

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЙ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

Н. Н. Тимонина, Д. С. Кузнецов, С. К. Кузнецов

Институт геологии ФИЦ Коми научного центра Уральского отделения РАН
(Сыктывкар, Республика Коми, Российская Федерация)

Статья поступила в редакцию 22 марта 2023 г.

Для цитирования

Тимонина Н. Н., Кузнецов Д. С., Кузнецов С. К. Экологические аспекты промышленного освоения нефтегазовых месторождений арктических территорий Республики Коми // Арктика: экология и экономика. — 2023. — Т. 13, № 3. — С. 449—460. — DOI: 10.25283/2223-4594-2023-3-449-460.

Приведены сведения о разработке нефтегазовых месторождений в Республике Коми и загрязнении окружающей среды. Рассмотрены источники загрязнения и роль теплового, механического и химического факторов. Показано, что весьма существенными являются последствия разливов и утечек нефтепродуктов из местных трубопроводов и негерметичных буровых скважин, а также последствия техногенного воздействия на многолетнемерзлые породы. Прослежена динамика выбросов загрязняющих веществ в атмосферу по административным районам, выявлена тенденция их снижения, согласующаяся с понижением объемов нефтедобычи. Выделены районы с наиболее высокими выбросами вредных веществ в атмосферу и загрязненностью земель от деятельности нефтедобывающих компаний. Предложены первоочередные меры по минимизации экологических рисков.

Ключевые слова: месторождения углеводородов, окружающая среда, скважины, эксплуатация месторождений, нефтепроводы, нефтяные разливы, многолетнемерзлые породы.

Введение

В Арктической зоне Российской Федерации сосредоточены значительные запасы различных полезных ископаемых. Ведется масштабная добыча нефти и газа, меди, никеля, кобальта, платины, золота, алмазов, фосфатов и других видов минерального сырья, что имеет большое экономическое значение и является основой развития высокотехнологичных отраслей промышленности. Можно полагать, что роль полезных ископаемых будет усиливаться. В связи с этим арктические территории, включая морской шельф, ресурсный потенциал которых еще далеко не раскрыт и не исчерпан, представляют большой интерес для проведения дальнейших гео-

лого-разведочных работ, направленных на открытие новых месторождений. Их разработка наряду с уже разрабатываемыми месторождениями, наращивание соответствующей инфраструктуры повлекут возрастание техногенной нагрузки на окружающую среду.

Экологическим аспектам освоения месторождений нефти и газа посвящено довольно много работ российских и зарубежных авторов [1—5], рассматривается широкий круг проблем, включающий мониторинг и оценку воздействия на различные составляющие окружающей среды, защиту оборудования от коррозии [6; 7], рациональное использование попутных компонентов, рекультивацию нарушенных земель [8—10] и др. Негативное воздействие на окружающую среду проявляется на всех этапах

Таблица 1. Динамика поступления налога на добычу полезных ископаемых и платежей за негативное воздействие на окружающую среду в бюджеты всех уровней в Республике Коми, млн руб. Составлено авторами по данным [11]

Table 1. Dynamics of the receipt of mineral extraction tax and payments for negative impact on the environment to the budgets of all levels in the Komi Republic, million rubles. Compiled by the authors according to [11]

Показатель	2017	2018	2019	2020	2021
Налог на добычу полезных ископаемых:	87 775,7	135 990,6	138 896,3	81 604,9	235 832,9
в федеральный бюджет	8 6012,2	135 461,5	136 467,7	81 303,8	216 263,2
в республиканский бюджет	411,5	388,2	514,1	301,2	226,3
В том числе нефти и газа:	85 793,2	135 220,4	136 160,3	81 144,6	215 948,8
в федеральный бюджет	85 793,2	135 220,4	136 160,3	81 144,6	215 948,8
Платежи за негативное воздействие на окружающую среду:					
в федеральный бюджет	4,98	3,37	3,27	—	—
в республиканский бюджет	39,84	26,98	26,16	37,19	70,69
в местный бюджет	54,78	37,09	35,96	55,79	106,04

и стадиях промышленного освоения территорий и месторождений: при бурении поисковых и разведочных скважин, строительстве эксплуатационных скважин, нефтепроводов и газопроводов. Происходит загрязнение воздуха, водных объектов, земель.

