытых пор и дальнюю «закрытую» часть призабойной зоны.

Электроразрядный способ декольматации скважин реализуется с помощью

электроразрядного погружного устройства (ЭПУ) (рис.2). В Институте импульсных процессов и технологий НАН Украины (г. Николаев) разработано ЭПУ типа «Скиф», которое эффективно используется при обработке скважин Украины, Ближнего Востока, Европы, Северной Америки, Китая и других стран [9]. Одними из главных преимуществ электроразрядного способа является его эффективность, возможность избирательного воздействия на конкретный продуктивный горизонт и экологическая чистота.



- 1 – обсадная колонна; 2 – перфорационные отверстия; 3 – геофизический кабель;
 4 – электродная система; 5 – разрядник; 6 – емкостные накопители; 7 – зарядный блок;
 8 – преобразователь частоты

Рисунок 2 – Схема обвязки устья скважины и расположения ЭПУ

Данные способы прошли промышленные испытания на ПАО «Шахта А.Ф.Засядько». Способ ПГД осуществлялся на 5 поверхностных дегазационных скважинах. В результате чего средний срок службы скважин увеличился в 4,7 раз, а их дебит в 3 раза. Всего добыто 41,68 млн. м³ метана. Электроразрядный метод впервые был апробирован на газовых скважинах ЗГ-1 и Щ-1355, и подтвердил свою работоспособность на глубине 2300-2400 м.

Исходя из выше сказанного, целесообразно рассмотреть комплексный волновой способ интенсификации притока метана в поверхностную

дегазационную скважину путем воздействия на продуктивные газоносные горизонты с применением ПГД и ЭПУ. Принцип способа будет заключаться в следующем. В поверхностную дегазационную скважину заливается расчетный объем воды, обеспечивающий эффективность применения ПГД воздействия и электроразрядного способа воздействия. Далее в скважину опускается ЭПУ типа «Скиф» на геофизическом кабеле на глубину равную залеганию продуктивного газонасыщенного горизонта. После чего с помощью оборудования ПГД воздействия компрессором в скважину подается сжатый воздух до расчетного значения. Далее, ЭПУ «Скиф» осуществляет обработку прискважинной зоны определенного глубинного интервала. После конкретного количества циклов обработки, работа электроразрядного оборудования прекращается и осуществляется резкий сброс давления сжатого воздуха из скважины с помощью оборудования ПГД. Циклы ПГД и электроразрядного воздействия повторяются до достижения критерия эффективности, а именно метановыделение в экономически-эффективных объемах.

Отличительной особенностью комплексного способа является то, что при применении ПГД воздействия, в режиме фильтрации, вода будет проникать глубже в газонасыщенный угленосный массив, тем самым, изменяя его упругие свойства, что будут способствовать увеличению распространения волнового воздействия от электроразрядного способа. После обработки горизонта электроразрядным воздействием при сбросе сжатого воздуха из скважины оборудованием ПГД воздействия разрушенные частички прискважинной зоны будут выноситься в скважину, т.е. будет осуществляться декольматация и восстановление природных коллекторских свойств прискважинной зоны.

Применение волнового способа для интенсификации притока метана через поверхностные дегазационные скважины позволит повысить безопасность ведения горных работ, улучшить экологическую ситуацию угледобывающего региона, а также снизит себестоимость на добычу угля за счет реализации газа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сморгон В.С., Боксерман Ю.А., П'ятничко О.І.. Програмні засоби для розроблення технологічних рішень і реалізації проектів ефективної утилізації вугільного метану // Нафтова і газова промисловість, 2006. №6. С. 23-26.
2. Agaiev R., Prytula D., Katulsky O. Intensification of coalbed methane recovery through the surface degassing borehole. In *New developments in mining engineering Theoretical and practical solutions of mineral resources mining*, 2015. pp.575-578. <https://doi.org/10.1201/b19901-99>
3. Башкатов Д.Н., Драхлис С.Л., Сафонов В.В. и др. Специальные работы при бурении и оборудовании скважин на воду. М.: Недра, 1988. 268 с.
4. Булат А.Ф., Софийский К.К., Бокий Б.В., и др. Управление азрологическими и геомеханическими процессами в угольных шахтах Мариуполь: ТОВ «Східний видавничий дім», 2016. 300 с.
5. Смирнов А.П. Сравнительный анализ основных методов интенсификации дебита скважин // Геотехническая механика: межвед. сб. науч. тр. Днепр: ИГТМ НАН Украины, 2006. Вып.64. С. 133-139.
6. Софийский К.К., Филимонов П.Е., Бокий Б.В. и др. Динамические способы декольматации поверхностных скважин Донецк: ТОВ «Східний видавничий дім», 2014. 247 с.
7. Максutow Р.А. Сизоненко О.Н., Малюшевский П.П. Использование электроразрядного воздействия на призабойную зону // Нефтяное хозяйство. 1985. №1. С. 34-35.
8. Гаврилко В.М., Алексеев В.С. Фильтры буровых скважин. М.: Недра, 1985. 334 с.
9. Жекул В. Г., Литвинов В.В., Мельхер Ю.И. и др. Погружные электроразрядные установки для интенсификации добычи полезных ископаемых // Нефтегазовая энергетика. Ивано-Франковск: ИФНТУНГ, 2017. № 1. С. 23-31.

