

Научная статья

УДК 504.064.43

<https://doi.org/10.24143/1812-9498-2023-4-38-44>

EDN IVPOGX

Проведение производственного экологического контроля на примере месторождения углеводородов Волгоградской области

Андрей Александрович Кузьмичев[✉],
Жанетта Владимировна Калашник, Владимир Юрьевич Калашник

Астраханский государственный технический университет,
Астрахань, Россия, andrew_9207@mail.ru[✉]

Аннотация. Описано геологическое строение территории, тектонические элементы, приуроченные к нефтегазовой структуре. Месторождение отнесено к области соприкосновения Воронежской антеклизы и Прикаспийской синеклизы, рассеченными между собой южной частью Пачелмско-Саратовского авлакогена. Изучена специфика месторождения, режим работы залежи, способ добычи, подготовки продукции. Разработке подвержена газоконденсатная залежь тульского горизонта с нефтяной оторочкой с водой в нижней ее части. Режим работы залежи сложный, обусловлен влиянием энергии расширения газовой шапки и упруговодонапорного режима. Преобладает фонтанный способ эксплуатации. Рассмотрена природно-техническая система, сформированная за счет особенностей производственно-хозяйственной деятельности и естественных условий, влияющая на все компоненты окружающей природной среды, нарушающего баланс экосистемы района работ. Определены основные источники повышенной опасности: промышленные площадки добывающих скважин, в местах технологической обвязки устьев скважин, площадка пункта учета газа, в местах фланцевых соединений, свечах рассеивания, газосепараторах. В целях предотвращения загрязнения пластовым флюидом верхней части грунтовой толщи предусмотрено защитное грунтовое обвалование. Особое внимание уделено обзору нормативно-правовой документации, требованиям к организации контроля за соблюдением их исполнения, порядка и сроков представления отчетности. Описаны мероприятия по защите окружающей среды от источников повышенной опасности. Акцентируется внимание на актуальности радиационно-экологического исследования, при этом контроль базируется на равномерном охвате всех промышленных объектов.

Ключевые слова: месторождение углеводородов, экологическая безопасность, производственный экологический контроль, мониторинг, компоненты окружающей природной среды, радиационно-экологические исследования

Для цитирования: Кузьмичев А. А., Калашник Ж. В., Калашник В. Ю. Проведение производственного экологического контроля на примере месторождения углеводородов Волгоградской области // Нефтегазовые технологии и экологическая безопасность. 2023. № 4. С. 38–44. <https://doi.org/10.24143/1812-9498-2023-4-38-44>. EDN IVPOGX.

Original article

The industrial environmental control using the example of a hydrocarbon deposit in the Volgograd region

Andrei A. Kuzmichev[✉], Zhanetta V. Kalashnik, Vladimir Yu. Kalashnik

Astrakhan State Technical University,
Astrakhan, Russia, andrew_9207@mail.ru[✉]

Abstract. The geological structure of the territory, tectonic elements associated with the oil and gas structure are described. The deposit is attributed to the area of contact of the Voronezh anticline and the Caspian syncline, separated by the southern part of the Pachelma-Saratov avlakogen. The specifics of the location, the mode of operation of the deposit, the method of extraction, preparation of products have been studied. The gas condensate field of the Tula horizon with an oil rim with water in its lower part is subject to development. The operation mode of the deposit is complex, due to the influence of the expansion energy of the gas cap and the elastic-water-pressure regime. The background method of operation prevails. The natural-technical system, formed due to the peculiarities of production and economic activity and natural conditions, affecting all components of the natural environment, disturbing the balance

of the ecosystem of the work area, is considered. The main sources of increased danger are identified: industrial sites of producing wells, in places of technological binding of wellheads, the site of the gas metering station, in places of flange connections, dispersion candles, gas separators. In order to prevent formation fluid contamination of the upper part of the soil column, a protective soil embankment is provided. Particular attention is paid to the review of regulatory and legal documentation, requirements for the organization of control over compliance with their execution, the procedure and deadlines for reporting. Measures to protect the environment from sources of increased danger are described. Attention is focused on the relevance of radiation and environmental research, while control is based on uniform coverage of all industrial facilities.