Промышленное освоение месторождений нефти и газа на территории Республики Коми началось в 30-е годы прошлого столетия, когда были открыты первые месторождения и выделена Тимано-Печорская нефтегазовая провинция, включающая также территорию Ненецкого автономного округа. С началом разработки крупных Харьягинского и Усинского месторождений центр нефтедобычи сместился в арктические районы с более уязвимой природой и сложными природно-климатическими условиями, при этом особую актуальность приобретают экологические проблемы.

Целью исследования является анализ негативно-го воздействия на окружающую среду, вызванного разработкой нефтегазовых месторождений Республики Коми, рассмотрение различных факторов и механизмов этого воздействия, постановка наиболее острых природоохранных вопросов, требующих оперативного решения.

Материалы и методы

В основу работы положены материалы, касающиеся разработки месторождений углеводородов Республики Коми и представляющие интерес в связи с загрязнением окружающей среды. Использовались сведения об объемах нефтедобычи, бурении разведочных и эксплуатационных скважин, плотности и вязкости нефти, обуславливающих технологические сложности ее извлечения. С целью более полного представления об экологических последствиях

нефтедобычи рассмотрены механические, тепловые и химические факторы воздействия на окружающую среду. При анализе загрязнения окружающей среды в нефтедобывающих районах использовались имеющиеся в открытом доступе данные о содержании в атмосфере углеводородов, диоксидов серы, летучих органических соединений и других веществ, а также данные о загрязнении земель. Прослежена динамика вредных выбросов в атмосферу в течение последних лет в сопоставлении с объемами нефтедобычи. На основе анализа имеющихся данных оценена загрязненность арктических районов и определены первоочередные меры по предупреждению экологических рисков.

Результаты исследований и их обсуждение

Добыча полезных ископаемых, прежде всего нефти и газа, на протяжении многих лет является основным видом экономической деятельности в Республике Коми и составляет более 40% в валовом региональном продукте. «Стратегия социально-экономического развития Республики Коми на период до 2035 года»¹ предусматривает увеличение объемов добычи нефти до 16,5 млн т к 2036 г. при условии освоения месторождений нефти, главным образом расположенных в северных, в том числе арктических районах.

Разработка месторождений нефти и газа обеспечивает значительную долю поступлений налогов в бюджеты всех уровней, при этом налог на добычу полезных ископаемых (в части нефти и газа) в полном объеме перечисляется в федеральный бюджет. В табл. 1 приведены объемы поступления налога

¹ <https://docs.cntd.ru/document/553237768>.