REFERENCES

1. Smorshchok V.S., Boxerman Yu.A. and Piatnychko O.I. (2006), "Software for the development of technological solutions and implementation of projects for the effective utilization of coal methane", *Oil and gas industry*, no.6, pp.23-26.
2. Agaiev R., Prytula D., Katulsky O. (2015) "Intensification of coalbed methane recovery through the surface degassing borehole". In *New developments in mining engineering Theoretical and practical solutions of mineral resources mining*, pp. 575-578. <https://doi.org/10.1201/b19901-99>
3. Bashkatov D.N., Drakhlis S.L., Safonov V.V. [and others] (1988), *Spetsial'nyye raboty pri burenii i oborudovanii skvazhin na vodu* [Special work in drilling and equipping water borehole], Nedra, Moscow, SU.
4. Bulat A.F., Sofiysky K.K., Boki V.V. [and others] (2016), *Upravleniye aerologicheskimi i geomekhanicheskimi protsessami v ugolnykh shakhtakh* [Management of aerological and geomechanical processes in coal mines], TOV «Skhidnyy vydavnychiy dim», Mariupol, Ukraine, UA.
5. Smirnov O.P. (2006), "Comparative analysis of the main methods for stimulating well production", *Geo-Technical Mechanics*, no.64, pp. 133-139.
6. Sofiyskiy K.K., Filimonov P.E., Boki V.V. [and others] (2014), *Dinamicheskiye sposoby dekolmatatsii poverkhnostnykh skvazhin* [Dynamic methods of decolmatization of surface borehole], TOV «Skhidnyy vydavnychiy dim», Donetsk, UA.
7. Maksutov R.A. Sizonenko O.N. and Malyshevskiy P.P. (1985), "The use of electric discharge effects on the bottomhole zone", *Oil industry*, no 1, pp. 34-35.
8. Gavrilko V.M. and Alekseyev V.S. (1985), *Filtry burovnykh skvazhin* [Drill Filters], Nedra, Moscow, SU.
9. Zhekul V. G., Litvinov V. V. and Melkher YU. I. (2017), "Submersible electric discharge plants for the intensification of mining", *Oil and Gas Power Engineering*. no. 1, pp. 23-31.

Об авторах

Софийский Константин Константинович, доктор технических наук, профессор, заведующий отделом проблем технологий подземной разработки угольных месторождений, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины (ИГТМ НАН Украины), Днепр, Украина, igtmdep16@gmail.com

Прытула Дмитрий Александрович, аспирант ИГТМ НАН Украины, инженер 1 категории отдела проблем технологий подземной разработки угольных месторождений, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАН Украины), Днепр, Украина, igtmdep16@gmail.com.

Стасевич Рихард Казимирович, доктор технических наук, старший научный сотрудник отдела проблем технологий подземной разработки угольных месторождений, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины (ИГТМ НАН Украины), Днепр, Украина, rishardstas@gmail.com.

Агаев Руслан Агузулуевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела проблем технологий подземной разработки угольных месторождений, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАН Украины), Днепр, Украина, igtmdep16@gmail.com.

Смирнов Алексей Петрович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела импульсных процессов превращения энергии и методов и технологий обработки неметаллических материалов, Институт импульсных процессов и технологий Национальной академии наук Украины (ИИПТ НАН Украины), Николаев, Украина, smirnovap1978@gmail.com.

About the authors

Sofiyskiy Kostiantyn Kostiantynovych, Doctor of Technical Sciences (D.Sc.), Professor, Head of the Department of Underground Coal Mining Technology, Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poliakov of National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM NAS of Ukraine), Dnipro, Ukraine, igtmdep16@gmail.com.

Prytula Dmytro Oleksandrovych, doctoral student, engineer of the 1st category in Department of Underground Coal Mining, Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poliakov of National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM NAS of Ukraine), Dnipro, Ukraine, igtmdep16@gmail.com.

Stasevych Rishard Kazymirovych, Doctor of Technical Sciences (D.Sc.), Senior Researcher, Senior Researcher of the Department of Underground Coal Mining Technology, Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poliakov of National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM NAS of Ukraine), Dnipro, Ukraine, igtmdep16@gmail.com.

Ahaiev Ruslan Agaguluievych, Candidate of Technical Sciences (Ph.D), Senior Researcher of the Department of Underground Coal Mining Technology, Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poliakov of National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM NAS of Ukraine), Dnipro, Ukraine, igtmdep16@gmail.com.

