

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ШАХТНЫХ ДЕГАЗАЦИОННЫХ СИСТЕМ**С. А. Курносоев, С. Ю. Макеев, Л. А. Новиков, И. Б. Константинова**

Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины

ул. Симферопольская, 2а, г. Днепр, 49005, Украина. E-mail: smakeev@ukr.net

Выполнен анализ различных методов интенсификации добычи метана из угленосной толщи на основании которого показано, что для управления газоотдачей целесообразно применять два принципиально различных механизма комплексного воздействия. Один из которых заключается в поинтервальном чередовании разделенными в пространстве идентичных способов воздействия, а второй – в выполнении одновременно разделенных в пространстве различных видов воздействия. При этом, каждый из способов решает не только самостоятельные задачи, но и, находясь в тандеме с другим способом, одновременно усиливает его действие, привнося больший, чем в отдельности, дополнительный эффект. Показано изменение аэродинамического сопротивления, создаваемого скоплением влаги в участковом дегазационном трубопроводе от времени межфазных взаимодействий. Представлены периоды изменения концентрации метана в воздухоотводящей выработке в зависимости от времени отключения средств дегазации, а также характер изменения концентрации метана при накоплении конденсата в трубопроводе.

Ключевые слова: метан, концентрация, дегазация, трубопровод, влага.**КОНЦЕПТУАЛЬНІ ОСНОВИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ШАХТНИХ ДЕГАЗАЦІЙНИХ СИСТЕМ****С. А. Курносоев, С. Ю. Макеев, Л. А. Новиков, И. Б. Константинова**

Институт геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України

вул. Сімферопольська, 2а, м. Дніпро, 49005, Україна. E-mail: smakeev@ukr.net

Розроблено концептуальні основи функціонування системи дегазациї вугільних шахт на основі вивчення впливу засобів дегазациї та ефективності їх роботи на концентрацію метану в вентиляційному потоці. Скупчення конденсату в дегазацийному трубопроводі призводить до підвищення тиску газової суміші перед місцем скупчення, падіння її витрати і зменшенню кількості газу, що каптується дегазацийними свердловинами. При виконанні теоретичних розрахунків використане математичне моделювання аеродинамічного опору, створюваного шляхом накопичення конденсату в ділянці дегазацийного трубопроводу. Виконане співвідношення результатів моделювання з експериментальними даними, отриманими шляхом зміни концентрації метану у вентиляційній мережі по мірі його накопичення. Проведений аналіз вмісту метану у вентиляційний потік і встановлені закономірності зміни концентрації метану при відключенні дегазациї і при перекритті трубопроводів. Отримана залежність аеродинамічного опору, створюваного шляхом накопичення вологи в дренажному трубопроводі від часу міжфазних взаємодій. Це дозволяє вивчати механізм зміни концентрації метану в виробленому просторі при зміні умов дегазациї. Представлені періоди зміни концентрації метану у виробі, що відводить повітря, в залежності від часу відключення засобів дегазациї, а також характер зміни концентрації метану при накопиченні конденсату в трубопроводі. Вперше запропоновано два принципово різних механізми комплексного впливу на гірський масив для посилення вилучення метану. Вперше запропоновано використовувати коефіцієнт місцевого аеродинамічного опору рідини в дренажному трубопроводі. Вперше проведено комплексне дослідження впливу накопичення вологи в трубопроводі на динаміку зміни концентрації метану. Практична цінність полягає в тому, що результати розрахунку дегазацийної системи дозволяють вибрати раціональні параметри її роботи, вибрати режими роботи вакуумних насосів, які забезпечують економію енергії і підвищують ефективність процесу дегазациї та безпеку праці.

Ключові слова: метан, концентрація, дегазация, трубопровід, волога.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. В современных условиях при разработке угольных месторождений добычей только угля уже не ограничиваются, рассматривая выделяющийся газ метан как дополнительный ресурс, который также необходимо извлекать на поверхность и использовать как топливо [1–3].

Несмотря на большое разнообразие имеющихся и разрабатываемых способов управления газоотдачей пластов, требуется ее более глубокое стимулирование. Эта необходимость вызвана: с одной стороны, многообразием характеристик и условий залегания пластов, существенно влияющих на процесс газоотдачи, а с другой – особенностями применения известных способов интенсификации, их параметрами и эффективностью, а также трудоемкостью и стоимостью выполняемых работ.

