

Код МРНТИ 52.35.35

Р.А. Мусин, *Н.М. Замалиев, Д.Р. Ахматнуров, Э.Д. Решетняков
Некоммерческое акционерное общество «Карагандинский технический университет
им. Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан)

МНОГОСТАДИЙНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ УГОЛЬНОГО МЕТАНА: РЕЗУЛЬТАТЫ ЛАБОРАТОРНЫХ И ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Аннотация. Статья посвящена разработке многостадийных технологий извлечения угольного метана, основанных на изменении форм его связи с угольным веществом. Приведены результаты теоретических исследований, лабораторных экспериментов и опытно-промышленных испытаний на пластах Карагандинского бассейна. Установлены закономерности сорбции и десорбции метана, влияние увлажнения угля и гидродинамических воздействий на газоотдачу. Обоснована необходимость комплексного подхода с формированием техногенных коллекторов для повышения проницаемости массива и эффективности дегазации. Полученные результаты имеют промышленное и экологическое значение, повышая безопасность горных работ и позволяя использовать метан как альтернативный энергоресурс.

Ключевые слова: угольный метан, дегазация, гидрообработка, сорбция и десорбция, Карагандинский угольный бассейн.

Көмір метанын өндірудің көпсатылы технологиялары: зертханалық және тәжірибелік-өнеркәсіптік зерттеулердің нәтижелері

Андатпа. Мақала көмір метанын өндірудің көпсатылы технологияларын әзірлеуге арналған, олардың негізі – газдың көмір затымен байланыс формаларын өзгерту. Караганды көмір бассейнінің қабаттарында жүргізілген теориялық зерттеулердің, зертханалық тәжірибелердің және тәжірибелік-өнеркәсіптік сынақтардың нәтижелері келтірілген. Метанның сорбциясы мен десорбциясының заңдылықтары, сондай-ақ көмірдің ылғалдануы мен гидродинамикалық әсерлердің газ бөлінуіне ықпалы анықталды. Массивтің өткізгіштігін және дегазация тиімділігін арттыру үшін техногендік коллекторларды қалыптастыруды көздейтін кешенді тәсілдің қажеттілігі негізделді. Алынған нәтижелер өнеркәсіптік және экологиялық тұрғыдан маңызды, шахталардың қауіпсіздігін арттыруға және метанды баламалы энергия көзі ретінде пайдалануға мүмкіндік береді.

Түйінді сөздер: көмір метаны, дегазация, гидроөңдеу, сорбция, Караганды көмір бассейні.

Multistage technologies for coal methane extraction: results of laboratory and pilot-industrial studies

Abstract. The article focuses on the development of multistage technologies for coal methane extraction, based on modifying the forms of its bonding with coal matter. Results of theoretical studies, laboratory experiments, and pilot-industrial tests conducted on the Karaganda Basin seams are presented. The regularities of methane sorption and desorption, as well as the effects of coal moisture and hydrodynamic treatments on gas release, are identified. The necessity of an integrated approach with the formation of technogenic collectors to improve seam permeability and degasification efficiency is substantiated. The findings have industrial and environmental significance, enhancing mine safety and enabling methane use as an alternative energy source.

Key words: coal methane, degasification, hydro-treatment, sorption, Karaganda coal basin.

Введение

В современных условиях развития угольной промышленности особое внимание уделяется промышленной безопасности и рациональному использованию метаносных пластов. Метан в угольных массивах играет двойственную роль: с одной стороны, это ценный энергетический ресурс, с другой – основная причина аварий, пожаров и взрывов в шахтах. По данным исследований, свыше 40% аварий в отрасли связано с газовым фактором, что обуславливает необходимость детального изучения взаимодействия угля и метана и разработки эффективных технологий дегазации [1].

Исследования последних десятилетий показали, что газ в угле присутствует в нескольких формах: свободной, адсорбированной, твердорастворенной и газокристаллической [2]. При этом каждая форма связи характеризуется собственными энергетическими барьерами, определяющими условия и интенсивность выделения метана. Классические методы дегазации, базирующиеся на понижении пластового давления и дренировании свободного газа, оказываются недостаточно эффективными в условиях глубоких горизонтов и мощных пластов с высоким уровнем газонасыщенности. Особенно это проявляется при разработке выбросоопасных пластов Карагандинского угольного бассейна, где традиционные подходы не обеспечивают требуемый уровень безопасности и рентабельности добычи [3].