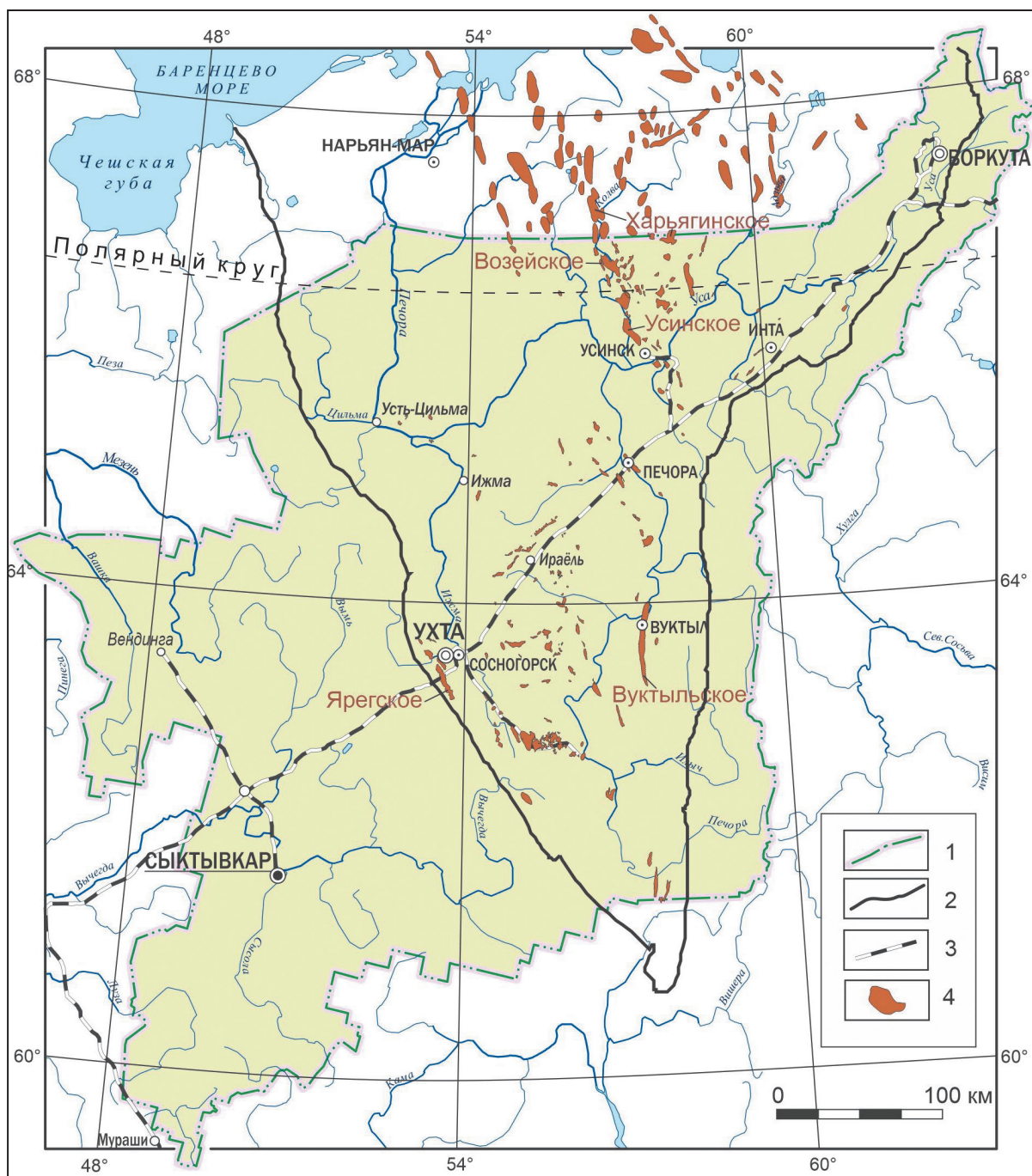


Рис. 1. Месторождения углеводородов на территории Республики Коми и в Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции. 1 – границы Республики Коми, 2 – границы Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции, 3 – железная дорога, 4 – месторождения нефти и газа. Составлено авторами с использованием материалов [14; 15]

Fig. 1. Hydrocarbon deposits in the Komi Republic and the Timan-Pechora oil and gas province. 1 – borders of the Komi Republic, 2 – borders of the Timan-Pechora oil and gas province, 3 – railway, 4 – oil and gas fields. Compiled by the authors using materials [14; 15]

на добычу и платежи за негативное воздействие в федеральный, республиканский и местный бюджеты [11]. Из этих данных хорошо виден рост поступлений налога на добычу полезных ископаемых (с 85 793,2 млн руб. в 2017 г. до 215 948,8 млн руб. в 2021 г.). Заметное снижение поступления налогов в 2020 г. объясняется сокращением объемов добы-

чи нефти вследствие договоренностей со странами ОПЕК+, направленных на регулирование мирового рынка.