Кроме того, теория и практика извлечения метана свидетельствуют, что данный процесс неразрывен с решением двух взаимосвязанных задач: повышением газопроницаемости пластов и обеспечением интенсификации их газоотдачи, которые далеко не всегда можно реализовать путем применения только одного вида воздействия на горный массив или пласт. На практике это обстоятельство обычно учитывается путем разработки и применения комплекса технологических приемов по стимулированию метановыделения [4].

Сочетание различных способов основывается на применении ряда воздействий на горный массив, что позволит существенно повысить их эффективность. С учетом данного фактора выгодно использовать более простые и дешевые физические методы интенсификации газоотдачи пластов.

Необходимо установити закономірності змінення напружено-деформованого стану і структури масиву при извлеченні газу із пластів в різноманітних горно-геологічних умовах, а також дослідити вплив виробничо-технічних факторів на закономірності формування зон розгрузки - пригрузки в масиві, його проникність і процеси метановиділення. Останні повинні бути ув'язані з технологією извлечения таким чином, щоб термодинамічне рівноваження в метастабільній системі «уголь-газ» порушилось спеціально підібраним впливом в потрібному напрямку. Це особливо важливо для пластів, де все менше газу в вільному стані і все більше колюматуючих факторів, перешкоджають його добычі.

Вплив на подібні об'єкти ефективно при використанні методів, включаючих в себе нові науково-технічні рішення, об'єднані принципом формування в горному масиві фізических полів в формі волн різної частоти. Такі способи приводять до руйнування надмолекулярних структур речовини і виділенню глибоко законсервованих флюїдних компонентів.

С іншої сторони, вказані способи управління газовиділенням не завжди адекватні в плані їх застосування на неоднотипних по відношенню один до одного родовищах. В кожному з них присутствують свої фактори впливу на процес газоотдачі, який реалізується при необхідному поєднанні мінімальної величини динамічних навантажень з ефективним вовлеченням в роботу раціональної тріщинної структури. Такий результат досягається при отриманні не однієї, а декількох магістральних тріщин, які достатньо рівномірно охоплюють глибинні шари оброблюваного масиву.

Для підвищення газоотдачі при оцінці технологічної ефективності проведення того чи іншого способу на кожному об'єкті необхідно враховувати реалізувану на ньому систему розробки, визначаючу взаємне розташування скважин, особливо горно-геологічного залягання угольного пласта.

Крім розкриття тріщин в масиві і отримання задовільної гідралічної проникності необхідно ще і витіснити з них метан. Для цього існують способи извлечения метану з підроблюваного угольного пласта, включаючі неперервне нагнетання в угольний пласт газу, що містить двоокис вуглецю, активізуючого тем самым процес десорбції з експлуатаційної скважини [5].

Відомий спосіб стимулювання скважинної дегазації вугля шляхом нагнетання в угольний пласт пени, яка сприяє розкриттю природних і утворенню нових тріщин в угольному масиві, після цього в скважину під високим тиском нагнетается газ (повітря або азот), а потім раптово знімається тиск, викликаючи тем самым інтенсивну дегазацію вугля навколо пробуреної скважини.

Використання хімічних окислюючих добавок для збільшення извлечения метану з угольного

пласта рекомендується в тому випадку, коли інші методи застосовувати нерентабельно. Як добавки можуть бути використані перекис водню, кисень, двоокис хлору, гіпохлорит, водні розчини металічних солей хлорної кислоти, перхлорат, хлорат, нітрат, персульфат, перборат, перкарбонат, перманганат і їх поєднання.

При фізико-хімічному впливі хімічно активної розчину карбаміду на уголь і містять породи відбувається змінення його фізико-механічесеских властивостей. Розчин карбаміду взаємодіє з вуглем за типу основної каталіза, причому збільшення температури і концентрації дозволяє збільшити швидкість реакції руйнування карбоксильних груп і тем самым створює умови, що дозволяють збільшити метановиділення з газозогольного масиву.