В этих условиях актуальной задачей становится создание многостадийных технологий воздействия на систему «уголь – метан», позволяющих изменять форму связи ме-

тана с угольным веществом, формировать техногенные коллекторы с повышенной проницаемостью и обеспечивать поступление энергии в дегазируемый массив [4]. Такой подход открывает возможности для последовательного извлечения не только свободного и десорбирующегося газа, но и труднодоступных форм – метана в твердом растворе и газокристаллическом состоянии [5].

Разработка подобных технологий имеет не только промышленную, но и экологическую значимость. Извлечение угольного метана до начала очистных работ снижает вероятность внезапных выбросов, уменьшает риск загрязнения атмосферы шахт и позволяет использовать газ в качестве альтернативного источника энергии. Это соответствует мировым тенденциям в области «чистой энергетики» и устойчивого развития угольных регионов [6].

Методы и материалы

Научное обоснование принципов воздействия на систему «уголь – метан» и разработка критериев оценки перспективности участков для промышленного извлечения угольного метана на основе анализа теоретических положений, лабораторных экспериментов и опытно-промышленных испытаний.

Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие задачи:

- проанализировать формы связи метана с угольным веществом и определить энергетические условия их разрыва [7];

- сформулировать физические основы деструкции природной системы «уголь – метан» и изучить влияние гидрообработки на параметры газоотдачи [8];

- рассмотреть результаты опытно-промышленных испытаний заблаговременной дегазации пластов Карагандинского угольного бассейна, выявить закономерности изменения проницаемости и газовыделения;

- изучить влияние увлажнения угля на процессы сорбции и десорбции метана, обобщить экспериментальные данные о трехстадийном характере взаимодействия угля, воды и газа [9];

- определить критерии оценки перспективности участков добычи метана, включающие газоносность, проницаемость, напряженно-деформированное состояние массива и эффективность гидровоздействия;

- установить зависимости между напряженно-деформированным состоянием угленосного массива и изменением его фильтрационных характеристик при различных схемах гидровоздействия [10].

Обзор теоретических гипотез

С целью уточнения природы взаимодействия метана с углем был проведен анализ гипотез, разработанных в Московском государственном горном университете (МГГУ) и ИПКОН РАН [1]. Согласно этим работам, молекулы метана могут находиться в свободном состоянии, в адсорбированном виде, в форме твердого углеметанового раствора и в газокристаллическом состоянии. Гипотеза о локализации газа в межмиллярном и межглобулярном пространстве угольного вещества получила подтверждение методами электронной микроскопии. В последующих исследованиях была определена энергия активации, необходимая для разрыва связи метана с углем, что позволило сформировать энергетическую классификацию форм его удержания. Таким образом, данные теоретические построения задали основу понимания механизмов удержания и высвобождения метана из угля и послужили базой для опытно-промышленных испытаний, направленных на проверку их практической значимости.

Анализ опытно-промышленных испытаний

Практическая база исследования основана на материалах опытно-промышленных работ, выполненных в Карагандинском угольном бассейне. В частности, рассматривались результаты дегазации пласта К12 на поле бывшей шахты № 22 (1961 г.) и последующие работы по пласту Д6 на шахтах «Казахстанская» и им. В.И. Ленина. В этих испытаниях апробировались различные варианты гидрорасчленения и гидроразрыва, включая применение солянокислотной обработки, пневмогидрообработки с тепловым воздействием, а также циклической закачки воздуха с последующим сбросом давления. Полученные материалы использованы для анализа проницаемости пласта, закономерностей развития трещин и динамики газовыделения.

Анализ системы «уголь – метан» подтвердил, что газ в угольных пластах присутствует в различных формах: свободной, адсорбированной, в твердом углеметановом растворе, газокристаллической и химически сорбированной [2]. Распределение по формам представлено в таблице 1, где прослеживаются различия между данными МГГУ и ИПКОН РАН. Высокие доли твердых форм метана объясняют значительные энергетические барьеры при его выделении: от 2 кДж/моль для свободного состояния до 300–400 кДж/моль для газокристаллического [3].

