

УДК 622.767.2

**ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ ЖИВОТНОВОДЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА
КАК РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ПАРНИКОВОГО ЭФФЕКТА
И СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ**



**PROCESSING OF LIVESTOCK WASTE AS A SOLUTION
TO THE PROBLEM OF THE GREENHOUSE EFFECT
AND A METHOD FOR OBTAINING AN ENERGY SOURCE**

Шиян Станислав Иванович

кандидат технических наук,
доцент кафедры Оборудования
нефтяных и газовых промыслов
Кубанский государственный технологический университет
akngs@mail.ru

Ильинский Кирилл Анатольевич

студент,
направления подготовки Нефтегазовое дело
института нефти, газа и энергетики
Кубанский государственный технологический университет
kirill771855@mail.ru

Пашуренко Илья Олегович

студент,
направления подготовки Нефтегазовое дело
института нефти, газа и энергетики
Кубанский государственный технологический университет
Wiley_fox@mail.ru

Аннотация. В статье описана проблема парникового эффекта, рассмотрены причины и последствия его возникновения. Приведены статистические данные, связанные с нынешними темпами загрязнения атмосферы. Предложен один из способов решения проблемы парникового эффекта путём переработки отходов в биогаз и использования его в качестве энергетического носителя.

Ключевые слова: парниковый эффект; парниковые газы; крупный рогатый скот; метан; углекислый газ; анаэробное сбраживание; кишечная ферментация; биогаз; биометан.

Shiyan Stanislav Ivanovich

Candidate of Technical Sciences
Associate Professor,
Oil and Gas Field Equipment,
Kuban State Technological University
akngs@mail.ru

Ilyinsky Kirill Anatolevich

Student,
Training Direction Oil and Gas Engineering,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban State Technological University
kirill771855@mail.ru

Pashurenko Ilya Olegovich

Student,
Training Direction Oil and Gas Engineering,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban State Technological University
Wiley_fox@mail.ru

Annotation. The article describes the problem of the greenhouse effect, considers the causes and consequences of its occurrence. Statistical data related to the current rate of atmospheric pollution are presented. One of the ways to solve the problem of the greenhouse effect by processing waste into biogas and using it as an energy carrier is proposed.

Keywords: greenhouse effect; greenhouse gases; cattle; methane; carbon dioxide; anaerobic digestion; intestinal fermentation; biogas; biomethane.

Общие сведения о парниковом эффекте

Парниковый эффект напрямую влияет на климатические условия нашей планеты. Данная экологическая проблема существует уже несколько столетий, но поначалу она не была такой серьёзной и явной. Однако с развитием прогресса увеличилось и количество источников, способствующих парниковому эффекту в атмосфере Земли.

Парниковый эффект – это естественный процесс, который характеризуется тем, что поглощённое так называемыми парниковыми газами в атмосферных слоях солнечное излучение опять возвращается к внутренней поверхности Земли. Из-за парникового эффекта средняя температура поверхности нашей планеты повышается, что является причиной возникновения глобального потепления. И если ситуация в ближайшее время не изменится, то через несколько десятков лет человечество столкнётся с такими природными катаклизмами как изменение климата, опустынивание, затопление низинных областей и повышение уровня моря в результате таяния ледников, сокращение жилых земель, нарушение водно-солевого баланса океанов, изменение траектории движения циклонов, антициклонов и подводных течений, лесные пожары, вымирание ряда животных со слабой способностью к адаптации и т.д. Разрушительные последствия таких катаклизмов сложно переоценить.

Парниковые газы

Причиной парникового эффекта является присутствие в атмосфере Земли парниковых газов. Парниковые газы – газы с высокой прозрачностью в видимом диапазоне и высоким поглощением в среднем и дальнем инфракрасном диапазонах. Основными парниковыми газами Земли являются: водяной пар, углекислый газ, метан и озон (в порядке их оцениваемого воздействия на тепловой баланс).