Республика Коми включает значительную часть территории Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции (рис. 1). На этой территории сосредоточено 63% перспективных площадей и почти 51% всех

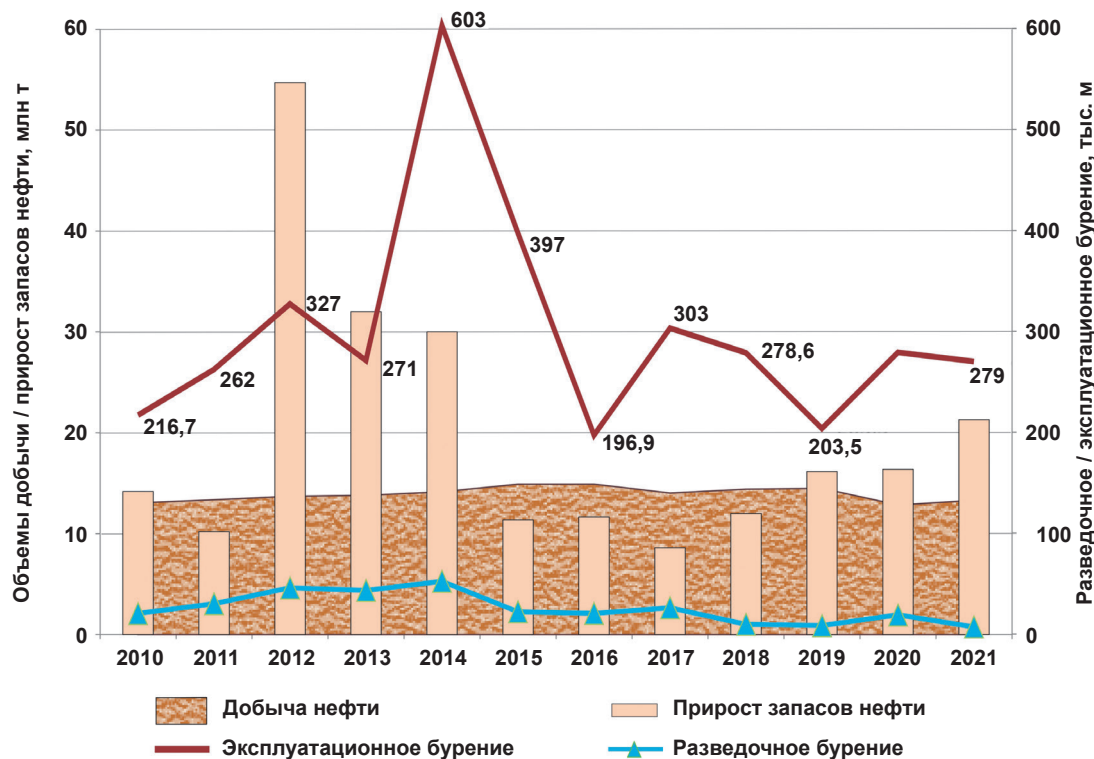


Рис. 2. Объемы добычи нефти с газовым конденсатом, разведочное и эксплуатационное бурение, прирост запасов на территории Республики Коми. Составлено авторами по данным [11; 13]

Fig. 2. Volumes of oil production with gas condensate, exploratory and production drilling and increase in reserves in the territory of the Komi Republic. Compiled by the authors according to [11; 13]

ресурсов углеводородного сырья [12; 13]. В республике находятся 182 месторождения, в том числе 135 нефтяных. К районам нефтедобычи, входящим в Арктическую зону, относятся Усинский район, где разрабатывается ряд месторождений, в том числе крупные Усинское, Возейское и Верхневозейское, а также Усть-Цилемский и Интинский районы.

С точки зрения промышленной экологии важной особенностью сырьевой базы углеводородов является высокая доля трудноизвлекаемых запасов нефти, которые приурочены к залежам или частям залежей, отличающихся неблагоприятными для извлечения геологическими условиями залегания нефти и ее аномальными физическими свойствами. К трудноизвлекаемым в первую очередь относятся запасы нефти, характеризующейся высокой плотностью и вязкостью. Доля нефти с высокой плотностью и вязкостью в остаточных извлекаемых запасах составляет 40%, она сосредоточена в залежах Ярегского, Усинского, Югидского, Суборского, Среднемакарихинского и ряда других месторождений.