Проницаемость пласта при формировании техногенного коллектора

В ходе опытов зафиксировано изменение фильтрационных свойств пласта. Гидрорасчленение и гидроразрыв обеспечили рост проницаемости массива за счет раскрытия естественных трещин и формирования новых каналов фильтрации. Этот процесс является базовым для создания техногенного коллектора, способного обеспечить извлечение как свободного, так и связанного метана (рис. 1) [4].

Опытная схема деструкции системы «уголь – метан»

В ходе воздействия в стволе скважины формируется дополнительная сеть трещин, что приводит к существенному увеличению коллекторских свойств угля. Важным

Таблица 1

Распределение метана в углях по формам существования

Кесте 1

Көміртегі метанның таралуы оның күй формалары бойынша

Table 1

Distribution of methane in coal by forms of occurrence

По данным МГГУ		По данным ИПКОН РАН (Айруни А.Т. и др. [1], [2])	
Форма существования метана	Количество метана, %	Форма существования метана	Количество метана, %
Свободный	5–15	Свободный	2–12
Адсорбированный	20–60	Адсорбированный	8–16
Твердый углеметановый раствор	10–40	Твердый углеметановый раствор	70–85
Газокристаллический метан	10–30	Химически сорбированный метан	1–2
-	-	Твердый раствор внедрения	1–3

Проницаемость, $\times 10^{15}, \text{m}^2$

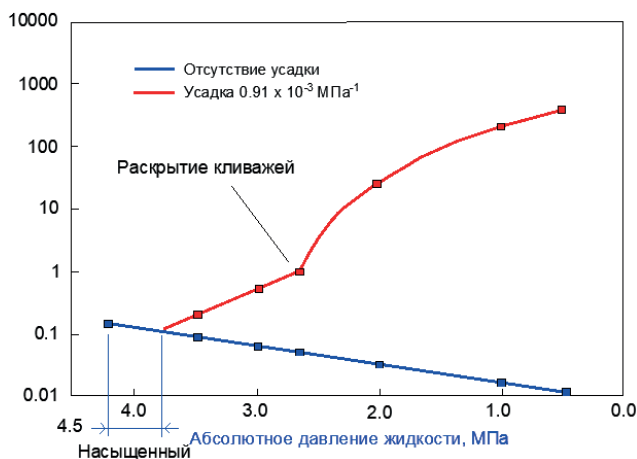


Рис. 1. Изменение однофазной проницаемости в ходе дренажа.

Сурет 1. Дренаж барысында бірфазалы өткізгіштіктің өзгеруі.

Figure 1. Change of single-phase permeability during drainage.

элементом является система разделения потоков: буровой раствор отводится через сепаратор, шлам проходит через вибросито и направляется на отбор образцов, а выделившийся газ регистрируется расходомером и газоанализатором. Такой комплексный подход обеспечивает контроль за процессами деструкции и позволяет оценивать как газоотдачу, так и физико-химические изменения в массиве (рис. 2).

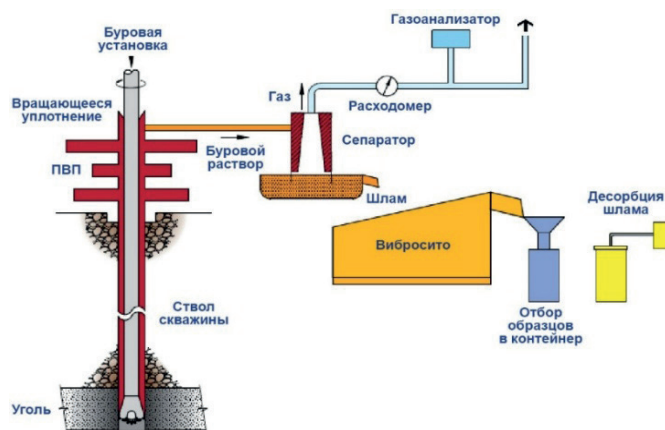


Рис. 2. Опытная схема по деструкции системы «уголь – метан».

Сурет 2. «Көмір – метан» жүйесін деструкциялау бойынша тәжірибелік схема.

Figure 2. Experimental scheme for the destruction of the «coal – methane» system.