Таблица 1 – Парниковые газы

Газ	Формула	Вклад в парниковый эффект, %	Концентрация в атмосфере
Водяной пар	H ₂ O	36–72	–
Углекислый газ	CO ₂	9–26	405,5 ± 0,1 ppm
Метан	CH ₄	4–9	1859 ± 2 ppb
Озон	O ₃	3–7	–
Оксид азота	N ₂ O	–	329,9 ± 0,1 ppb

Водяной пар

До 70% «эффекта парника» приходится на долю газа естественного происхождения. Увеличение количества водяного пара прямо пропорционально повышению температуры воздуха. Это замкнутый круг, в котором есть и благоприятное действие. Формирование облачной массы защищает атмосферу от солнечных лучей, предотвращая её перегрев.

Углекислый газ

Источниками углекислого газа в атмосфере Земли являются вулканические выбросы, жизнедеятельность биосферы, деятельность человека.

По последним научным данным основным источником углекислого газа в атмосфере являются антропогенные источники, такие как: сжигание ископаемого топлива и сжигание биомассы, включая сведение лесов.

Определённый процент от общего количества поглощается лесами, но как источника очищения воздуха их уже не хватает.

Метан

Вторым по распространённости значится парниковый газ метан. Основными антропогенными источниками метана являются животноводство, рисоводство, горение биомассы, утечка из систем добычи и хранения природного газа.

Тенденции изменения концентрации парниковых газов

Увеличение концентрации парниковых газов прослеживается с начала индустриальной эпохи, а по состоянию на 2019 год она превышает доиндустриальный уровень в 2,5 раза.

Так, для демонстрации роста концентрации диоксида углерода и метана в атмосфере Земли, проанализируем уровень содержания парниковых газов над центром Европейской части России. Для анализа использовались данные систематических измерений CO₂ и CH₄, выполняемых на станции Обнинск.

Результаты измерений парниковых газов в приземном слое атмосферы представлены в виде динамики многолетней изменчивости средних годовых значений концентраций для CO₂ и CH₄.

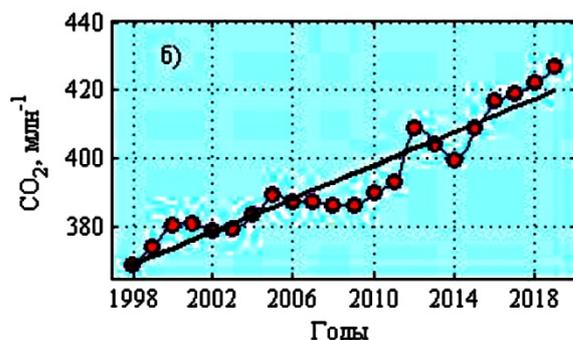


Рисунок 1 – Изменение концентрации CO₂

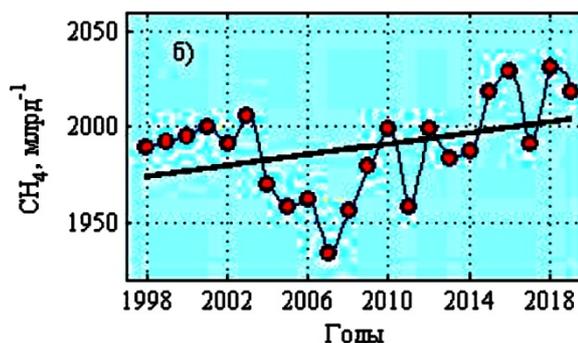


Рисунок 2 – Изменение концентрации CH₄

Тенденция углекислого газа к росту сохранилась. Величина тренда среднегодовых концентраций CO₂ за время наблюдений с 1998 по 2019 гг. составила $2,4 \pm 0,6$ млн⁻¹ в год, что соответствует в пределах погрешности результатам расчётов скорости роста CO₂ по глобально-усреднённым данным за период 01.1998 – 09.2019 гг. ($2,08 \pm 0,13$ млн⁻¹ в год). Для периода 1998–2019 гг. линейный тренд метана на ст. Обнинск составил $1,4 \pm 0,8$ млрд⁻¹ в год, тогда как значение линейного тренда для глобально-усреднённых концентраций CH₄ за 01.1998–09.2019 гг. составило $4,6 \pm 0,3$ млрд⁻¹ в год.