Keywords: hydrocarbon deposits, environmental safety, industrial environmental control, monitoring, environmental components, radiation-ecological research

For citation: Kuzmichev A. A., Kalashnik Zh. V., Kalashnik V. Yu. The industrial environmental control using the example of a hydrocarbon deposit in the Volgograd region. *Oil and gas technologies and environmental safety*. 2023;4:38-44. (In Russ.). <https://doi.org/10.24143/1812-9498-2023-4-38-44>. EDN IVPOGX.

Введение

Топливная промышленность является одним из главных факторов развития экономики России. Топливо-энергетический комплекс – это сложная система, включающая в себя совокупность производств, процессов, материальных устройств по добыче топливно-энергетических ресурсов, их преобразованию, транспортировке, распределению и потреблению как первичных, так и преобразованных видов энергоносителей. Волгоградская область относится к числу ключевых нефтегазовых регионов Нижнего Поволжья, но вместе с тем и одним из самых старых нефтегазодобывающих районов России с высоким уровнем освоения ресурсов [1].

Спецификой производственной деятельности нефтегазодобывающих предприятий является непреднамеренное воздействие на окружающую природную среду, что предопределяет необходимость постоянного контроля (мониторинга) за состоянием компонентов окружающей природной среды (КОПС) с целью их сохранения. Мониторинг – это система долгосрочных наблюдений, оценки, контроля и прогноза состояния и изменения объектов. Программы производственного экологического контроля (ПЭК) (мониторинга) разработаны в соответствии с требованиями природоохранного законодательства с последующим осуществлением такого контроля. Концепция мониторинга предусматривает специальную систему наблюдений, контроля, оценки, краткосрочного прогноза и определения долгосрочных тенденций в состоянии биосферы под влиянием техногенных процессов, связанных с разведкой и разработкой нефтяных месторождений.

Геолого-тектоническое строение территории Волгоградской области

Наличие углеводородного сырья в Волгоградской области обусловлено особенностями ее геологического строения [1]. В региональном тектоническом плане область находится в зоне сочленения двух крупных тектонических элементов Русской платформы – Воронежской антеклизы и При-

каспийской синеклизы, которая рассматривается как погруженная часть Русской платформы. Эти элементы разделены между собой южным окончанием Пачелмско-Саратовского авлакогена [1–3]. В геологическом отношении территория Волгоградской области характеризуется преобладанием осадочного комплекса пород значительной толщины, от сотен метров на северо-западе области (Воронежская антеклиза) до 10 тыс. м и более на юго-востоке в Прикаспийской синеклизе. В структуре осадочной толщи выделяют два основных этажа.

Осадочный чехол верхнего структурного этажа представлен комплексом отложений мезокайнозой, перми, карбона и частично верхнего девона, нижний структурный этаж отражает особенности строения пород в интервале верхний девон – поверхность докембрийского кристаллического фундамента. В целом геотектоническое строение Волгоградской области обусловило сложность геологических условий территории и наличие в ее недрах разнообразных полезных ископаемых, в т. ч. углеводородного сырья – нефти, газа, конденсата [1, 4, 5].

Особенности исследуемого месторождения углеводородов

Рассмотрим нефтегазоконденсатное месторождение Волгоградской области, эксплуатационным объектом которого является газоконденсатная залежь тульского горизонта с нефтяной оторочкой, неполнопластовая, подстилаемая водой. Разработка залежи осуществляется при одновременной выработке нефтяной оторочки и газовой шапки. Режим разработки – смешанный – за счет энергии расширения газовой шапки и активного упругодонапорного. Добыча продукции скважин осуществляется фонтанным способом. Скважины работают в постоянном режиме.