Измерение содержания газа по десорбции

Схема регистрации газоотдачи при бурении позволила количественно оценить динамику десорбции. Анализ подтвердил зависимость интенсивности выделения газа от структуры угля и влажности массива (рис. 3) [5].



Рис. 3. Схема измерения содержания газа по десорбции.

Сурет 3. Газ мөлшерін десорбция арқылы өлшеу схемасы.

Figure 3. Scheme for measuring gas content by desorption.

Лабораторные исследования по сорбции и десорбции

Для оценки взаимодействия угля и метана проведены лабораторные эксперименты по сорбции и десорбции газа с учетом увлажнения угля. Установлено, что вода в тысячу раз активнее метана в сорбционном отношении. Однако результаты разных исследователей указывают на неоднозначность влияния влаги: в ряде случаев увлажнение снижает газоотдачу, в других – способствует ее увеличению. На основе обобщения опытных данных предложена трехстадийная схема взаимодействия системы «уголь – вода – метан»: заполнение микропор и трещин водой с вытеснением свободного газа → капиллярная пропитка угольного массива с ограничением газоотдачи → диффузия молекул воды в сорбционный объем угля и последующая десорбция метана.

Газоотдача во времени

Данные показывают линейный рост дебита скважин после гидрообработки, что подтверждает эффективность циклической закачки с последующим резким сбросом давления (рис. 4).

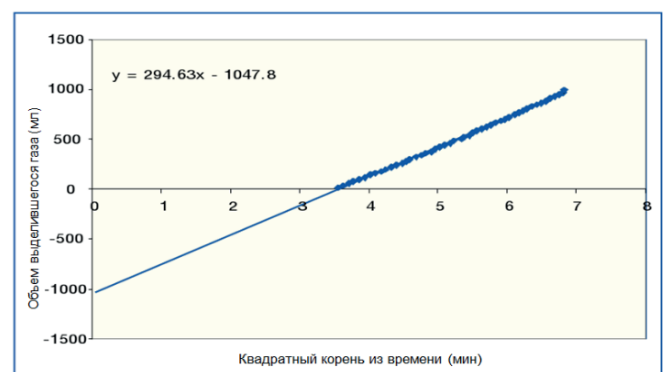


Рис. 4. Зависимость объема выделившегося газа от времени.

Сурет 4. Бөлінген газ көлемінің уақытқа тәуелділігі.

Figure 4. Dependence of the released gas volume on time.

Измерение содержания газа в полевых условиях

Применение схемы замеров позволило сопоставить лабораторные данные с фактическими дебитами скважин при дегазации. Выявлено, что эффективность процесса зависит от размеров блоков и конфигурации питающих трещин (рис. 5).

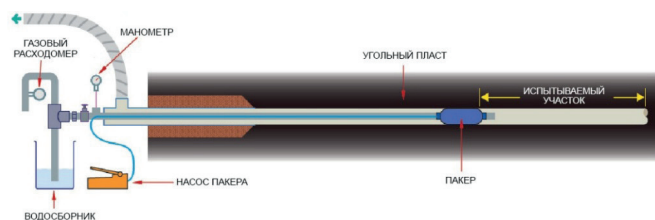


Рис. 5. Схема измерения содержания газа на участке.
Сурет 5. Учаскедегі газ мөлшерін өлшеу схемасы.
Figure 5. Scheme for measuring gas content at the site.

Сравнение изотерм сорбции

Важным элементом анализа стало сопоставление природной изотермы сорбции метана с теоретической изотермой для смеси газов (CH_4 , CO_2 , O_2), полученной на основе лабораторных экспериментов.

Природная и теоретическая изотермы сорбции для CH_4 , CO_2 и O_2 (рис. 6) показали значительные расхождения: фактическая сорбционная емкость угля оказалась ниже расчетных значений. Это объясняется конкуренцией различных газов за сорбционные центры (рис. 6) [7].