«Парниковый потенциал» метана

Время жизни метана в атмосфере составляет примерно 10 лет. Сравнительно короткое время жизни в сочетании с большим парниковым потенциалом позволяет пересмотреть тенденции глобального потепления в ближайшей перспективе.

До последнего времени считалось, что парниковый эффект от метана в 25 раз сильнее, чем от углекислого газа. Однако теперь Межправительственная группа экспертов по изменению климата ООН (IPCC) утверждает, что «парниковый потенциал» метана ещё опаснее, чем оценивалось раньше. Как следует из доклада IPCC, который цитирует *Die Welt*, в расчёте на 100 лет парниковая активность метана в 28 раз сильнее, чем у углекислого газа, а в 20-летней перспективе – в 84 раза. Связано это с тем, что молекула метана имеет более сложную структуру, чем углекислый газ. В связи с этим, при перемешивании с другими парниковыми газами в атмосфере молекула метана приобретает большую электрическую полярность. Благодаря этому свойству молекула метана гораздо сильнее впитывает тепловое, длинноволновое излучение от Земли. Таким образом, метан имеет наиболее опасный «парниковый потенциал», и его влияние на экологию и климат требует гораздо большего внимания, чем на данный момент.

Связь выбросов метана с животноводческим комплексом

Основным фактором увеличения концентрации метана является деятельность человека. Так, по последним данным, в течение 2019 года около 360 миллионов тонн (60 %) метана во всём мире было выброшено в результате деятельности человека, в то время как естественные источники внесли около 230 миллионов тонн (40 %).

Около одной трети (33 %) антропогенных выбросов приходится на выбросы газа при добыче и доставке ископаемого топлива, в основном из-за вентиляции и утечек газа через продувочные свечи при пусках газа в газопровод.

Не менее крупным источником является животноводство (30 %), в первую очередь, из-за кишечной ферментации жвачных животных, таких как крупный рогатый скот, свиньи, козы и овцы. Выработка метана является частью нормального пищеварения домашнего скота. Кроме того, этот газ образуется при хранении или обработке навоза.

Потоки бытовых отходов жизнедеятельности человека стали третьей основной категорией (18 %).

Растениеводство составляет четвертую группу (15 %), причём наибольший вклад вносит производство риса.

Но стоит обратить внимание на то, что в энергетическом комплексе подавляющее количество стационарных источников выбросов метана (около 70 %) являются организованными, и контролю за превышением установленных нормативов предельно допустимых выбросов уделяется в последнее время всё больше внимания. Происходит модернизация оборудования, используемого для добычи, хранения и транспортировки нефти и природного газа, которое может уменьшить большинство утечек вредоносного газа.

В то время как выбросы метана в животноводческом секторе носят хаотичный и неуправляемый характер, во многих экономически развитых и развивающихся странах контролю за выбросами метана в животноводческом секторе практически не уделяется внимания. Так, например, в Российской Федерации, где доля сельского хозяйства в валовой добавленной стоимости составляет 4,5 %, а объём сельскохозяйственного производства составляет около 5,7 трлн. рублей, абсолютно не практикуются методы по уменьшению выбросов метана от кишечной ферментации жвачных животных.

Эти факты наводят на мысль о том, что животноводство скрывает под собой наиболее опасные последствия для атмосферы, чем нефтегазовая промышленность. Поэтому разработка стратегии по уменьшению выбросов метана в животноводческой промышленности является необходимой.

Концепция переработки навоза в биогаз

Одним из способов уменьшения выбросов метана в животноводческом комплексе является переработка навозных стоков в удобрения и биогаз. Подобная концепция вызывает больший интерес к проблеме загрязнения окружающей среды. Ведь этот интерес обусловлен экономической выгодой в сфере энергетики. Поэтому развитие технологий переработки навоза в биогаз имеет особенное значение не только для экологии, но и для энергетики.