Непосредственно на месторождении подготовка пластовой продукции не производится. Продукция скважин по выкидным трубопроводам поступает на пункт учёта газа, включающий: узел дросселирования; газосепаратор; блок измерительных линий с приборами учета; блок подачи реагентов.

После замера выделившийся на пункте учета газ по трубопроводу направляется через автоматизированную групповую замерную установку (АГЗУ) на сборный пункт (СП), где после сепарации также по трубопроводам транспортируется на газоперерабатывающий завод (ГПЗ) для подготовки и последу-

ющей передачи потребителю.

Отличительной особенностью исследуемого месторождения является обледенение наружной поверхности выкидных линий эксплуатационных скважин (рис. 1).



Рис. 1. Скважина нефтегазоконденсатного месторождения:
а – общий вид промышленной площадки; б – фрагмент трубопровода, покрытый льдом

Fig. 1. Oil and gas condensate field well:
а – general view of the industrial site; б – pipeline fragment covered with ice

Предполагается, что образование льда связано с неоднородностью потока пластового флюида в трубах. В результате эффекта дросселирования на отдельных его участках возможны зоны со значительным понижением температуры, в т. ч. на поверхности трубопровода. Это приводит к конденсации воды из атмосферного воздуха и ее последующему замерзанию. Исследование влияния льдообразования на техническое состояние трубопровода эксплуатационных скважин ранее не проводилось. Однако, учитывая опыт безаварийной эксплуатации производственных объектов исследуемого месторождения, явное негативное влияние отсутствует.

Функционирование природно-технической системы при добыче углеводородного сырья на исследуемом месторождении

Месторождения углеводородного сырья совместно с производственно-хозяйственной деятельностью, связанной с их разработкой и последующей эксплуатацией, представляют собой сложную природно-техническую систему [6, 7], которая формируется за счет взаимодействия естественных (природных) и техногенных элементов, являющихся

источниками антропогенного воздействия на КОПС.

Нефтегазодобыча представляет собой источник повышенной аварийности, т. к. основные производственные процессы происходят под высоким давлением, а промышленное оборудование и трубопроводные системы работают в агрессивных средах.

Возможное негативное воздействие на атмосферный воздух при разработке месторождения может быть связано с поступлением загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосферу (в случае несоответствия технического состояния) от следующих промышленных объектов:

- промышленных площадок добывающих скважин. К источникам выделения ЗВ относятся: технологическая обвязка устьев скважин, сборники дождевых стоков;

- промышленной площадки пункта учета газа. К источникам выделения ЗВ относятся: фланцевые соединения, свеча рассеивания, газосепаратор, дренажные емкости, сборник дождевых стоков.

Система сбора и транспортировки пластовой продукции исследуемого месторождения герметизирована на всем ее протяжении, в связи с чем вы-

бросы загрязняющих веществ в атмосферу минимальны.

В соответствии с разработанным Проектом нормативов предельно допустимых выбросов (Проект ПДВ) для исследуемого месторождения, ежегодно от перечисленных источников в атмосферный воздух поступает 0,194616 т загрязняющих веществ, в т. ч. углеводороды предельные C₁–C₅ – 0,052001 т, углеводороды предельные C₆–C₁₀ – 0,024902 т, бензол – 0,0003 т, ксилол – 0,00008 т, толуол – 0,00016 т.

Вокруг производственных объектов исследуемого месторождения, связанных с добычей нефтегазового сырья, установлены санитарно-защитные зоны (СЗЗ) с оценкой риска для здоровья населения.

Производственные объекты исследуемого месторождения находятся за пределами водоохранных зон ближайших поверхностных водных объек-

тов. При эксплуатации месторождения исключен забор воды для производственных целей из поверхностных источников, также сброс в них загрязненных сточных вод и как следствие прямое негативное воздействие на них.