На основі аналізу методів інтенсифікації добычі метану з вугленосної товщини можна констатувати, що для збільшення дебіта виділення метану з скважин, цілесобразно в залежності від горно-геологічних умов комплексно застосовувати як методи динамічного впливу (гідроімпульсний, вібраційний, гідродинамічесеский і др.) так і фізико-хімічесескі методи [6].

Цінність комплексного впливу в тому, що один спосіб може тільки частково змінити структуру горних порід в вибраному напрямку, не доводячи їх до занадто різкого остаточного руйнування (переизмельчення). Наступаюче вплив іншими способами повинно завершити вказані змінення. Тому тут важливо вибрати потрібну чередність для декількох впливів в одному і тому ж місці їх застосування до масиву. Це обумовлює другий варіант комплексного впливу. В користь останнього говорить факт, що управління газоотдачей здійснюється в формуванні колектора з певними властивостями, сприятливими для извлечения газу (пористість, проникність, властивості пластів флюїдів – в'язкість, фазовий склад і др.).

Найбільш перспективними, як уже говорилося, є імпульсні методи впливу на породний масив, здатні створювати протяженні тріщини, розкриття яких достатньо для високої гідралічної провідності. Ці впливи викликають суттєве і довготривале змінення структури залежності і сприяють більш ефективному извлеченню метану.

Тому, чим більш раціонально і рівномірно буде відбуватися формування протяжених тріщин, на що власне і направлено комплексне вплив, тим менше газу буде задержуватися в масиві. Допоміжну роль в розм'якшенні матеріалу завжди вносить горне тиск, і тому важливо на якій глибині і на яких шарах, лежачих вище або нижче від початкового місця застосування навантаження, в наступному буде здійснюватися вплив.

Немаловажним фактором результативності комплексного впливу є фронт його розповсюдження в масиві, тобто радіус ефективного впливу застосовуваних технологій. При ви-

полненні работ необхідно добиватися пересечения этих радиусов, например, двух различных воздействий, находящихся на определенном расстоянии друг от друга. Для получения стабильного эффекта рекомендуется своевременно производить перестановку: место приложения одного из способов становится местом приложения другого.

Таким образом, два различных вида воздействия оказываются разделенными в пространстве, но выполняемыми одновременно, что позволяет наиболее полно охватывать продуктивную область газосодержащего массива. При этом каждый из способов в меру своих возможностей оказывает влияние на только ему подвластные факторы, препятствующие эффективной газоотдаче, а в совокупности – на весь спектр флюидосодерживающих осложнений, требующих устранения.

Не менее интересным представляется элемент взаимодействия и при использовании двух одинаковых способов, которые осуществляются одновременно на расстоянии друг от друга, не меньшем радиуса их эффективного взаимовлияния, но при этом ключевые моменты выполняемых мероприятий смещены во времени. Комплексный фактор в этом случае заключается не в применении различных способов воздействия, а в поинтервальном чередовании фильтрационных режимов, реализуемых разделенными в пространстве идентичными способами.

Уникальность приведенной технологии с доминированием временного фактора в управлении процессом состоит в том, что каждый из способов решает не только самостоятельные задачи, но и, находясь в тандеме с другим способом, одновременно усиливает его действие, приносящий больший, чем в отдельности, дополнительный эффект.

Здесь можно предложить использование технологии подземной дегазации углепородного массива в режиме гидродинамического воздействия [7], когда после сброса давления (разгрузки одной из скважин) возникающая кавитация срабатывает не в стандартном режиме, а участвует в дополнительной добыче с вовлечением в этот процесс угольного пласта в большем объеме и также увеличивает количество выделяющего газа. Это происходит за счет дополнительной нагрузки, создаваемой давлением от производимого гидродинамического воздействия в скважине, соседней с первой, которая расположена в зоне их взаимного эффективного влияния. При наличии в технологическом цикле совместного воздействия более двух скважин, задействуются новая, следующая за этими скважинами. К ней подключается оборудование от первой отработанной скважины и производится нагнетание жидкости, а во второй скважине осуществляется сброс давления, и процесс повторяется последовательно на всем отрезке, где имеются пробуренные заранее скважины.

