С.В. Китаев (Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, Российская Федерация), **Ю.В. Колотиллов, И.В. Гладков, П.Н. Ленский** (Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, г. Москва, Российская Федерация)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРИРОДООХРАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПРИРОДНОГО ГАЗА И НЕФТИ

Sergey V. Kitaev (Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russian Federation), **Yury V. Kolotilov, Ilia V. Gladkov, Pavel N. Lenskiy** (National University of Oil and Gas «Gubkin University», Moscow, Russian Federation)

IMPROVEMENT OF ENVIRONMENTAL PROTECTION TECHNOLOGIES FOR THE GAS AND OIL FIELDS OPERATION

Введение

Углеводородные ресурсы являются основным источником энергии. Такая тенденция сохранится и в обозримом будущем. По сути, с началом добычи нефти и газа началось интенсивное развитие промышленности. Однако при разработке нефтегазовых месторождений на окружающую среду оказывается большое влияние, особенно когда возникают ошибки или неполностью контролируется производственный процесс.

Цели и задачи

Статья посвящена анализу комплексных схем охраны окружающей среды с экстремальными экологическими условиями, которые включают комплексную гигиеническую оценку территории, санитарное зонирование территории, экологический анализ территории. Комплексные схемы позволяют выявить экологические проблемы развития территории, разработать систему природоохранных мероприятий в виде целевой программы охраны окружающей среды.

Background

Hydrocarbon resources are the main source of energy. This trend will continue for the foreseeable future. In fact, with the beginning of oil and gas production, intensive industrial development began. However, the development of oil and gas fields has a large impact on the environment, especially when errors occur or the production process is not fully controlled.

Aims and Objectives

The article is devoted to the analysis of complex schemes for environmental protection with extreme environmental conditions, which include a comprehensive hygienic assessment of the territory, sanitary zoning of the territory, ecological analysis of the territory. Comprehensive schemes make it possible to identify environmental problems of the development of the territory, to develop a system of environmental protection measures in the form of a targeted environmental protection program.

Результаты

Показано, что комплексные схемы позволяют выявить экологические проблемы развития территории, разработать систему природоохранных мероприятий в виде целевой программы охраны окружающей среды. Программа состоит из следующих основных блоков: целевого, в котором определены главные решаемые проблемы и задачи, характеристики исходного уровня и конечных результатов; обеспечивающего, содержащего комплекс средозащитных мероприятий, необходимых для достижения намечаемых параметров состояния окружающей среды; ресурсного, содержащего финансовую оценку и данные по ресурсному обеспечению предусматриваемых мероприятий; организационно-управленческого, где приводится последовательность действий при реализации программы, системы управления, контроля и экономического стимулирования.

В результате разработки программы создаются условия для решения проблем охраны окружающей среды с учетом экологических требований на всех стадиях проектирования, проведения экологической паспортизации всех предприятий, планирования средозащитных затрат с учетом очередности и структуры капитальных вложений и долевого участия предприятий-загрязнителей, а также исправления ранее допущенных экологических ошибок.

Results

It is shown that complex schemes make it possible to identify environmental problems of the development of the territory, to develop a system of environmental protection measures in the form of a target program for environmental protection. The program consists of the following main blocks: target, which defines the main problems and tasks to be solved, characteristics of the initial level and final results; providing, containing a set of environmental protection measures necessary to achieve the planned parameters of the state of the environment; resource, containing a financial assessment and data on resource provision of the planned activities; organizational and managerial, which provides a sequence of actions in the implementation of the program, management system, control and economic incentives.

As a result of the development of the program, conditions are created for solving environmental problems, taking into account environmental requirements at all stages of design, conducting environmental certification of all enterprises, planning environmental protection costs, taking into account the sequence and structure of capital investments and the share participation of polluting enterprises, as well as correcting previously admitted environmental mistakes.

Ключевые слова: охрана окружающей среды; очистка сточных вод; конструктивные и технологические решения; эффективность строительства водоподготовительных объектов различных типов

Keywords: environmental protection; wastewater treatment; constructive and technological solutions; construction efficiency of various types of water treatment facilities

В настоящее время на нефтегазовых промыслах существует проблема в обеспечении надежности водоводов. Проведенный анализ данных по эксплуатации водоводов одного из нефтегазодобывающих управлений

(НГДУ) Тюменской области показал, что их наработка на отказ в некоторых случаях не превышает 7,5 лет. На рисунках 1, 2 приведены структуры причин отказов водоводов высокого и низкого давления в НГДУ.