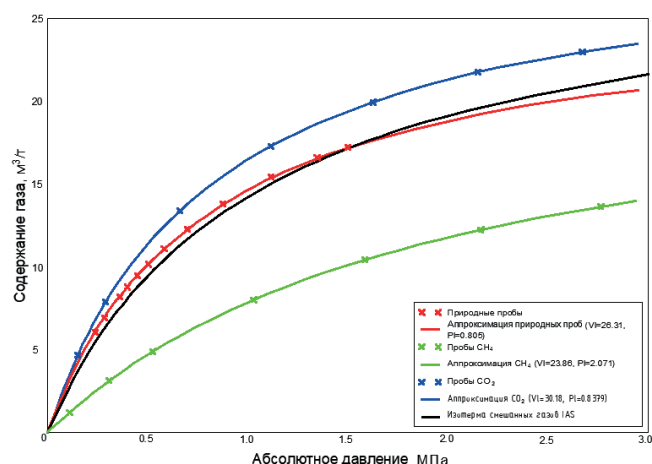


Рис. 6. Сравнение природной и теоретической изотермы сорбции.

Сурет 6. Табиғи және теориялық сорбция изотермаларын салыстыру.

Figure 6. Comparison of natural and theoretical sorption isotherms.

Газоносность в зависимости от глубины

На рис. 8 показана зависимость газоносности пласта Д6 от глубины. Установлено, что при увеличении глубины концентрация метана закономерно возрастает. Это подтверждает необходимость дифференцированного подхода при оценке перспективности участков

добычи. Увеличение глубины залегания сопровождается не только ростом газоносности, но и изменением гидрогеологических условий, в частности влиянием подземных вод, что напрямую отражается на динамике газоотдачи.

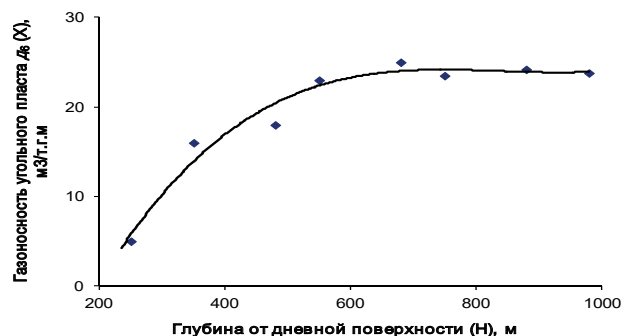


Рис. 7. Зависимость газоносности от глубины (угольный пласт Д6).

Сурет 7. Газқанықтылықтың тереңдікке тәуелділігі (Д6 көмір қыртысы).

Figure 7. Dependence of gas content on depth (coal seam D6).

Влияние гидростатического давления воды

Динамика изменения газоотдачи при росте гидростатического давления (рис. 9) показала, что увлажнение угля вызывает набухание массива и до 30% увеличивает гидростатическую нагрузку. Это влияет на характер трещинообразования и десорбцию метана, что необходимо учитывать при проектировании схем циклической обработки скважин [8], [9], [10].

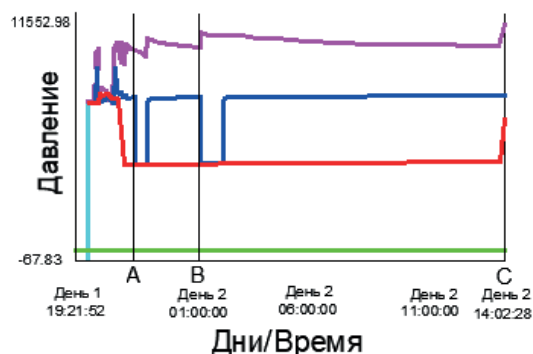


Рис. 8. Влияние гидростатического давления воды во времени.

Сурет 8. Уақыт бойынша судың гидростатикалық қысымының әсері.

Figure 8. Influence of water hydrostatic pressure over time.

Обсуждение

Полученные результаты подтверждают сложную природу системы «уголь – метан» и необходимость многостадийного подхода к ее деструкции. Лабораторные эксперименты выявили двойственную роль увлажнения: в одних

случаях оно снижает газоотдачу, в других – повышает, что согласуется с выводами В.С. Портнова о зависимости сорбции-десорбции, от структуры угля и уровня влаги [5]. Предложенная трехстадийная схема взаимодействия «уголь – вода – метан» подтверждает гипотезы А.Т. Айруни о локализации газа в микропорах и межмицеллярном пространстве [1].