В случае возникновения аварийных ситуаций возможно загрязнение пластовым флюидом верхней части грунтовой толщи территории, отведенной под промышленные площадки добывающих скважин и пункта учета газа. Защитное грунтовое обвалование трапециевидной формы в сечении и высотой 1 м, возведенное по периметру промышленных площадок (скважин, пункта учета газа), представлено на рис. 2. Оно позволяет исключить возможное растекание добываемого пластового флюида за пределы площадок при возникновении аварийных ситуаций, а также предотвратить их подтопление талыми водами [8, 9].

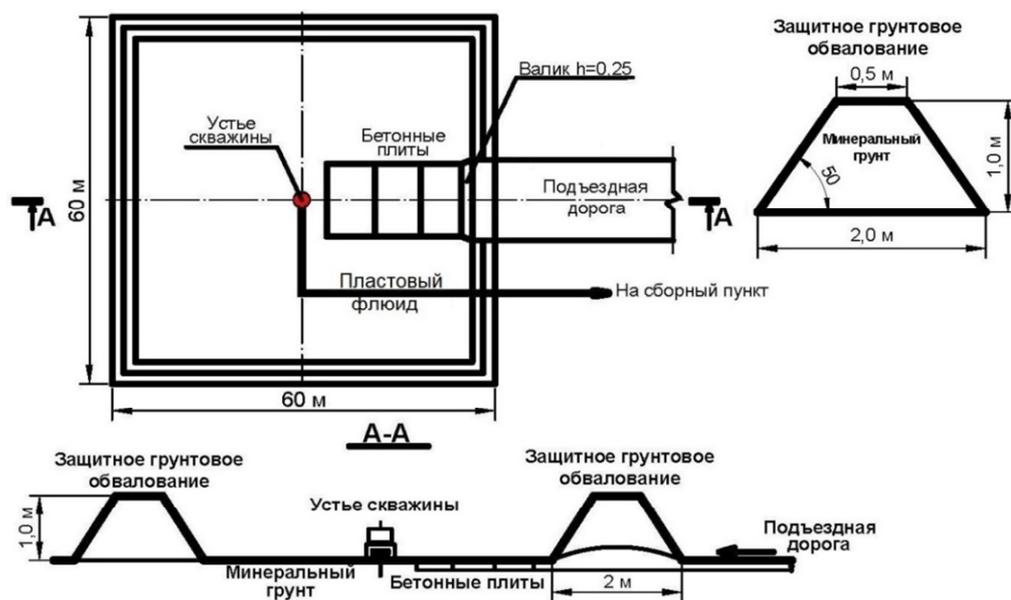


Рис. 2. Схема промышленной площадки скважины при устройстве защитного грунтового обвалования

Fig. 2. Diagram of an industrial well site when constructing a protective soil embankment

Возможное негативное воздействие на подземные воды при эксплуатации нефтепромысловых объектов практически исключено, но может быть обусловлено в основном загрязнением с поверхности в случае аварийных ситуаций, связанных с порывами трубопровода внешнего транспорта продукции, а также при ремонте скважин.

В период разработки эксплуатационного объекта исследуемого месторождения основными последствиями воздействия на недра является отбор пластового флюида с постепенной заменой нефтегазонасыщенной части пласта на водонасыщенную.

При безаварийной работе объектов обустрой-

ства исследуемого месторождения негативное воздействие на почвогрунты, подземные воды исключено, т. к. предусмотренная технология добычи и транспортировки продукции скважин позволяет исключить попадание пластового флюида в окружающую среду.

Производственный экологический контроль как метод обеспечения экологической безопасности и охраны окружающей среды

Необходимость выполнения установленных законодательством требований по охране недр и окружающей среды, безопасному ведению работ,

связанных с использованием недр, отражена в лицензии на право пользования недрами, на основании которой недропользователь осуществляет свою деятельность. На основании положений статьи 67 Федерального закона от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» экологическое сопровождение работ по разработке исследуемого месторождения предусматривает проведение производственного экологического контроля (ПЭК).