Рисунок 1. Распределение отказов по водоводам высокого давления

Рисунок 2. Распределение отказов по водоводам низкого давления

Причин высокой аварийности несколько - наличие в воде агрессивных компонентов, механических и абразивных примесей, высоконапорных режимах перекачки и др.

Аварии на водоводах приводят к значительному экономическому ущербу, а также наносят вред окружающей среде. Средний экономический ущерб от одной аварии составляет 50 тыс. руб.

Системы очистки хозяйственно-бытовых и приближенных к ним сточных вод не всегда отвечают требованиям стандартов и нормативных документов [1-3].

Нормальной работе водоочистных сооружений мешают также имеющие место в последние годы случаи непредвиденного ухудшения качества воды вследствие различных аварийных ситуаций, сброса в водоем

стоков, содержащих повышенные концентрации загрязнений. При интенсивном развитии морских месторождений особо важное значение приобретает проблема обеспечения экологической безопасности при их разработке. При морской добыче углеводородных ресурсов особую значимость имеет проблема очистки воды и оборотного водоснабжения, по данному направлению нормативная база пока еще только формируется [4, 5].

На морских месторождениях предъявляются повышенные требования по некоторым показателям качества воды при условии соответствия инженерно-технических сооружений нормам [6, 7].

Требуемая степень очистки воды и ее качество могут быть обеспечены при применении ряда технологий и технических решений, существующих и разрабатываемых отечественными проектными и научными организациями [8-10]. Эффективность технических решений и средств по подготовке воды повысится, если в этом процессе примут активное участие эксплуатирующие организации.

Действующие методики определения нормативов за выбросы (сбросы) загрязняющих веществ в атмосферу основываются на научных разработках по охране окружающей среды.

Для предприятий установлены следующие направления для платы за выбросы в окружающую среду:

- выбросы загрязняющих веществ в атмосферу;
- сбросы в реки и водоемы;
- размещение твердых отходов.

Нормативы платы за выбросы предусмотрены за допустимые и за их превышение. Допустимые выбросы определяются установленными объемами, превышение предполагает превышение установленных объемов.

Паспортизация предприятий по экологии в соответствии с действующими нормативными документами может быть базой для принятия объективных нормативов по выбросам (сбросам).

Проведенные исследования показывают, что механическая очистка

сточных вод в отстойниках во многих случаях является низкоэффективной из-за плохого распределения воды в тонкослойных блоках.

Наилучшее распределение достигается при наличии перед потоком сточной воды до входа в зону распределения вертикальной дырчатой перегородки.

Разработано устройство для осветления сточных вод. Оно включает камеру флотации со сборником пенного продукта, камеру осветления с блоком тонкослойного отстаивания, работающим по противоточной схеме, и системой отвода осветленной воды, накопителя осадка. Устройство можно рекомендовать для предварительной очистки сточных вод в сочетании с электрокоагулятором.

Предложена новая конструкция жиросборного устройства для радиального отстойника, в состав которой входят неподвижные лоток с бункером для приема и отведения плавающих веществ, жиросгон с жиросудерживателем, лопасть для сгона плавающих веществ и вспомогательные элементы. Плавающие вещества направляются жиросгоном в приемный лоток, затем сгоняются лопастью в бункер, а поступившая с ними вода удаляется через водослив с погружной доской в сборный канал осветленной воды.

Отмечены повышение эффективности удаления плавающих веществ по сравнению с жиросборником традиционной конструкции за счет их концентрации между жиросгоном и жиросудерживателем, снижение их влажности в приемном устройстве и повышение надежности работы за счет отсутствия в жиросборном устройстве движущихся частей.