Одним из наиболее эффективных путей рационального использования навоза и навозных стоков животноводческих ферм является их анаэробное сбраживание – способ обезвреживания жидкого навоза и сохранения его как удобрения при одновременном получении биогаза.

Процесс образования биогаза

Биогаз представляет собой газовую смесь, которая образуется из органических субстанций в результате анаэробного и микробиологического процессов. Он состоит из 50–70 % метана (CH_4), 30–40 % углекислого газа (CO_2) и небольшого количества сероводорода (H_2S), аммиака (N_2), водорода (H_2) и оксида углерода (CO).

Использование метода анаэробного сбраживания предполагает понимание процесса образования биогаза.

Образование биогаза происходит в 4 стадии:

Гидролизная фаза. Во время протекания этой фазы в результате жизнедеятельности бактерий устойчивые субстанции (протеины, жиры и углеводы) разлагаются на простые составляющие (например, аминокислоты, глюкоза, жировые кислоты).

Кислотообразующая фаза. Образованные во время предыдущей фазы простые составляющие разлагаются на органические кислоты (уксусная, пропионовая, масляная), спирт, альдегиды, водород, диоксид углерода, а также такие газы как аммиак и сероводород. Этот процесс протекает до тех пор, пока развитие бактерий не замедлится под воздействием образованных кислот.

Ацетогенная фаза. Под воздействием ацетогенных бактерий из образованных во время рассмотренной выше фазы кислот вырабатывается дополнительно уксусная кислота.

Метаногенез. Уксусная кислота разлагается на метан, углекислый газ и воду.

Как правило, для хранения и переработки отходов сельскохозяйственной промышленности применяют системы, способствующие возникновению условий, соответствующих условиям образования биогаза.

Установка для получения биогаза

На сегодняшний день применяются различные варианты технологических схем биогазовых станций – в зависимости от типов и количества видов применяемых субстратов. Использование предварительной подготовки, зачастую, позволяет добиться увеличения скорости и степени распада сырья в биореакторах и увеличения общего выхода биогаза. В случае применения нескольких субстратов, отличающихся свойствами, например, жидких и твёрдых отходов, их накопление, предварительная подготовка (разделение на фракции, измельчение, подогрев, гомогенизация, биохимическая или биологическая обработка и пр.) проводится отдельно, после чего они либо смешиваются перед подачей в биореакторы, либо подаются отдельными потоками.

В состав структурной схемы типичной биогазовой установки входят (рис. 3):

- система приёма и предварительной подготовки субстратов;
- система транспортировки субстратов в пределах установки;
- биореакторы (ферментеры) с системой перемешивания;
- система обогрева биореакторов;
- система отвода и очистки биогаза от примесей сероводорода и влаги;
- накопительные ёмкости сброженной массы и биогаза;
- система программного контроля и автоматизации технологических процессов.



Рисунок 3 – Схема биогазовой установки

Технологические схемы биогазовой установки бывают различными в зависимости от вида и числа перерабатываемых субстратов, от вида и качества конечных целевых продуктов и др. Наиболее распространёнными на сегодняшний день являются схемы с одноступенчатым сбраживанием нескольких видов субстратов, одним из которых обычно является навоз. С развитием биогазовых технологий применяемые технические решения усложняются в сторону двухступенчатых схем, что в ряде случаев обосновано технологической необходимостью эффективной переработки отдельных видов субстратов и повышением общей эффективности использования рабочего объёма биореакторов.

Эффективность биогазовой установки

Эффективное производство биогаза возможно лишь в случае, когда суммарная энергия полученного биогаза будет значительно превышать расходы энергии на его производство, т.е. должно выполняться условие получения биогаза, которое в общем виде может быть представлено как:

$$m_{бм} = m_{бг} - \frac{q}{w},$$

где $m_{бм}$ – количество товарного биогаза (после учета затрат), m^3 ; $m_{бг}$ – общее количество полученного биогаза, m^3 ; q – расход энергии на собственные нужды установки, $кДж$; w – теплотворная способность биогаза, $кДж/м^3$.