Основные требования организации ПЭК изложены в «Требованиях к содержанию программы производственного экологического контроля, порядка и сроков представления отчета об организации и о результатах осуществления производственного экологического контроля», утвержденных приказом Минприроды России от 28.02.2018 № 74, и осуществляемый в его рамках мониторинг состояния и загрязнения КОПС в зоне прогнозируемого воздействия опасных производственных объектов (ОПО) недропользователя, согласно ГОСТ Р 56062–2014 «Производственный экологический контроль. Общие положения» (утвержден и введен в действие 01.01.2015 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 09.07.2014 № 711-ст), а также ГОСТ Р 56059–2014 «Производственный экологический мониторинг. Общие положения» (утвержден и введен в действие 01.01.2015 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 09.07.2014 № 708-ст), который проводится по Программам, разработанным с учетом ГОСТ Р 56061–2014 «Производственный экологический контроль. Требования к программе производственного экологического контроля» (утвержден и введен в действие 01.01.2015 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 09.07.2014 № 710-ст), а также ГОСТ Р 56063–2014 «Производственный экологический мониторинг. Требования к программам производственного экологического мониторинга» (утвержден и введен в действие 01.01.2015 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 09.07.2014 № 712-ст) и согласованным в установленном порядке.

Объектами контроля в границах месторождения и на прилегающей площади являются атмосферный воздух, почвогрунты, подземные воды. Кроме этого, проводятся радиационно-экологические исследования.

Атмосферный воздух. Замеры концентраций ЗВ в атмосферном воздухе осуществляются на промышленных площадках скважин, промышленной площадке пункта учета газа, а также на пунктах режимных наблюдений (ПРН), расположенных вдоль трассы межпромышленного трубопровода, соединяющего пункт учета газа месторождения

и АГЗУ, с определением смеси предельных углеводородов $C_6H_{14}-C_{10}H_{22}$, бензола, ксилола.

Почвогрунты. Отбор проб почв осуществляется на территории промышленных площадок скважин, на площадке временного накопления отходов (ПВНО), в 10 м по направлению стока от ПВНО, на ПРН, расположенных вдоль трассы межпромышленного трубопровода, а также на границах СЗЗ промышленных площадок скважин и пункта учета газа с определением нефтепродуктов, водородного показателя, плотного остатка, органического вещества.

Для получения данных о региональных фоновых уровнях загрязнения почв осуществляется отбор фоновых проб почв на участках, не подверженных интенсивному антропогенному воздействию: на достаточном удалении от поселений (с наветренной стороны); на расстоянии не менее 500 м от автодорог; на сельскохозяйственных землях, где не осуществлялось применение пестицидов и гербицидов (лугах, пустошах) с определением выше перечисленных показателей.

Отбор проб почвы осуществляется в интервалах 0–0,30 и 0,30–0,45 м. При отборе учитывается неоднородность вертикальной структуры почвенного разреза, рельеф местности, смывость почв и другие параметры. С целью исключения влияния локализации (аномального точечного распределения) загрязняющих веществ в почвах отбирают смешанные (осредненные) пробы. Масса каждой отобранной пробы составляет 1 кг. Пробы почв весом 200–250 г отбирают методом «конверта» в 5 точках контролируемого участка размером 1×1 м, затем проводят их осреднение. Отбор проб почв следует проводить в наиболее пониженных участках [8, 9].

Подземные воды. Отбор проб воды осуществляется из близлежащего родника с определением водородного показателя, жесткости, сухого остатка, хлоридов, сульфатов, кальция, магния, калия, натрия, нефтепродуктов, анионных поверхностно-активных веществ (АПАВ), железа общего, гидрокарбонатов.