После добычи газ подается в шахтный дегазационный трубопровод. Эффективность отвода и утилизации шахтного метана зависит от используемых схем вентиляции и способов дегазации. При этом нарушение в работе дегазации либо ее недостаточная эффективность является одной из причин возникновения аварийных ситуаций. Так образование

скопления влаги в участковом трубопроводе с течением времени приводит к нарушению его функционирования, что приводит к повышению содержания метана. В связи с этим необходимо учитывать возможные нарушения в работе используемых средств дегазации, а также их влияние на газовую обстановку выемочного участка.

Целью работы является разработка концептуальных основ функционирования шахтной дегазационной системы на основе исследования влияния средств дегазации и эффективности их работы на концентрацию метана в вентиляционном потоке.

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. В работе [8] приведено соотношение для аэродинамического сопротивления участкового дегазационного трубопровода со скоплением конденсата. С учетом указанных зависимостей было получено соотношение для аэродинамического сопротивления, создаваемого скоплением влаги в месте его локализации

$$R_s = \frac{8\rho}{\pi^2 d^4} (\xi + \xi_m + \zeta) + R_{vol} \left(1 - \frac{t}{e^{10t}} \right), \quad (1)$$

где ρ – плотность газовой смеси, кг/м³; d – средний диаметр трубопровода в месте скопления, м; t – время межфазных взаимодействий до образования волнового возмущения жидкости с максимальной амплитудой, с; ξ , ξ_m , ζ – соответственно коэффициенты сопротивления трения, межфазного трения [9] и местного сопротивления; R_{vol} – аэродинамическое сопротивление волнового возмущения жидкости с максимальной амплитудой, Па·с²/м⁶.

В 2003 г. на шахте им. А. Ф. Засядько проводились эксперименты по оценке влияния задействованных средств дегазации на величину концентрации метана [10] в исходящей вентиляционной струе выемочного участка 16 западной лавы по пласту m_3 . Измерения проводились в вентиляционном ходке уклона № 7. Также рассматривалось изменение концентрации метана при нарушении работы дегазационного трубопровода, вызванное скоплением влаги. Аналогичные эксперименты проводились на шахте «Краснолиманская» (2011 г.), где оценивалось влияние разряжения в дегазационном трубопроводе на величину концентрации метана в вентиляционной выработке.

На рис. 1 представлены результаты расчета аэродинамического сопротивления, создаваемого скоплением влаги, полученные по формуле (1) и экспериментальные данные. Здесь начальным потерям проходного сечения трубопровода равным 20, 50 и 80 % ($t = 0$) соответствуют уровни жидкости $0,25D_v$, $0,5D_v$ и $0,75D_v$.

Из анализа рис. 1 следует, что аэродинамическое сопротивление, создаваемое скоплением влаги в участковом дегазационном трубопроводе, прямо пропорционально времени межфазных взаимодействий до момента образования волнового возмущения жидкости с максимальной амплитудой, и изменяется по экспоненциальной зависимости. При этом нарушение дегазации и возникновение аварийных ситуаций происходит при начальном уменьшении

проходного сечения трубопровода на 50-80 %, приводящем к образованию водяной пробки, устойчивой в диапазоне от 1 до 2 с, а величина аэродинамического сопротивления принимает максимальное значение.

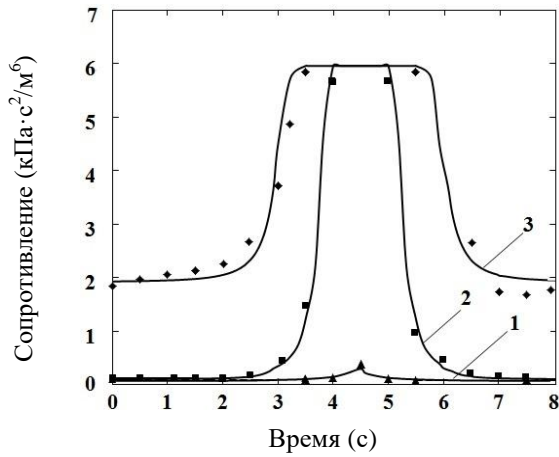


Рисунок 1 – Зависимость аэродинамического сопротивления скопления влаги в дегазационном трубопроводе от времени межфазных взаимодействий: 1, 2, 3 – расчетные зависимости соответственно при уменьшении проходного сечения трубопровода в начальной стадии процесса на 20, 50 и 80 %; ▲, ■, ◆ – экспериментальные данные

На рис. 2 представлен характер изменения концентрации метана в вентиляционном ходке при отключении дегазации (трубопровод изолированного газоотвода и дегазационный) при схеме проветривания 2-В.