Проведены исследования по очистке слабозагрязненных сточных вод в земляных каналах с посадками тростника, камыша, рогоз на базе существующих каналов в южных районах страны производительностью до $200 \cdot 10^3 \text{ м}^3/\text{сут}$. Каналы могут предусматриваться длиной до 30 км и более, имеют в плане сложную конфигурацию, определяющуюся рельефом местности. Исследования показали, что такие каналы обладают сильной самостабилизацией по отношению к колебаниям расходов сточных вод. Средняя степень очистки сточных вод в каналах составляет 55-65 %. Каналы могут быть рекомендованы

для глубокой очистки сточных вод, прошедших биологическую очистку.

В целях определения дозы ила разработана методика оптимизационного расчета системы аэротенк - вторичный отстойник, при которой достигаются минимальное значение биохимического потребления кислорода (БПК) и вынос взвешенных веществ без изменения соотношения объемов аэротенка и регенератора.

Расчет имеет две целевые модификации: определение максимальной производительности сооружений при заданном качестве очищенной воды и определение возможного высокого качества очистки при заданных расходе и концентрации загрязнений в сточной воде, поступающей на очистку. Предусмотрена следующая последовательность реализации алгоритма расчета: определяется коэффициент рециркуляции ила, доза ила в регенераторе, скорость окисления, время аэрации, время пребывания в регенераторе (в аэротенке); затем определяется оптимальное соотношение объемов аэротенка и регенератора, при котором соблюдается регенерационно-окислительный баланс системы. Далее в зависимости от того, лимитирован процесс окислительной или сорбционной фазой при фактических объемах аэротенка и регенератора, предусматривается их возможное перераспределение.

Определение возможных показателей очистки должно осуществляться путем расчетов минимального выноса ила из вторичных отстойников и показателей качества очищенной воды в фильтрованной пробе.

Расчеты с изменением соотношения аэротенк - регенератор осуществляются методом последовательного приближения. Проверка расчетов экспериментальными данными подтвердила правильность методики. Она рекомендуется для применения проектными организациями при проектировании реконструкций существующих сооружений и эксплуатационным организациям для интенсификации работы существующих сооружений.

Исследования по глубокой очистке сточных вод после биологической очистки проводились на опытной установке производительностью до 4 м³/сут.

Глубокая очистка осуществлялась на аэрируемых фильтрах с тремя типами загрузки: щебеночной (крупность 2-5 мм, высота 2 м); щебеночной (крупность 5-7 мм, высота 2 м); песчаной (крупность 1,0-1,8 мм, высота 1,5 м). Подача сточной воды осуществлялась как сверху, так и снизу. Выявлены оптимальные скорости фильтрации, интенсивность аэрации и направленность потока для удаления нефтепродуктов и синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ).

Установлено, что максимально эффективное удаление каждого из указанных загрязнений достигается при вполне определенном сочетании отмеченных параметров и режимов работы.

Можно идти по пути совершенствования дренажной системы фильтров, используемых при глубокой очистке сточных вод.

Представляют определенный интерес исследования по озонированию очищенных городских сточных вод применительно к малым очистным сооружениям. Озонирование осуществляется для обеззараживания сточных вод и углубления степени очистки по СПАВ и нефтепродуктам. Озонирование обладает преимуществами перед хлорированием: технологическими (не требуется доставка реагента, процесс легко поддается автоматизации) и экологическими (сбрасываемая сточная вода нетоксична к биоценозу водоемов).

Разработаны надежные методики контроля процесса озонирования с определением коэффициента использования озона и абсорбированной сточной водой дозы озона.

Следует выделить инженерное оборудование и технологические процессы контроля состава и обработки осадков сточных вод.

Биотермическая обработка сточных вод путем подсушивания или механического обезвоживания осуществляется на иловых площадках с применением специального оборудования и технологий, таких как:

- штабели с наполнителями из опилок, торфа, компоста;
- штабели на секционных площадках с использованием твердых бытовых отходов;
- биобарабаны на мусороперерабатывающих предприятиях;

- траншеи с использованием оборудования для перемешивания, гомогенизации и насыщения воздухом;

- с использованием смесителей двухвальных плужкового типа периодического действия;

- с использованием солнечной энергии.

Предложенные способы можно рекомендовать для различных условий строительства и эксплуатации. Они позволяют значительно интенсифицировать процесс биотермической обработки осадков, получать ценное удобрение (компост) и сократить трудозатраты и затраты топливно-энергетических ресурсов на подготовку осадков к утилизации.