Радиационно-экологические исследования. Включаются в замеры уровня мощности дозы гамма-излучения. Объекты контроля распределяются по всей территории исследуемого месторождения: промышленных площадках скважин, промышленных площадках пункта учета газа, ПВНО. Поисковая гамма-съемка проводится на территории месторождения из расчета не менее 10 точек на 1 га, но и не менее 5 точек на земельном участке меньшей площади. Измерения мощности дозы гамма-излучения в контрольных точках проводятся на высоте 1 м от поверхности земли, согласно требованиям МУ 2.6.1.2398–08 «Радиационный контроль и санитарно-эпидемиологическая оценка земельных участков под строительство жилых домов, зданий и сооружений общественного и производственного назначения в части обеспечения ра-

диационной безопасности» (утверждены Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации Г. Г. Онищенко 02.07.2008, введены в действие с 02.09.2008).

Контроль зон *вибрационного воздействия и электромагнитных полей* проводить нецелесообразно в связи с отсутствием на территории исследуемого месторождения источников вибрации и электромагнитного излучения.

Заключение

Анализ результатов химико-аналитических исследований проб КОПС, отобранных в процессе

проведения ПЭК, дает основания утверждать, что разработка исследуемого месторождения Волгоградской области не оказывает влияния, нарушающего баланс экосистемы района работ. Состояние КОПС по исследованным факторам, определяющим их качество, характеризуется как «удовлетворительное».

Для обеспечения оперативного наблюдения за экологической ситуацией на исследуемом месторождении необходимо продолжать систематические работы по производственному экологическому контролю в режиме мониторинга.

Список источников

1. Пряхин С. И. Нефтегазопромислы Волгоградской области: состояние и перспективы // Нефтепромисл. дело. 2014. № 5. С. 38–52.
2. Брылев В. А., Пряхин С. И., Харланов В. А. и др. Тектонические структуры Волгоградской области // Волгоградская область: природные условия, ресурсы, хозяйство, население, геоэкологическое состояние: кол. моногр. Волгоград: Перемена, 2011. С. 34–39.
3. Моников С. Н. и др. Волгоградская область: природные условия, ресурсы, хозяйство, население, геоэкологическое состояние: кол. моногр. Волгоград: Перемена, 2011. 495 с.
4. Брылев В. А., Пряхин С. И. Ландшафтные исследования нефтегазоносных территорий как фактор устойчивого развития Нижнего Поволжья // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер.: География. Геоэкология. 2011. № 1. С. 26–34.
5. Гайдуклова Т. А. Нефтегазоносные провинции и об-

- ласти России. Томск: Томск. политехн. ун-т, 2006. 113 с.
6. Разумовская И. В. Планирование процесса экологизации газодобывающей отрасли // Экономика и экология территориальных образований. 2017. № 2. С. 86–89.
7. Махорин А. В., Илгашев В. В., Лешан Д. Г. Производственно-экологический мониторинг окружающей среды при разработке и эксплуатации Уренгойского месторождения // Газ. пром-сть. 2003. № 4 (689). С. 23–26.
8. Безродный Ю. Г., Ботвинкин В. Н., Новикова В. В., Кириллова Ю. А. Опыт ООО СП «Волгодеминойл» в исследовании качества почвогрунтов в процессе строительства скважин // Нефт. хоз-во. 2005. № 3. С. 66–70.
9. Безродный Ю. Г., Ботвинкин В. Н. Результаты натурных исследований загрязнения почвогрунтов на рабочих площадках добывающих скважин ООО «ЛУКОЙЛ-Нижневолжскнефть» // Нефт. хоз-во. 2006. № 11. С. 120–124.