Таким образом, товарный биогаз является свободным энергоносителем, который может использоваться во многих бытовых и промышленных сферах, а также в качестве газомоторного топлива.

Важность и полезность биогаза как газомоторного топлива

Биогаз широко применяется как горючее топливо в Германии, Дании, Китае, США и других развитых странах. Он подается в газораспределительные сети, используется в бытовых целях и в общественном транспорте. Сегодня начинается широкое внедрение биогазовых технологий на рынках СНГ и Прибалтики. Причиной такой популярности биогаза является его экологичность и выгодность по сравнению с нефтяными моторными топливами.

Для получения биометана из биогаза удаляется CO_2 и другие примеси, после чего получаемый газ имеет практически однородный состав, содержащий до 96–98 % CH_4 . Биометан во многом соответствует природному газу, прежде всего, по процентному содержанию метана, количество которого в нём колеблется от 95 до 98 % от общего объёма. Биометан, как моторное топливо, имеет высокую теплоту сгорания 50–55 МДж/кг и октановое число – 110, что превышает аналогичные характеристики бензина, которые, соответственно, равны 44 МДж/кг и 72–85.

На основе этих данных можно сравнить расход биометана с расходом бензина. Для того чтобы произвести расчёт, необходимо учесть плотность каждого вида топлива. Вычислим энергию единицы объёма каждого из этих видов топлива. Метан имеет плотность $0,71 \text{ кг/м}^3$, соответственно его энергия равна 39 МДж/м^3 . Энергия бензина с плотностью $0,73 \text{ кг/л}$ составляет 32 МДж/л . Вычисления приводят нас к выводу, что 1 литр бензина эквивалентен $0,82 \text{ м}^3$ метана. Это значит, что метановый расход на 18 % меньше, чем бензиновый. В данном расчёте не учитываются конструкция, предназначение и режим движения автомобиля. Сравнение экономичности метан / бензин приведено в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнение экономичности метан / бензин

Вид транспорта	Вид топлива	Расход топлива на 100 км пробега, m^3 , л.	Стоимость топлива на рынке, руб./ m^3 ; руб./л	Затраты на топливо при годовом расходе 30000 км, руб.	Экономия на разнице в стоимости топлива, руб./год.
легковой автомобиль	метан	8	17	40800	94200
	бензин	10	45	135000	

Также к преимуществам биометана по отношению к другим видам горючего топлива можно отнести его экологичность. По сравнению с нефтяными моторными топливами биометан имеет более высокую детонационную стойкость, что позволяет в двигателях внутреннего сгорания снижать концентрацию вредных веществ в отработанных

ных газах и уменьшать количество отложений в двигателе. Ввиду отсутствия жидкой фазы масляная плёнка с цилиндров двигателя не смывается, износ деталей цилиндропоршневой группы уменьшается в два раза и, соответственно, возрастает надёжность и долговечность двигателя. Анализ результатов исследований токсичности газобаллонных автомобилей, проведённых за рубежом, показывает, что при замене бензина на биометан выброс токсических веществ (г/км) в атмосферу города снизился: по оксиду углерода в 5–10 раз, углеводородам – в 3 раза, окислам азота – в 1,5–2,5 раза, ПАУ – в 10 раз, дымности – в 8–10 раз в зависимости от типа автомобиля.

Заключение

Проблема парникового эффекта очевидна, и её решение с помощью метода анаэробного сбраживания является достаточно перспективным, так как при одновременной переработке отходов и уменьшении выбросов метана в атмосферу происходит получение относительно экологичного и недорогого источника энергии.

О выгодности и эффективности данного метода можно будет объективно судить только при достаточной изученности процесса образования биогаза и наличии научно обоснованных методов построения технологических линий биогазовой установки.