Smirnov Oleksii Petrovych, Candidate of Technical Sciences (Ph.D), Senior Researcher in the Department of Pulse processes of energy conversion and methods and technologies for processing of non-metallic materials, Institute of Pulse Processes and Technologies under the National Academy of Sciences of Ukraine (IPPT NAS of Ukraine), Mykolaiv, Ukraine, smirnovap1978@gmail.com.

Анотація. У статті розглянута актуальність альтернативних джерел енергії та їх освоєння в сучасних умовах. Одним з найбільш перспективних джерел енергії є метан вугільних родовищ, який знаходиться в вугільних пластах і газоносних піщаниках. Запаси цих корисних копалин в Україні, за різними оцінками, становлять від 4 до 12 трлн м³, що в 2,0 - 2,5 рази перевищує запаси природного газу. Однак, відомі способи видобутку не дозволяють максимально ефективно і безпечно вилучити його з надр Землі. Згідно з аналізом існуючих способів

інтенсифікації притоку і відновлення дебіту поверхневих дегазаційних свердловин відзначено два способи: пневмогідродинамічний та електророзрядний. Основними перевагами цих способів є висока ефективність, мала енергозатратність та екологічність. Сутність пневмогідродинамічного способу полягає в створенні надлишкового тиску в системі свердловина-пласт і подальшим його різким скиданням через дегазаційні свердловини, що пробурені з поверхні. Механізм впливу спрямований на створення знакозмінних навантажень на газонасичений вуглепородний масив і за рахунок його фільтраційних властивостей досягається декольматація присвердловинної зони. Цей процес циклічний і повторюється до відповідності критерію ефективності обробки - витрата метану в економічно-обґрунтованих обсягах. Сутність електророзрядного способу полягає в тому, що в поверхневій дегазації свердловині, що заповнена рідиною, здійснюється електричний розряд. Це призводить до появи циклічних хвиль стиснення, пульсуючою парогазової порожнини і потужних електромагнітних полів, які діють на кольматант присвердловинної зони. Цей спосіб дозволяє вибірково впливати на продуктивний газонасичений вуглепородний масив. Дані способи зарекомендували себе, як ефективно-обґрунтовані з видобутку метану вугільних родовищ, в нафтовидобутку і очищення артезіанських свердловин. Стаття спрямована на можливість застосування даних способів як комплексного видобутку метану вугільних родовищ та відновлення дебіту поверхневих дегазаційних свердловин. Особливістю комплексного способу є те, що при пневмогідродинамічній дії, в режимі фільтрації, вода буде проникати глибше в газонасичений вуглепородний масив, тим самим змінюючи його пружні властивості та сприяти збільшенню поширенню хвильового впливу від електророзрядного способу.

Ключові слова: інтенсифікація притоку метану, пневмогідродинамічний спосіб, електророзрядний спосіб, декольматація.

Annotation. The authors consider the relevance of alternative energy sources and their development in modern conditions. Coal gas methane is one of the most promising sources of energy. It is found in coal seams and gas-bearing sandstones. The reserves of these minerals in Ukraine are estimated at between 4 - 12 trillion m³. This exceeds natural gas reserves by 2.0 - 2.5 times. However, the known methods of methane production do not allow to effectively and safely extract it from the depths of the Earth. According to the analysis of existing methods of intensification of methane inflow and restoration of the flow rate of surface degassing borehole, two methods are noted: pneumatic-hydrodynamic and electro-discharge. The main advantages of these methods are high efficiency, low energy consumption and environmental friendliness. The essence of the pneumatic-hydrodynamic method is to create excess pressure in the borehole-reservoir system and its abrupt discharge. This process is realized through degassing boreholes, which are drilled from the surface. The mechanism of such stimulation is aimed at: creation of alternating loads on the gas-saturated hydrocarbon massif; and decolmatation of the borehole zone due to its filtration properties. This process is cyclical and is repeated till meeting the criterion of treatment efficiency - methane consumption in economically justified volumes. The essence of the electro-discharge method lies in the fact that in the surface degassing borehole, filled with liquid, an electric discharge is carried out. This leads to cyclic compression waves, pulsating steam-gas cavity and powerful electromagnetic fields. These fields act on the colmatant of the borehole zone. This method allows selectively affecting the productive gas-saturated hydrocarbon massif. These methods have proved to be effectively substantiated in terms of extraction of methane from coal deposits, oil production and purification of artesian borehole. The purpose of the research was to prove a possibility of using these methods as a complex extraction of methane from coal deposits and restoration of the flow rate of surface degassing borehole. The peculiarity of the complex method is that during the pneumatic hydrodynamic action in the filtration mode the water penetrates deeper into the gas-saturated hydrocarbon massif, and, thereby, leads to changing elastic properties of the massif and contributes to better propagation of the wave action caused by the electro-discharge method.

Keywords: intensification of methane inflow, pneumohydrodynamic method, electro-discharge method, decolmatation.

Стаття надійшла до редакції 02.02. 2020

Рекомендовано до друку д-ром техн. наук С.А. Курносовим