В настоящее время в Республике Коми добыча нефти осуществляется на 103 месторождениях. Промышленная разработка ведется многими предприятиями, из которых наиболее крупными являются ООО «ЛУКОЙЛ-Коми», ООО «РН-Северная нефть», ПАО «Газпром».

За всю историю промышленного освоения территории было добыто 662,6 млн т нефти, что составляет 52,2% выработанности разбуренных запасов, 448,3 млрд м³ природного газа, или 74,4% выработанности разбуренных запасов. На рис. 2 приведена динамика добычи нефти с газовым конденсатом за последние годы. Падение добычи нефти в 2020 г., как отмечено выше, обусловлено ограничениями, предусмотренными договором ОПЕК+, в 2021 г. уровни добычи нефти достигли 13,2 млн т [11]. На долю легкой нефти приходится 68% годовой добычи, утяжеленной — 10%, тяжелой — порядка 22,5% [13]. Для поддержания достигнутого уровня добычи нефти выполняется большой объем разведочного и эксплуатационного бурения.

В ходе промышленного освоения месторождений нефти и газа было пробурено большое число поисковых, разведочных и эксплуатационных скважин, существенно влияющих на состояние недр. Процесс бурения скважин или боковых стволов — это нарушение целостности массива горных пород, использование материалов и веществ, чуждых недрам и обладающих агрессивными свойствами. Иногда этот процесс сопровождается аварийными ситуациями. Как показывает практика, во время бурения и эксплуатации скважины могут возникнуть следующие осложнения:

- осыпи и обвалы неустойчивых пород;

- изменение реологических свойств бурового раствора;
- сужение ствола скважин и как следствие затяжка инструмента в интервалах залегания хорошо проницаемых песчаников;
- нефтегазопроявления;
- поглощение промывочной жидкости и тампонажного раствора;
- самопроизвольное искривление ствола скважины;
- просадка устья скважины;
- перетоки жидкости между продуктивными и соседними горизонтами;
- разрушение нефтесодержащих пород, обсадной колонны и цемента;
- смятие колонн;
- преждевременное обводнение;
- парафинизация, коррозия и солеотложение внутрискважинного оборудования.

На многих разрабатываемых месторождениях имеются негерметичные скважины, подлежащие ликвидации. Применяемые технологии ликвидационных работ не гарантируют герметичность [16]. С течением времени подобные скважины могут стать источником региональных экологических катастроф.

В ходе работ по обустройству месторождений на недра оказывается механическое, тепловое и химическое воздействие. Механическое воздействие на геологическую среду обусловлено: рубкой редкого тонкомерного леса и расчисткой кустарника, снятием почвенно-растительного слоя на площадках, вырезкой торфа на площадках узлов по трассам в связи с увеличением площади, планировкой грунтового основания, возведением насыпей под проектируемые площадки и автодороги, уплотнением грунта и установкой проектируемых сооружений на забивных сваях из стальных труб, рытьем котлованов для размещения подземных емкостей и рытьем траншей для подземной прокладки. Механическое воздействие на горные породы приводит к изменению их устойчивости, возникновению осыпей, обрушению склонов, просадкам и провалам грунта, изменению режима влажности пород, созданию техногенных форм рельефа.

Весьма существенно тепловое воздействие, поскольку рассматриваемая территория представляет собой область распространения многолетнемерзлых пород. Тепловое воздействие вызывает изменение растительного покрова, что, в свою очередь, приводит к изменению условий снегонакопления. Сокращение мощности снежного покрова за счет его удаления или уплотнения в процессе обустройства месторождений в зимнее время приводит к понижению среднегодовой температуры грунтов. Увеличивается глубина сезонного промерзания. На заболоченных участках активизируются процессы морозного пучения. Тепловое воздействие на многолетнемерзлые породы при эксплуатации скважин может привести к осложнениям в виде просадки

приустьевой части скважин и искривлению устья скважины.