Литература

1. ОАО «Севернефтегазпром». Экологический отчёт за 2019 год.
2. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2019 год.
3. Экология при строительстве нефтяных и газовых скважин: учебное пособие для студентов вузов / А.И. Булатов [и др.] – Краснодар : ООО «Просвещение-Юг», 2011. – 603 с.
4. Запорожец Е.П. [и др.] Регулярные процессы и оборудование в технологиях сбора, подготовки и переработки нефтяных и природных газов: учебное пособие. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2012. – 620 с.
5. Поиски, разведка и эксплуатация месторождений нефти и газа: учебное пособие / В.В. Попов [и др.] – Новочеркасск : ЮРГПУ (НПИ), 2015. – 322 с.
6. Экологические аспекты при строительстве нефтяных и газовых скважин: монография / О.В. Савенок [и др.] – М. ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 652 с.
7. Брижань В.В., Шиян С.И. Оценка экономической эффективности от перевода грузового автотранспорта на компримированный природный газ в качестве моторного топлива // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 300–314.
8. Диоманде Бле Хьюге, Савенок О.В. Характеристика системы сбора и подготовки скважинной продукции на морском месторождении Блок 63 // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 4. – С. 47–57.
9. Газификация удалённых населённых пунктов регионов России с применением передвижных автогазозаправщиков / В.И. Дунаев [и др.] // Материалы Международной научно-практической конференции, посвящённой 75-летию Победы в Великой Отечественной войне «Наука. Новое поколение. Успех» (28 марта 2020 года, г. Краснодар). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – С. 33–36.
10. Кусов Г.В. Проведение экологической экспертизы проектов в Российской Федерации и правовые аспекты реализации предложенного механизма // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2019. – № 1. – С. 207–230.
11. Кусов Г.В., Поварова Л.В. Анализ состояния рынка нефти и возможные пути его развития в современном мире // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2019. – № 2. – С. 164–177.
12. Кусов Г.В., Поварова Л.В. Экологическая экспертиза, экологическое аудирование и оценка воздействия на окружающую среду // Наука и технологии в нефтегазовом деле: сборник тезисов докладов II Международной научно-практической конференции (31 января – 01 февраля 2020 года, г. Армавир). Секция 5 «Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе». – Краснодар : ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2020. – С. 338–342.
13. Кусов Г.В. Анализ технологических решений утилизации попутного нефтяного газа // наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 1. – С. 158–82.
14. Кусов Г.В., Савенок О.В. Низконапорный нефтяной газ: объёмы добычи и осложнения, возникающие при его сборе и подготовке // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 4. – С. 69–76.
15. Кусов Г.В., Савенок О.В. Принцип сбора и подготовки низконапорного нефтяного газа с применением гидроприводных струйных компрессорных агрегатов // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 4. – С. 77–82.