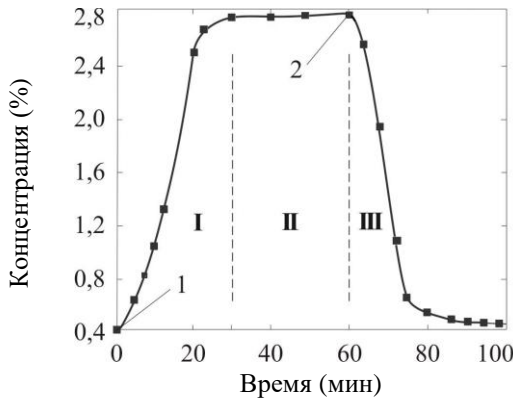


Рисунок 2 – Экспериментальная зависимость концентрации метана в воздухоотводящей выработке от времени отключения дегазации: I, II, III – основные периоды изменения; 1 – отключение дегазации; 2 – включение дегазации

На рис. 3 представлен характер изменения концентрации метана в вентиляционном ходке по мере накопления конденсата в участковом дегазационном трубопроводе при схеме проветривания 1-К.

Анализ рис. 2 и рис. 3 показывает что изменение концентрации метана в воздухоотводящей выработке разделяется на три периода: первый – рост по экспо-

ненциальной зависимости до своего максимального значения в течении 30 мин и более после отключения дегазации с превышением допустимой концентрации через 10-15 мин; второй – стабилизированное значение; третий – снижение по логарифмической зависимости после включения дегазации. При этом нарушение функционирования дегазационного трубопровода, вызванное скоплением влаги, приводит к экспоненциальному возрастанию концентрации метана в течении 2,5-3 часов на 0,12-0,32 %.

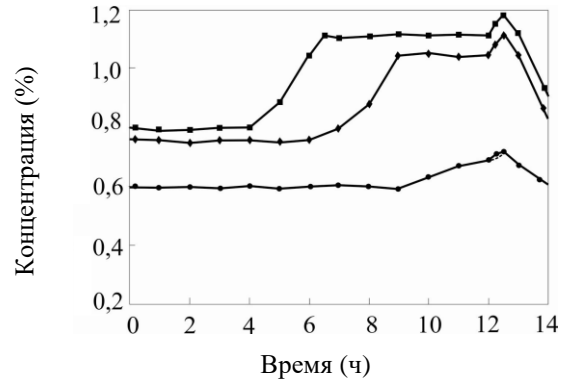


Рисунок 3 – Изменение концентрации метана в воздухоотводящей выработке при накоплении конденсата в участковом дегазационном трубопроводе: ●, ◆, ■ – экспериментальные данные, соответствующие уменьшению проходного сечения трубопровода на 20, 50 и 80 %

Таким образом, начальное уменьшение проходного сечения дегазационного трубопровода скоплением влаги на 50% и более приводит к нарушению его функционирования. При этом аэродинамическое сопротивление скопления влаги принимает максимальное значение.

При отключении средств дегазации на 30 мин и более происходит увеличение концентрации метана в вентиляционном потоке и ее стабилизация на новом уровне. Аналогичный характер изменения концентрации наблюдается при накоплении конденсата в дегазационном трубопроводе.

Скопление конденсата в дегазационном трубопроводе приводит к повышению давления газовой смеси перед местом скопления и падению ее расхода. При этом соответственно снижается величина разрежения в указанном сечении. Это приводит к уменьшению количества газа, каптируемого дегазационными скважинами.

Представленные на рисунках экспериментальные зависимости согласуются с теоретическими расчетами газодинамических процессов, что свидетельствует об обоснованности полученных результатов проведенных исследований.

ВЫВОДЫ. Эффективность применения изложенных способов интенсификации газоотдачи углеродного массива и функционирования шахтных дегазационных систем, в целом, обеспечивается научно обоснованным подходом к построению схем дегазации и дальнейшего транспортирования метано-воздушной смеси. Такой подход позволяет в полной мере использовать потенциал, изменяющих-

ся в просторі і в часі під впливом очисних робіт, зон пригрузки і разгрузки масива. Сотрудниками ИГТМ НАНУ розроблені науково-технічні принципи извлечения метана, базируючі на закономірностях изменения напряженно-деформированного состояния масива в процесі ведення горних робіт. Их основні положення заключаються в наступному [11].