Опытно-промышленные испытания на пластах К12 и Д6 Карагандинского бассейна показали эффективность гидрорасчленения и гидроразрыва для формирования техногенных коллекторов, что согласуется с результатами Н.В. Ножкина [2] и современными исследованиями С.В. Сластунова [6]. Рост газоотдачи после циклической закачки с последующим сбросом давления (рис. 5) подтверждает перспективность таких технологий.

Сравнение природных и теоретических изотерм сорбции метана выявило, что фактическая сорбционная емкость угля ниже расчетных значений из-за конкуренции газов за активные центры, что ранее отмечали В. Корзеневский и К. Склишковский [7].

Полевые исследования зафиксировали рост газоносности с глубиной (рис. 8), что совпадает с наблюдениями Н.М. Замалиева и соответствует моделям Р.В. Кузнецова и В.В. Шишляева, учитывающим усадку матрицы угля и изменение проницаемости системы трещин [10]. Существенное влияние гидростатического давления воды на газоотдачу (рис. 8) подтверждает необходимость комплексного подхода, включающего гидродинамические факторы, что согласуется с рекомендациями ЕЭК ООН [9].

Результаты

Исследование показало, что метан в угольных пластах присутствует в свободной, адсорбированной, твердорастворенной и газокристаллической формах с энергетическими барьерами от 2 до 400 кДж/моль, что подтверждает необходимость многостадийного подхода.

Опытно-промышленные испытания на пластах К12 и Д6 Карагандинского бассейна подтвердили эффективность гидрорасчленения и гидроразрыва, формирующих техногенные коллекторы и повышающих газоотдачу.

Сравнение природных и теоретических изотерм сорбции выявило, что фактическая емкость угля ниже расчетных значений из-за конкуренции газов за сорбционные центры. Полевые исследования показали закономерный рост газоносности с глубиной и влияние гидростатического давления воды на динамику выделения метана.

Лабораторные опыты подтвердили трехстадийную схему взаимодействия «уголь – вода – метан», способную как усиливать, так и ограничивать газовыделение в зависимости от свойств пласта.

Предложенный подход позволяет повысить эффективность дегазации, снизить газовый фактор и использовать метан как альтернативный энергоресурс в рамках «чистой энергетики».

Благодарность

Исследование было профинансировано Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (Программно-целевое финансирование № BR24993009).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Формы связи метана с углем / Айруни А.Т. [и др.] // Горный журнал. 1990. № 7. С. 45–52 (на русском языке)*
2. *Ножкин Н.В. Гидрорасчленение угольных пластов: М.: Горная книга, 1965. 214 с. (на русском языке)*
3. *Шадрин А.В., Телегуз А.С. Структура подсистемы прогноза выбросоопасности многофункциональной системы безопасности угольной шахты // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2020. № 2. С. 21–31 (на русском языке)*
4. *Забурдыев В.С. Параметры дегазации высокопроизводительных выемочных участков на неизученных шахтных полях // Безопасность труда в промышленности. 2021. № 2. С. 63–68 (на русском языке)*
5. *Влияние влаги на природную газоносность угольных и нефтяных пластов / Портнов В.С. [и др.] // Международный журнал передовых технологий и естественных наук. 2022. № 1. С. 42–50 (на русском языке)*
6. *Технология глубокой дегазационной подготовки угольного пласта на базе его гидрорасчленения через скважины с поверхности / Сластунов С.В. [и др.] // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2020. № 1. С. 5–14 (на русском языке)*
7. *Корзеневский В., Склишковский К. Технологии дегазации угольных пластов: обзор и перспективы // Архивы горных наук. 2021. Т. 66 (2). С. 241–258 (на английском языке)*
8. *Экспериментальное исследование методов извлечения угольного метана / Замалиев Н.М. [и др.] // Журнал горной науки. 2022. Т. 58 (5). С. 813–827 (на английском языке)*
9. *ЕЭК ООН. Руководство по передовой практике эффективной дегазации и использования метана в угольных шахтах, Организация Объединенных Наций, Женева, 2017. 126 с. (на английском языке)*
10. *Кузнецов Р.В., Шишляев В.В. Моделирование разработки пластовых систем метаноугольных месторождений с учетом процессов усадки матрицы угля и сжимаемости системы трещин // Вести газовой науки. 2022. № 3 (52). С. 207–216 (на русском языке)*

ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Метанның көмірмен байланыс формалары / Айруни А.Т. [және т. б.] // Тау-кен журналы. 1990. № 7. Б. 45–52 (орыс тілінде)
2. Ножкин Н.В. Көмір қабаттарын гидробөлу: Мәскеу: Тау-кен кітабы, 1965. 214 б. (орыс тілінде)
3. Шадрин А.В., Телегуз А.С. Көмір шахтасының көпфункционалы қауіпсіздік жүйесіндегі кенеттен газ-шаң атылу қаупін болжау қосалқы жүйесінің құрылымы // Көмір өнеркәсібінде еңбекті қорғау ғылыми орталығының хабаршысы. 2020. № 2. Б. 21–31 (орыс тілінде)
4. Забурдяев В.С. Зерттелмеген шахталық алаңдардағы жоғары өнімділікпен жұмыс істейтін учаскелердің дегазация параметрлері // Өнеркәсіптік қауіпсіздік. 2021. № 2. Б. 63–68 (орыс тілінде)
5. Ылғалдылықтың көмір және мұнай қабаттарының табиғи газқанықтылығына әсері / Портнов В.С. [және т. б.] // Халықаралық озық технологиялар және жаратылыстану ғылымдары журналы. 2022. № 1. Б. 42–50 (орыс тілінде)
6. Көмір қабатын терең дегазациялық дайындау технологиясы: жер беті ұңғымалары арқылы гидробөлу негізінде Слостунов С.В. [және т. б.] // Тау-кен ақпараттық-талдамалық бюллетені. 2020. № 1. Б. 5–14 (орыс тілінде)
7. Корзеновский В., Скипниковский К. Көмір қабаттарын дегазациялау технологиялары: шолу және болашағы // Тау-кен ғылымдарының мұрағаты. 2021. Т. 66 (2). Б. 241–258 (ағылшын тілінде)
8. Көмір метанын өндіру әдістерінің тәжірибелік зерттеуі / Замалиев Н.М. [және т. б.] // Тау-кен ғылымы журналы. 2022. Т. 58 (5). Б. 813–827 (ағылшын тілінде)
9. ЕЭК БҰҰ. Көмір шахталарында метанды тиімді бұру және пайдалану жөніндегі үздік тәжірибелер бойынша нұсқаулық, Біріккен Ұлттар Ұйымы, Женева, 2017. 126 б. (ағылшын тілінде)
10. Кузнецов Р.В., Шишляев В.В. Метан көмір кен орындарының қабатты жүйелерін көмір матрицасының шөгуі мен жарықшақтар жүйесінің сығылғыштығын ескере отырып модельдеу // Газ ғылымы хабарлары. 2022. № 3 (52). Б. 207–216 (орыс тілінде)

REFERENCES

1. Formy svyazi metana s uglem [Forms of methane bonding with coal], Airuni A.T. [et al.], Gornyi zhurnal [Mining Journal]. 1990. No. 7. 45–52 pp. (in Russian)
2. Nozhkin N.V. Gidroraschlenenie ugol'nykh plastov [Hydraulic disintegration of coal seams]: Moscow: Gornaya kniga, 1965. 214 p. (in Russian)
3. Shadrin A.V., Teleguz A.S. Struktura podsystemy prognoza vybrosoopasnosti mnogofunktsional'noi sistemy bezopasnosti ugol'noi shakhty [Structure of the outburst hazard prediction subsystem of the multifunctional safety system of a coal mine], Vestnik Nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugol'noi promyshlennosti [Bulletin of the Research Center for Occupational Safety in the Coal Industry]. 2020. No. 2. 21–31 pp. (in Russian)
4. Zaburdyayev V.S. Parametry degazatsii vysokoproizvoditel'nykh vyemochnykh uchastkov na neizuchennykh shakhtnykh polyakh [Parameters of degasification of high-performance mining sites in unexplored mine fields], Bezopasnost' truda v promyshlennosti [Industrial Safety]. 2021. No. 2. 63–68 pp. (in Russian)
5. Vliyanie vlagi na prirodnyuyu gazonosnost' ugol'nykh i neftyanykh plastov [Influence of moisture on the natural gas content of coal and oil reservoirs], Portnov V.S. [et al.], Mezhdunarodnyi zhurnal peredovykh tekhnologii i estestvennykh nauk [International Journal of Advanced Technology and Natural Sciences]. 2022. No. 1. 42–50 pp. (in Russian)
6. Tekhnologiya glubokoi degazatsionnoi podgotovki ugol'nogo plasta na baze ego gidroraschleneniya cherez skvazhiny s poverkhnosti [Technology of deep degasification preparation of a coal seam based on its hydraulic disintegration through surface wells], Slastunov S.V. [et al.], Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten' [Mining Information and Analytical Bulletin]. 2020. No. 1. 5–14 pp. (in Russian)
7. Korzeniowski W., Skrzypkowski K. Coal seam degasification technologies: review and perspectives // Archives of Mining Sciences. 2021. V. 66 (2). 241–258 pp. (in English)
8. Experimental study of coal methane extraction methods / Zamaliyev N.M. [et al.] // Journal of Mining Science. 2022. V. 58 (5). 813–827 pp. (in English)
9. UNECE. Best Practice Guidance for Effective Methane Drainage and Use in Coal Mines, United Nations, Geneva, 2017. 126 p. (in English)