Повышение и улучшение работы очистных сооружений можно осуществить интенсификацией процессов очистки воды, применяя и совершенствуя технологические и конструктивные решения.

Рассмотрим мероприятия, направленные на улучшение отдельных элементов очистных сооружений.

При очистке воды хлорированием образуются токсичные летучие хлорорганические соединения (ЛХС), такие как хлороформ, четыреххлористый углерод и многие другие. Перспективным следует считать технические решения, направленные на уменьшение образования хлорорганических соединений. В мире существует большое количество современных реагентов, применяемых на очистных станциях, к ним относятся порошкообразные коагулянты и флокулянты, порошкообразный полиакриламид. Применение реагентов интенсифицирует процессы коагуляции, существенно повышая эффективность водоочистки. Однако до сих пор не решена задача сокращения доли алюминия в воде после использования реагента.

Уменьшение концентрации алюминия достигается путем интенсификации процессов осветления воды, а также за счет повышения эффективности процессов смешения воды с реагентами и усиления хлопьеобразования.

При отстаивании и фильтровании процесс хлопьеобразования оказывает решающее влияние на эффективность очистки во-

ды. Разработано несколько модификаций камер хлопьеобразования. В настоящее время применяются камеры: контактные (зернистые); тонкослойные; тонкослойно-эжекционные.

Эффективность работы отстойников и осветлителей, на которых происходит образование взвешенного осадка может быть повышена применением на них тонкослойных элементов. Перспективным направлением является использование метода рециркуляции осадка, который был реализован в конструкции осветлителей-рециркуляторов и камер хлопьеобразования зашламленного типа с рециркулируемым слоем осадка.

В зависимости от месторасположения очистных сооружений нужно преимущественно использовать местные фильтрующие материалы: кварцевый песок, керамзит, шунгизит, различные материалы из горных пород, полученные дроблением. По эффективности материалы могут иметь различные свойства, многие позволяют значительно улучшить работу очистных сооружений. Приоритетное использование доступных фильтрующих материалов, находящихся поблизости от объекта, позволит сократить транспортные расходы.

Важно обеспечить длительную надежную эксплуатацию очистного сооружения, это обеспечивается стабильностью фильтрующего материала. Присутствие гравия приводит к смещению фильтрующего слоя, поэтому на практике в некоторых случаях отказываются от применения гравия в дренажных системах.

Рассматривают применение альтернативных дренажных материалов из пористого полимербетона, к таким системам дренажей относятся конструкции из железобетона дырчатого, патрубковые конструкции и другие. Применяют также полиэтиленовые трубы с металлическими сетками, колпачковые системы, изготавливаемые из полиэтилена или стали.

Очень важными при очистке воды являются вопросы обеззараживания. Из-за сложности технологии работа оборудования не обеспечивает достижение требуемого результата.

Применяется как отечественное, так и зарубежное оборудование для хлорного хо-

зайства. Эффективной является отечественная технология обеззараживания, в основе которой является применение реагента - гипохлорита натрия.

Данная новая технология показала свою высокую эффективность, ряд положительных моментов позволяют утверждать, что она превосходит технологию с применением хлора.

Производя исследования по ряду показателей, таких как бактериологические показатели, цветность, мутность, концентрация остаточного алюминия, окисляемость, можно заключить, что рассмотренные мероприятия действительно позволяют улучшить процессы коагуляции, хлопьеобразования и фильтрования.

Тем не менее, если в воде присутствуют антропогенные загрязнения, то применяемые технологии и технические решения не обеспечивают достаточной степени очистки. Не удастся обеспечить полного удаления из воды загрязнений и химических соединений.

Обеспечить необходимую степень очистки можно, применяя специальные методы очистки, успешность применения которых подтверждается на практике на основании многолетних промышленных исследований, подтвержденных научно-исследовательскими организациями.

Эффективность работы очистных сооружений снижается в периоды паводков, когда загрязнения, находящиеся на водозборной территории, смываются в водоисточник.

Опасность представляют залповые выбросы загрязняющих веществ, в случаях инцидентов и аварий на производственных объектах, возникших из-за нарушения технологического режима.

Особую опасность представляют стихийные бедствия. Как показывают исследования, в этих случаях происходит увеличение вредных выбросов в воду в десятки раз. В таких случаях должны применяться специальные марки порошкообразных веществ.