До початку проведення дегазаційних робіт по результатам геологічної розвідки і опыта отработки смежных лав-аналогов определяют зоны основных скоплений метана в массиве, их размеры, ориентирование относительно подготовленного к отработке выемочного столба, осуществляют прогноз плотности запасов метана в данных зонах, способность деформирующихся газоносных пород отдавать газ, зависящую от их типа. Наиболее интенсивная газоотдача наблюдается при разрушении песчаников и угольных пластов. Выбор схемы дегазации осуществляют с учетом минимизации протяженности дегазационных скважин, направленных на зоны скопления метана.

При проектировании дегазационных мероприятий, дегазируемый массив условно делится на четыре зоны, отличающиеся напряженно-деформированным состоянием массива: зона подготовленного к отработке выемочного столба впереди лавы; зона отработываемого столба за лавой; зона ранее отработанного столба; зона сопряжения смежных столбов. Процессы высвобождения метана в перечисленных зонах существенно отличаются по количественным и временным показателям (в зависимости от положения забоя отработываемой лавы).

В отработываемом столбе осуществляют опережающую и текущую дегазацию. Вне зоны влияния очистных работ массив находится в состоянии геостатического сжатия и его газоотдача зависит от природной газоносности и проницаемости пород. Для обеспечения эффективной и продолжительной работы дегазационных скважин, их длину и угол наклона рассчитывают с учетом угла полных сдвижений таким образом, чтобы скважины пересекали пласты газоносных пород на высоту не менее 30-ти мощностей угольного пласта и не попадали в зону полных сдвижений при отработке пласта. Дебит метана из данных скважин вне зоны влияния лавы незначительный, при активизации трещинообразования впереди лавы он увеличивается в 2,5-3 раза, а в зоне влияния временного опорного давления трещины смыкаются и газоотдача массива прекращается.

В зоне отработываемого столба за лавой в результате интенсивного разрушения подработанных пород производительность дегазационных скважин достигает максимальных значений с последующим затуханием по параболической зависимости по мере удаления лавы. Время активной работы скважин в зоне разрушения за очистным забоем соответствует времени двух шагов посадки основной кровли, что зависит от прочности пород кровли и скорости подвигания забоя лавы. В начальный период после прохода лавы наиболее эффективную газоотдачу следует ожидать из нижних слоев кровли высотой до 5-6 мощностей пласта, а с течением

времени, по мере истощения нижних слоев, основной газоприток в скважины происходит из верхних слоев, высотой до 30 мощностей пласта.

В зоне сопряжения ранее отработанного и отработываемого столбов до подхода лавы породы подвержены стационарному опорному давлению и характеризуются низким уровнем газоотдачи. Такая ситуация сохраняется до подхода линии очистного забоя на расстояние ширины зоны временного опорного давления, вытесняющего метан из разрабатываемого столба в частично нарушенные породы сопряжения, в результате чего дебит метана из скважин начинает возрастать. До прохода смежной лавы, в сторону ранее выработанного пространства образована консоль зависания пород под углом линии полных сдвижений, а следом за лавой – консоль с аналогичными геометрическими параметрами зависит и над отработываемым столбом. Обрушение основной кровли за отработываемой лавой влечет и обрушение консолей на сопряжении, в результате чего разрушается барьер, препятствующий миграции метана между ранее отработанным и отработываемым массивами, и газовыделение в этой зоне возрастает в несколько раз по параболической зависимости.

Количество скважин, обеспечивающее эффективную дегазацию за отработываемой лавой и на сопряжении столбов с учетом объема метана, разрабатываемого вентиляционной системой до безопасного содержания, прямо пропорционально ширине консоли зависания основной кровли, квадрату расстояния до кровли газоносного слоя, а также среднему давлению газа в области дренирования и обратно пропорционально количеству метана, извлекаемого одной скважиной.