16. Кусов Г.В., Савенок О.В. Технологии сбора и подготовки низконапорного нефтяного газа с применением гидроприводных струйных компрессорных агрегатов на примере нефтесборного пункта «Романово» (г. Калининград) // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 4. – С. 83–88.
17. Линская С.В. Современные технологии транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 4. – С. 97–99.
18. Майстренко А.Ю., Курис Ю.В., Власенко В.Н. Эффективность способов повышения получения биоэнергетического топлива // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2010. – № 4 (74). – С. 48–54.
19. Романько В.А., Григулецкий В.Г. Об одной проблеме добычи низконапорного газа (часть 1) // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2007. – № 4. – С. 27–33.
20. Романько В.А., Григулецкий В.Г. Об одной проблеме добычи низконапорного газа (часть 2) // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2007. – № 5. – С. 31–38.
21. Савенок О.В. Перспективы рационального использования попутного нефтяного газа в России // Газовая промышленность. Спецвыпуск журнала «Газовая промышленность»: Вузовская наука – нефтегазовой отрасли. – 2013. – № 692. – С. 91–95.
22. Савенок О.В., Шарыпова Д.Д. Методы и технологии переработки и эффективного использования попутного нефтяного газа // Нефть. Газ. Новации. – 2013. – № 10. – С. 64–71.
23. Энергетическое обоснование использования биогаза / А.Г. Фиापшев [и др.] // Известия горского государственного аграрного университета. – 2014. – Т. 51. – № 4. – С. 207–211.
24. Шестерикова Р.Е., Шестерикова А.А., Галанин И.А. Энергетический анализ влияния очистки газа от диоксида углерода на его транспортировку по магистральным газопроводам // Булатовские чтения. – 2017. – Т. 4. – С. 74–77.
25. Шиян С.И., Дунаев В.И. Особенности проектирования и строительства компрессорной станции «Кубанская» // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 1. – С. 278–290.
26. Возможности расширения системы газоснабжения удалённых населённых пунктов регионов России с помощью автономных систем газоснабжения / С.И. Шиян [и др.] // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 6. – С. 225–228.
27. Решение проблем газификации регионов России путём создания автономных систем газоснабжения / С.И. Шиян [и др.] // Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности: сборник трудов XVIII Международной научно-технической конференции «Чтения памяти В.Р. Кубачека», проведённой в рамках Уральской горнопромышленной декады (02–03 апреля 2020 года, г. Екатеринбург). – Екатеринбург : Уральский государственный горный университет, 2020. – С. 182–185.
28. Шиян С.И., Омельченко Н.Н. Варианты реинжиниринга при реконструкции производственных объектов системы сбора, транспортировки и подготовки нефти, газа и воды Ивановского месторождения // Инженер-нефтяник. – 2020. – № 3. – С. 34–42.
29. Запорожец Е.П., Савенок О.В. Регулярные процессы и оборудование в технологиях сбора, подготовки и переработки нефтяных и природных газов. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2014620592. Заявка № 2014620261. Дата поступления 12 марта 2014 г. Дата государственной регистрации в Реестре баз данных 22 апреля 2014 г.

References

1. Severneftegazprom. Environmental report for 2019.
2. Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring (Roshydromet). Report on the features of the climate in the territory of the Russian Federation for 2019.
3. Ecology in the construction of oil and gas wells: a textbook for university students / A.I. Bulatov [et al.] – Krasnodar : LLC Prosveshchenie – Yug, 2011. – 603 p.
4. Regular processes and equipment in the technology of collection, preparation and processing of oil and natural gases: a training manual / E.P. Zaporozhets [et al.] – Krasnodar: LLC «Publishing House – Yug», 2012. – 620 p.
5. Search, exploration and exploitation of oil and gas fields: a training manual / V.V. Popov [et al.] – Novocheerkassk : SRHPU (NPI), 2015. – 322 p.
6. Environmental aspects in the construction of oil and gas wells: a monograph / O.V. Savenok [et al.] – M. ; Vologda : Infra-Engineering, 2021. – 652 p.
7. Brizhan V.V., Shiyani S.I. Assessment of economic efficiency from the transfer of trucks to compressed natural gas as motor fuel // Science. Technics. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2020. – № 2. – P. 300–314.
8. Diomande Ble Hyuge, Savenok O.V. Characteristics of the system of collection and preparation of well products in the offshore field Block 63 // Bulatov Readings. – 2020. – VOL. 4. – P. 47–57.