Паводковые и аварийные периоды характеризуются многократным (в 10 раз и более) увеличением содержания примесей в воде. Для таких случаев разработана техно-

логия очистки воды с применением новых специальных марок активированного угля.

Если антропогенные источники имеют постоянный приток, то в таких системах нужно применять новые логические схемы и способы очистки - методы озонирования и сорбции и их комбинации.

На первом этапе предусматривается озонирование, на следующем сорбционная очистка фильтрующими элементами с активированным углем.

Сочетая новую технологию с существующей схемой, обеспечивается удаление из воды токсичных, вредных загрязнений - нефти, пестицидов, СПАВ. При этом удается добиться высокого качества оборотной воды.

Выводы

1. Необходимым условием эффективной эксплуатации подземных водоводов является их внутренняя защита от коррозии. Проблема защиты трубопроводов может быть решена в двух направлениях: реновация (восстановление сетей) уже уложенных изношенных трубопроводов путем восстановления их пропускной способности и нанесения внутреннего долговечного защитного покрытия (для этого возможно применение нескольких технологий); нанесение покрытий на новые металлические трубы в заводских условиях. Внедрение в практику водоснабжения указанных методов позволит решить проблему очистки воды, в том числе загрязненных водоисточников, и получить воду, соответствующую требованиям отечественного и мирового стандартов.

2. Показано, что проблема водоподготовки является многокритериальной и многофакторной, в которой ряд критериев и показателей не может быть формализован и оцениваться по суждениям экспертов. По всей видимости, есть реальная необходимость в разработке методологической системы многокритериального оценивания эффективности использования различных конструктивных и технологических решений, направленных на повышение эффективности работы водоочистных сооружений и улучшение качества воды.

Список литературы

1. Паршукова Л.А. К вопросу очистки сточных вод от нефтегазовых объектов Западной Сибири // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. 2015. № 6. С. 104-108. DOI: 10.31660/0445-0108-2015-6-104-108.
2. Ворсина Н.А., Шамсутдинова Г.Ф. Требования к системе сбора и подготовки нефти скважин Федоровского месторождения // Современные технологии в нефтегазовом деле - 2018: сб. тр. междунаро. науч.-технич. конф.: В 2 Т. Уфа: Изд-во УГНТУ, 2018. С. 39-42.
3. Хамидуллина Ф.Ф., Хамидуллин Р.Ф., Валиев Р.Ф. Технология предварительного сброса, очистки пластовой воды и перекачки газожидкостной смеси на Тумутукском месторождении // Экспозиция Нефть Газ. 2013. № 4 (29). С. 101-106.
4. Новиков А.И., Пузько Л.В., Зимин А.А. Формирование отечественной нормативной базы в области подводной добычи углеводородов // Газовая промышленность. 2020. № 9 (806). С. 128-131.
5. Алекперов В.Ю., Маганов Р.У., Сапаев О.Л.А., Заикин И.А., Ляшко Н.Н., Федотов И.Б., Бардин И.Ю., Гурман Р.А. Развитие национальной системы стандартизации в области морской нефтегазодобычи // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. 2017. № 12. С. 24-26.
6. Альмухаметова Э.М., Садвакасов А.А. К вопросу об экологической ситуации на Кашаганском нефтяном месторождении // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2017. № 4. С. 97-108. URL: http://ogbus.ru/files/ogbus/issues/4_2017/ogbus_4_2017_p97-108_AlmukhametovaEM_ru.pdf (дата обращения: 02.03.2021).
7. Федосов А.В., Валеева Р.Р., Динаева И.Р., Адиятуллин Р.А., Исмагилов М.И. Реализация проведения аудита промышленной безопасности на предприятиях нефтегазовой отрасли // Сетевое издание «Нефтегазовое дело». 2019. № 6. С. 71-86. URL: http://ogbus.ru/files/ogbus/issues/6_2019/ogbus_6_2019_p71-86.pdf (дата обращения: 02.03.2021). DOI: 10.17122/ogbus-2019-6-71-86.
8. Ксандопуло С.Ю., Тюхтенева З.И., Бурлака С.Д., Привалова Н.М., Овчинникова Е.И. Экология. Актуальные проблемы Краснодарского края и пути их решения. Краснодар: Кубанский государственный технологический университет, 2019. 179 с.
9. Короткова Т.Г., Ксандопуло С.Ю., Заколюкина А.М., Самофал Д.Ю. Очистка нефтепромысловых сточных вод для закачки в пласт // Успехи современного естествознания. 2019. № 9. С. 53-57. DOI: 10.17513/use.37197.
10. Адельшин А.А., Адельшин А.Б., Гришин Б.М., Бикунова М.В., Сафронов М.А. Очистка сточных вод нефтепромыслов с применением высокопроизводительных блочно-модульных установок. Пенза: Пензенский гос. ун-т архитектуры и стр-ва, 2015. 135 с.