10. Kuznetsov R.V., Shishlyayev V.V. *Modelirovanie razrabotki plastovykh sistem metanougol'nykh mestorozhdenii s uchetom protsessov usadki matritsy uglya i szhimaemosti sistemy treshchin [Modeling the development of coalbed methane reservoir systems considering coal matrix shrinkage and fracture system compressibility]*, *Vesti gazovoi nauki [Gas Science Bulletin]*. 2022. No. 3 (52). 207–216 pp. (in Russian)

Сведения об авторах:

Мусин Р.А., Ph.D, и. о. доцента, Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова (г. Караганда, Казахстан), R.A.Mussin@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1206-6889>

Замалиев Н.М., ассоциированный профессор, и. о. доцента, Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова (г. Караганда, Казахстан), nailzamaliev@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0628-2654>

Ахматнуров Д.Р., Ph.D, заведующий лабораторией, Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова (г. Караганда, Казахстан), d.akhmatnurov@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-9485-3669>

Решетняков Э.Д., магистр техн. наук, научный сотрудник, Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова (г. Караганда, Казахстан), vip.red2001@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0000-1128-2056>

Авторлар туралы мәліметтер:

Мусин Р.А., Ph.D, қауымдастырылған профессор м. а., Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті (Қарағанды қ., Қазақстан)

Замалиев Н.М., қауымдастырылған профессор, қауымдастырылған профессор м. а., Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті (Қарағанды қ., Қазақстан)

Ахматнуров Д.Р., Ph.D, зертхана меңгерушісі, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті (Қарағанды қ., Қазақстан)

Решетняков Э.Д., техн. ғылымдар магистрі, ғылыми қызметкер, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті (Қарағанды қ., Қазақстан)

Information about the authors:

Mussin R.A., Ph.D, Acting Associate Professor, Abylkas Saginov Karaganda Technical University (Karaganda, Kazakhstan)

Zamaliyev N.M., Associate Professor, Acting Associate Professor, Abylkas Saginov Karaganda Technical University (Karaganda, Kazakhstan)

Akhmatnurov D.R., Ph.D, Head of Laboratory, Abylkas Saginov Karaganda Technical University (Karaganda, Kazakhstan)

Reshetnyakov E.D., Master of Technical Sciences, Researcher, Abylkas Saginov Karaganda Technical University (Karaganda, Kazakhstan)

**с 31 марта
по 4 апреля
2026 года**

**IX ЕЖЕГОДНАЯ ГЕОЛОГО-
ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
И ВЫСТАВКА «ГЕОЕВРАЗИЯ-2026.
ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ – НАУКА И БИЗНЕС»**

Тема мероприятия
**Стимулирование развития
минерально-сырьевой
базы РФ**

→ gese.moscow/2026

выставка

**>300
докладов**

**круглые
столы**

**лидеры
отрасли**

**молодёжная
программа**

**демонстрация
оборудования**

Организаторы

Общественный
совет
при Роснедрах



**>1000
участников**



Место проведения
**Москва, МГРИ
ул. Миклухо-Маклая, 23**