В зоне ранее отработанного выемочного столба с уменьшением расстояния до сопряжения отработанного и отработываемого массивов, являющегося концентратором стационарного опорного давления, дебит метана снижается по степенной зависимости. Под влиянием очистных работ интенсифицируются процессы трещинообразования в прилегающей к смежной лаве части ранее отработанного массива, под воздействием временного опорного давления в нее выдавливается газ из разрабатываемого столба, в результате дебит метана в скважины возрастает более чем в 10 раз при уменьшении расстояния до сопряжения.

Для предварительной дегазации скважины бурят без разворота относительно линии падения пласта, с незначительным, но не снижающим их устойчивости и эффективности углом наклона к горизонту. Для текущей дегазации – без разворота и с разворотом относительно линии падения пласта, в направлении пересечения кровли газоносных пород с линией угла разгрузки от повышенного горного давления.

В дальнейшем планируется проведение исследований влияния разрежения в дегазационных скважинах на дебит каптируемого метана и обоснование режимов работы вакуум насосов при возникновении аварийных ситуаций на выемочных участках шахт.

ЛИТЕРАТУРА

1. Булат А. Ф. Концепция комплексной дегазации углепородного массива для условий шахты им. А.Ф. Засядько. *Межведомственный сборник научных трудов. Геотехническая механика*. Днепропетровск, 2002. Вып. 37. С. 10–17.
2. Лукинов В. В. Горно-геологические условия образования скоплений свободного метана на угольных месторождениях. *Науковий вісник НГУ*. Днепропетровск. № 4. 2007. С. 55–59.
3. Кузря С. В., Дрозник И. Д., Кафтан Ю. С., Должанская Ю. Б. Извлечение шахтного метана и защита окружающей среды. *Уголь Украины*. 2005. № 6. С. 13–15.
4. Круковская В. В., Круковский А. П., Кочерга В. Н. Эффективность работы дегазационных скважин при использовании различных способов охраны выемочного штрека. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. 2016. Вып. 4/2016 (99). С. 36–41.
5. Bulat A. F., Mineev S. P., Prusova A. A. Generating methane adsorption under relaxation of molecular structure of coal. *Journal of Mining Science*. Jan. 2016. Vol. 52. No. 1. Pp. 70–79.
6. Makeev S. Yu., Andreev S. Yu., Ryzhov G. A. Управление состоянием углепородного массива совмещением физико-химического и импульсного методов. *Тезисы докладов VI Российско-Китайского научно-технического форума 13-17 июня 2016 г. Проблемы нелинейной геомеханики на*

больших глубинах. Апатиты : ГоИ КНЦ РАН, 2016. С. 117.

7. Софийский К. К., Житленок Д. М., Петух А. П. [и др.]. Способы интенсификации дегазации угольных пластов и предотвращения выбросов угля и газа. Донецк : ТОВ «Східний видавничий дім», 2014. 460 с.

8. Новиков Л. А. Влияние дисперсной фазы на гидравлическое сопротивление участков дегазационных трубопроводов. *Межведомственный сборник научных трудов. Геотехническая механика*. Днепропетровск. 2014. Вып. 114. С. 154–161.

9. Марон В. И. Гидравлика двухфазных потоков в трубопроводах. СПб. : Лань, 2012. 256 с.

10. Бунько Т. В., Кокоулин И. Е., Жалилов А. Ш., Бокий А. Б. Совершенствование метода расчета концентраций метана по сети горных выработок, включающих рассредоточенные источники метановыделения. *Межведомственный сборник научных трудов. Геотехническая механика*. Днепропетровск, 2015. Вып. 120. С. 31–42.

11. Курносоев С. А. Дегазация нарушенного горными работами породного массива позади лавы. *Межведомственный сборник научных трудов. Геотехническая механика*. Днепропетровск, 2014. Вып. 114. С. 76–84.