References

1. Parshukova L.A. K voprosu ochistki stochnykh vod ot neftegazovykh ob'ektov Zapadnoi Sibiri [To the Issue of Waste Waters Purification in West Siberia Oil and Gas Field Facilities]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Neft' i gaz - Oil and Gas Studies*, 2015, No. 6, pp. 104-108. DOI: 10.31660/0445-0108-2015-6-104-108. [in Russian].
2. Vorsina N.A., Shamsutdinova G.F. Trebovaniya k sisteme sbora i podgotovki nefli skvazhin Fedorovskogo mestorozhdeniya [Requirements to the Oil Collection and Treatment System of Fedorovskoye Field Wells]. *Sbornik trudov mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii «Sovremennye tekhnologii v neftegazovom dele - 2018»: V 2 T.* [Proceedings of the International Scientific and Technical Conference «Modern Technologies in Oil and Gas Business - 2018»: In 2 Volumes]. Ufa, UGNTU Publ., 2018. pp. 39-42. [in Russian].
3. Khamidullina F.F., Khamidullin R.F., Valiev R.F. Tekhnologiya predvaritel'nogo sbrosa, ochistki plastovoi vody i perekachki gazozhidkostnoi smesi na Tumutukskom mestorozhdenii [Technology of Preliminary Dumping, Reservoir Water Purification and a Gas-Liquid Mix Transfer on the Tumutuksky Field]. *Ekspozitsiya Neft' Gaz - Exposition Oil Gas*, 2013, No. 4 (29), pp. 101-106. [in Russian].
4. Novikov A.I., Puzko L.V., Zimin A.A. Formirovaniye otechestvennoi normativnoi bazy v oblasti podvodnoi dobychi uglevodorodov [Formation of the Domestic Regulatory Framework in the Field of Subsea Hydrocarbon Production]. *Gazovaya promyshlennost' - GAS Industry of Russia*, 2020, No. 9 (806), pp. 128-131. [in Russian].
5. Alekperov V.Yu., Maganov R.U., Sapaev O.L.A., Zaikin I.A., Lyashko N.N., Fedotov I.B., Bardin I.Yu., Gurman R.A. Razvitiye natsional'noi sistemy standartizatsii v oblasti morskoi neftegazodobychi [Development of the National Standardization System in the Field of Marine Oil and Gas Production]. *Stroitel'stvo neftyanykh i gazovykh skvazhin na sushe i na more - Construction of Oil and Gas Wells on Land and Sea*, 2017, No. 12, pp. 24-26. [in Russian].
6. Almukhametova E.M., Sadvakasov A.A. K voprosu ob ekologicheskoi situatsii na Kashaganskom neftyanom mestorozhdenii [Overview of Environmental Problems Kashaganskoe Oil Field]. *Elektronnyi nauchnyi zhurnal «Neftegazovoe delo» - Electronic Scientific Journal «Oil and Gas Business»*, 2017, No. 4, pp. 97-108. URL: http://ogbus.ru/files/ogbus/issues/4_2017/ogbus_4_2017_p97-108_AlmukhametovaEM_ru.pdf (accessed 02.03.2021). [in Russian].
7. Fedosov A.V., Valeeva R.R., Dinaeva I.R., Adiyatullin R.A., Ismagilov M.I. Realizatsiya provedeniya audita promyshlennoi bezopasnosti na predpriyatiyakh neftegazovoi otrasli [Industrial Safety Audit Implementation at the Enterprises of the Oil and Gas Industry]. *Setevoye izdanie «Neftegazovoe delo» - Online Edition «Oil and Gas Business»*, 2019, No. 6, pp. 71-86. URL: http://ogbus.ru/files/ogbus/issues/6_2019/ogbus_6_2019_p71-86.pdf (accessed 02.03.2021). DOI: 10.17122/ogbus-2019-6-71-86. [in Russian].