9. Gasification of remote settlements in Russian regions with the use of mobile gas tankers / V.I. Dunayev [et al.] // Proceedings of the International Scientific-Practical Conference dedicated to the 75th anniversary of Victory in the Great Patriotic War «Science. New Generation. Success» (March 28, 2020, Krasnodar). – Krasnodar : Publishing House – South, 2020. – P. 33–36.
10. Kusov G.V. Environmental assessment of projects in the Russian Federation and legal aspects of the implementation of the proposed mechanism // Nauka. Technique. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2019. – № 1. – P. 207–230.
11. Kusov G.V., Povarova L.V. Analysis of the state of the oil market and possible ways of its development in the modern world // Nauka. Technique. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2019. – № 2. – P. 164–177.
12. Kusov G.V., Povarova L.V. Environmental expertise, environmental auditing and environmental impact assessment // Science and technology in oil and gas business: collection of abstracts of II International Scientific and Practical Conference (January 31 – February 01, 2020, Armavir). Section 5 «Environmental protection in oil and gas complex». – Krasnodar : Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education «KubGTU», 2020. – P. 338–342.
13. Kusov G.V. Analysis of technological solutions for the utilization of associated petroleum gas // Nauka. Technique. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2020. – № 1. – P. 158–182.
14. Kusov G.V., Savenok O.V. Low-pressure oil gas: extraction volumes and complications arising during its collection and preparation // Bulatov Readings. – 2020. – VOL. 4. – P. 69–76.
15. Kusov G.V., Savenok O.V. Principle of collection and preparation of low-pressure oil gas using hydraulically driven jet compressor units // Bulatov Readings. – 2020. – VOL. 4. – P. 77–82.
16. Kusov G.V., Savenok O.V. Technology of collection and preparation of low pressure oil gas with the use of hydraulic drive jet compressor units by the example of oil gathering station «Romanovo» (Kaliningrad) // Bulatov readings. – 2020. – VOL. 4. – P. 83–88.
17. Linskaya S.V. Modern Technologies of transport and storage of oil, gas and refined products // Bulatov Readings. – 2020. – VOL. 4. – P. 97–99.
18. Maistrenko A.Y., Kuris Y.V., Vlasenko V.N. Effectiveness of Methods to Increase Production of Bioenergy Fuel // Energy Saving. Energetics. Ergoaudit. – 2010. – № 4 (74). – P. 48–54.
19. Romanko V.A., Griguletsky V.G. On one problem of low pressure gas extraction (part 1) // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 2007. – № 4. – P. 27–33.
20. Romanko V.A., Griguletsky V.G. About one problem of low pressure gas extraction (part 2) // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 2007. – № 5. – P. 31–38.
21. Savenok O.V. Prospects for rational use of associated petroleum gas in Russia // Gas Industry. Special issue of the journal «Gas Industry»: Higher education science for oil and gas industry. – 2013. – № 692. – P. 91–95.
22. Savenok O.V., Sharypova D.D. Methods and technologies for processing and effective use of associated petroleum gas // Oil. Gas. innovations. – 2013. – № 10. – P. 64–71.
23. Energy rationale for the use of biogas / A.G. Fiapshhev [et al.] // Proceedings of the Mountain State Agrarian University. – 2014. – Vol. 51. – № 4. – P. 207–211.
24. Shesterikova R.E., Shesterikova A.A., Galanin I.A. Energy analysis of the impact of gas purification from carbon dioxide on its transportation through main gas pipelines // Bulatov Readings. – 2017. – VOL. 4. – P. 74–77.
25. Shiyan S.I., Dunaev V.I. Features of the design and construction of the compressor station «Kubanskaya» // Science. Technique. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2020. – № 1. – P. 278–290.
26. Possibilities of expanding the gas supply system of remote settlements in Russian regions through autonomous gas supply systems / S.I. Shiyan [et al.] // Bulatov Readings. – 2020. – VOL. 6. – P. 225–228.
27. Solving the problems of gasification of Russian regions through the creation of autonomous gas supply systems / S.I. Shiyan [et al.] // Technological Equipment for Mining and Oil and Gas Industry: Proceedings of XVIII International Scientific and Technical Conference «Readings in memory of V.R. Kubachek», held within the Ural mining decade (02–03 April 2020, Ekaterinburg). – Yekaterinburg : Ural State Mining University, 2020. – P. 182–185.
28. Shiyan S.I., Omelchenko N.N. Re-engineering Options for Reconstruction of Production Facilities of the System of Collection, Transportation and Treatment of Oil, Gas and Water of the Ivanovskoye Field // Engineer-Neftyanik. – 2020. – № 3. – P. 34–42.
29. Zaporozhets E.P., Savenok O.V. Regular processes and equipment in technologies of gathering, preparation and processing of oil and natural gases. Certificate of state registration of the database № 2014620592. Application № 2014620261. Date of receipt March 12, 2014. Date of state registration in the Register of databases April 22, 2014.