References

1. Priakhin S. I. Neftegazopromysly Volgogradskoi oblasti: sostoianie i perspektivy [Oil and gas fields of the Volgograd region: state and prospects]. *Neftepromyslovoe delo*, 2014, no. 5, pp. 38-52.
2. Brylev V. A., Priakhin S. I., Kharlanov V. A. i drugie. Tektonicheskie struktury Volgogradskoi oblasti [Tectonic structures of the Volgograd region]. *Volgogradskaiia oblast': prirodnye usloviia, resursy, khoziaistvo, naselenie, geoekologicheskoe sostoianie: kollektivnaia monografiia*. Volgograd, Peremena Publ., 2011, pp. 34-39.
3. Monikov S. N. i dr. *Volgogradskaiia oblast': prirodnye usloviia, resursy, khoziaistvo, naselenie, geoekologicheskoe sostoianie: kollektivnaia monografiia* [Volgograd region: natural conditions, resources, economy, population, geoecological condition: collective monograph]. Volgograd, Peremena Publ., 2011. 495 p.
4. Brylev V. A., Priakhin S. I. Landshaftnye issledovaniia neftegazonosnykh territorii kak faktor ustoiichivogo razvitiia Nizhnego Povolzh'ia [Landscape studies of oil and gas-bearing territories as a factor of sustainable development of the Lower Volga region]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriia: Geografiia. Geoekologiia*, 2011, no. 1, pp. 26-34.
5. Gaidukova T. A. *Neftegazonosnye provintsii i oblasti Rossii* [Oil and gas provinces and regions of Russia]. Tomsk,

- Tomskii politekhnicheskii universitet, 2006. 113 p.
6. Razumovskaia I. V. Planirovanie protsesssa ekologizatsii gazodobyvaiushchei otrasli [Planning the process of greening the gas industry]. *Ekonomika i ekologiia territorial'nykh obrazovaniia*, 2017, no. 2, pp. 86-89.
7. Makhorin A. V., Ilgashev V. V., Leshan D. G. Proizvodstvenno-ekologicheskii monitoring okruzhaiushchei sredy pri razrabotke i ekspluatatsii Urengoiiskogo mestorozhdeniia [Industrial and environmental monitoring of the environment during the development and operation of the Urengoy birthplace]. *Gazovaiia promyshlennost'*, 2003, no. 4 (689), pp. 23-26.
8. Bezrodnyi Iu. G., Botvinkin V. N., Novikova V. V., Kirillova Iu. A. Opyt ООО СП «Volgodeminoil» v issledovanii kachestva pochvogrunto v protsesse stroitel'stva skvazhin [Volgodeminoil" in the study of the quality of soils during the construction of wells]. *Neftiianoe khoziaistvo*, 2005, no. 3, pp. 66-70.
9. Bezrodnyi Iu. G., Botvinkin V. N. Rezultaty naturnykh issledovaniia zagriazneniia pochvogrunto na rabochikh ploshchadkakh dobyvaiushchikh skvazhin ООО «LUKOIL-Nizhnevolskneft'» [The results of field studies of soil contamination at the working sites of production wells of LLC LUKOIL-Nizhnevolskneft']. *Neftiianoe khoziaistvo*, 2006, no. 11, pp. 120-124.

Статья поступила в редакцию 09.10.2023; одобрена после рецензирования 18.10.2023; принята к публикации 15.11.2023
The article was submitted 09.10.2023; approved after reviewing 18.10.2023; accepted for publication 15.11.2023

Информация об авторах / Information about the authors

Андрей Александрович Кузьмичев – кандидат технических наук; магистрант кафедры геологии нефти и газа; Астраханский государственный технический университет; andrew_9207@mail.ru

Andrei A. Kuzmichev – Candidate of Technical Sciences; Master's Course Student of the Department of Oil and Gas Geology; Astrakhan State Technical University; andrew_9207@mail.ru

Жанетта Владимировна Калашник – кандидат геолого-минералогических наук, доцент; доцент кафедры геологии нефти и газа; Астраханский государственный технический университет; kalashnik_10@mail.ru

Zhanetta V. Kalashnik – Candidate of Geology-Mineralogical Sciences, Assistant Professor; Assistant Professor of the Department of Oil and Gas Geology; Astrakhan State Technical University; kalashnik_10@mail.ru

Владимир Юрьевич Калашник – аспирант кафедры судостроения и энергетических комплексов морской техники; Астраханский государственный технический университет; oka873@bk.ru

Vladimir Yu. Kalashnik – Postgraduate Student of the Department of Shipbuilding and Energy Complexes of Marine Technology; Astrakhan State Technical University; oka873@bk.ru