8. Ksandopulo S.Yu., Tyukhteneva Z.I., Burlaka S.D., Privalova N.M., Ovchinnikova E.I. *Ekologiya. Aktual'nye problemy Krasnodarskogo kraia i puti ikh resheniya* [Ecology. Actual Problems of the Krasnodar Territory and Ways to Solve Them]. Krasnodar, Kubanskii gosudarstvennyi tekhnologicheskii universitet Publ., 2019. 179 p. [in Russian].

9. Korotkova T.G., Ksandopulo S.Yu., Zakolyukina A.M., Samofal D.Yu. *Ochistka neftepromyslovyykh stochnykh vod dlya zakachki v plast* [Oilfield Wastewater Treatment for Injection into the Reservoir]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya - Advances in Current Natural Sciences*, 2019, No. 9, pp. 53-57. DOI: 10.17513/use.37197. [in Russian].

10. Adelshin A.A., Adelshin A.B., Grishin B.M., Bikunova M.V., Safronov M.A. *Ochistka stochnykh vod neftepromyslov s primeneniem vysokoproizvoditel'nykh blochno-modul'nykh ustanovok* [Oilfield Wastewater Treatment Using High-Performance Modular Units]. Penza, Penzenskii gos. un-t arkitektury i str-va Publ., 2015. 135 p. [in Russian].

Авторы

• Китаев Сергей Владимирович, д-р техн. наук
Уфимский государственный нефтяной
технический университет
Профессор кафедры «Транспорт и хранение
нефти и газа»
Российская Федерация, 450064, г. Уфа,
ул. Космонавтов, 8/3
e-mail: svkitaev@mail.ru

• Колотилов Юрий Васильевич, д-р техн. наук
Российский государственный университет нефти
и газа (НИУ) имени И.М. Губкина
Профессор кафедры
«Нефтепродуктообеспечение и газоснабжение»
Российская Федерация, 119991, г. Москва,
Ленинский проспект, 65/1
e-mail: kolotilov_yury@mail.ru

• Гладков Илья Вячеславович, канд. техн. наук
Российский государственный университет нефти
и газа (НИУ) имени И.М. Губкина
Ассистент кафедры
«Нефтепродуктообеспечение и газоснабжение»
Российская Федерация, 119991, г. Москва,
Ленинский проспект, 65/1
e-mail: gladkovsamboserp@mail.ru

• Ленский Павел Николаевич
Российский государственный университет нефти
и газа (НИУ) имени И.М. Губкина
Магистрант кафедры
«Нефтепродуктообеспечение и газоснабжение»
Российская Федерация, 119991, г. Москва,
Ленинский проспект, 65/1
e-mail: lenskiypaul@gmail.com

The Authors

• Kitaev Sergey V., Doctor of Engineering
Sciences
Ufa State Petroleum Technological University
Professor of Transport and Storage of Oil and Gas
Department
8/3, Kosmonavtov str., Ufa, 450064,
Russian Federation
e-mailsvkitaev@mail.ru

• Kolotilov Yury V., Doctor of Engineering Sciences
National University of Oil and Gas «Gubkin
University»
Professor of Oil Product Supply and Gas Supply
Department
65/1, Leninsky pr., Moscow, 119991,
Russian Federation
e-mail: kolotilov_yury@mail.ru

• Gladkov Ilia V., Candidate of Engineering Sciences
National University of Oil and Gas «Gubkin
University»
Assistant of Oil Product Supply and Gas Supply
Department
65/1, Leninsky pr., Moscow, 119991,
Russian Federation
e-mail: gladkovsamboserp@mail.ru

• Lenskiy Pavel N.
National University of Oil and Gas «Gubkin
University»
Undergraduate Student of Oil Product Supply
and Gas Supply Department
65/1, Leninsky pr., Moscow, 119991,
Russian Federation
e-mail: lenskiypaul@gmail.com