THE CONCEPTUAL FUNDAMENTALS FOR THE FUNCTIONING OF THE MINE DEGASIFICATION SYSTEM

S. Kurnosov, S. Makeiev, L. Novikov, I. Konstantinova

N.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine
vul. Simferopolska, 2a, Dnipro, 49005, Ukraine. E-mail: smakeev@ukr.net

Purpose. The aim of the research is to develop conceptual fundamentals for the functioning of the mine degasification system based on the studies of the effect of the units of degassing and efficiency of their work on the concentration of methane in the ventilation flow. The accumulation of condensate in the pipeline degasation leads to increase in pressure of the gas mixture before the point of congestion, the drop in its consumption and reducing the amount of gas degassing wells. **Methodology.** When performing theoretical calculations there has been used mathematical modeling of the aerodynamic drag created by the accumulation of condensate in the precinct of degassing pipeline. **Practical value.** We have correlated the simulated results with the experimental data obtained by changing the concentration of methane in ventilation as it accumulates. We have conducted an analysis of methane content in the vent stream and established regularities of changes in the concentration of methane when disconnecting degassing and at the overlap of the pipeline. We have got the dependence of the aerodynamic drag created by the moisture accumulation in the drainage pipeline from the time of occurrence of interfacial interactions. This allows us to study the mechanism of changes in the concentration of methane in the produced space when the conditions of degassing. The practical value lies in the fact that the results of calculation degassing system allow to choose rational parameters, to select operation modes of vacuum pumps, providing energy savings and efficiency of the degasification process. **Conclusions.** For the first time, we have proposed two fundamentally different mechanisms of complex influence on the massif to enhance the impact of methane. For the first time, we have proposed the use of the ratio for the local aerodynamic drag of fluid in drainage tubing. For the first time, we have conducted a comprehensive study of the influence of moisture accumulation in the conduit on the dynamics of methane References 11, figures 3.

Key words: methane, concentration, degassing, pipeline, moisture.

REFERENCES

1. Bulat, A. F. (2002), "The concept of integrated degassing of coal rock mass conditions to mine named A. F. Zasyadko", *Geotechnical mechanics*, no. 37, pp. 10-17.

2. Lukinov, V. V. (2007), "Mining and geological terms of formation of accumulations of free methane in coal deposits", *Scientific Bulletin of National Mining University*, no. 4, pp. 55-59.

3. Kuzarya, S. V., Droznik, I. D., Kaftan, Yu. S., Dolzhanskaya, Yu. B. (2005) "Methane extraction and

environmental protection”, *Ugol Ukrainyi*, no 6, pp. 13-15.

4. Krukovskaya, V. V., Krukovskiy, A. P., Kocheraga, V. N. (2016), “The change of the rock massif stress state in the working face during drilling and blasting operations”, *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University*, is. 4(99), pp. 36-41.

5. Bulat, A. F., Mineev, S. P., Prusova, A. A. (2016), “Generating methane adsorption under relaxation of molecular structure of coal”, *Journal of Mining Science*, Jan. 2016, vol.52, no.1, pp. 70-79.

6. Makeiev, S. Yu., Andreiev, S. Yu., Ryzhov, G. A. (2016), “State management of coal-rock mass combination of physico-chemical and impulse methods”, *Problemy nelineinoi geomekhaniki na bolshih glubinakh. Tezisy dokladov VI Rossijsko-Kitajskogo foruma* [Problems of nonlinear geomechanics at great depths: Abstracts of VI Russian-Chinese scientific-technical forum], Apatity, June 13-17, 2016, p. 117.

7. Sofijskij, K. K., Zhitlenok, D. M., Petukh, A. P. (2014), *Sposoby intensifikacii degazacii ugolnykh plastov i predotvrasheniya vybrosov uglya i gaza* [The ways for intensification of coal seams degassing and prevent the emission of coal and gas], Skhidnyi vydavnychii dim, Donetsk, Ukraine.

8. Novikov, L. A. (2014), “Impact of disperse phase on hydraulic resistance of district degassing pipelines”, *Geotechnical Mechanics*, no. 114, pp. 154-161.

9. Maron, V. I. (2012), *Gidravlika dvuhfaznyih potokov v truboprovodah* [Hydraulics of two-phase flows in pipes], Lan, St.- Petersburg, Russia.

10. Bunko, T. V., Kokoulin, I. E., Zhalilov, A. Sh., Bokiy, A. B. (2015), “Perfection of method calculation concentrations of methane on the network of the mine making including the dispersed sources of methane emission”, *Geotechnical mechanics*, no. 120, pp. 31-42.

11. Kurnosov, S. A. (2014), “Degassing of the rock massif disturbed by mining operations behind lava”, *Geotechnical Mechanics*, no. 114, pp. 76-84.

Стаття надійшла 16.11.2018.