Химическое воздействие на геологическую среду связано с загрязнением зоны аэрации в случаях возникновения аварийных ситуаций на промышленных площадках в результате разгерметизации оборудования по трассам нефтепроводов, при планово-профилактических ремонтах нефтегазового оборудования, связанных с разливами нефтепродуктов, при опорожнении дренажных емкостей. Кроме того, химическое загрязнение возможно при разрушении оборудования в результате внешней коррозии, обусловленной агрессивными условиями среды — действием ультрафиолета и атмосферных осадков, грунтов и грунтовых вод.

В последние годы увеличиваются объемы добычи нефти с повышенным содержанием сероводорода. Сернистая нефть приводит к снижению срока безаварийной эксплуатации труб внутренних нефтепроводов (для их производства часто используются низколегированные недорогие марки стали). Все это способствует коррозии внутрипромысловых трубопроводов и оборудования. Растворяясь в воде, H_2S и CO_2 способствуют развитию электрохимической коррозии скважинного оборудования. Она проявляется в виде общего повреждения металлической поверхности, в виде локального повреждения поверхности, а также в результате двух видов внутреннего растрескивания металла — сульфидного коррозионного растрескивания под напряжением и водородно-индуцированного растрескивания.

Следует отметить и значительное негативное влияние на недра, оказываемое мероприятиями, направленными на более полное извлечение нефти. Особенно это касается разработки месторождений высоковязкой нефти. Самые распространенные методы увеличения нефтеотдачи — тепловые: вытеснение нефти паром, циклическая закачка пара в пласт и гравитационное дренирование при закачке пара в пласт. Для увеличения эффективности паротеплового воздействия на пласт используются физико-химические композиции, способные генерировать в пласте свободно- и связнодисперсные системы [17]. Происходят изменение химического состава подземных вод и их загрязнение.

В ходе промышленного освоения нефтегазовых месторождений большое количество нефти попадает в окружающую среду не при добыче, а при транспортировке из-за аварий на так называемых межпромысловых и внутрипромысловых трубопроводах небольшого диаметра, 42% труб которых служат менее пяти лет из-за внутренней коррозии. Об этом свидетельствует и тот факт, что половина общей территории загрязненных земель приходится на небольшие разливы площадью до 1 га. При этом количество таких пятен составляет 80% общего числа загрязненных участков. Даже на исправных магистральных нефтепроводах автоматические задвижки в случае разрыва срабатывают только тог-

Таблица 2. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу по основным отраслям промышленности Республики Коми в 2021 г., тыс. т. Составлена авторами по данным [11]

Table 2. Emissions of pollutants into the atmosphere by the main industries of the Komi Republic in 2021, thousand tons. Compiled by the authors according to [11]

Отрасль промышленности	Выбросы	В том числе						
		Твердые вещества	Диоксид серы	Оксид углерода	Оксиды азота	УВ	ЛОС	Прочие
Добыча полезных ископаемых	179,52	8,45	6,107	20,18	5,25	124,27	15,11	0,15
Производство и распределение электроэнергии, газа и воды	59,56	18,18	16,27	12,16	12,27	0,58	0,09	0,01
Обрабатывающие производства	29,7	2,53	0,65	17,56	6,13	1,93	0,79	0,11
Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство	10,18	8,46	0,05	1,14	0,26	0,14	0,09	0,04
Водоснабжение, водоотведение, организация сбора и утилизации отходов, деятельность по ликвидации загрязнений	2,02	0,42	0,24	0,41	0,09	0,61	0,22	0,03

Примечание. УВ — углеводороды, ЛОС — летучие органические соединения.

да, когда из трубы вытекает около 1% содержащегося в них продукта [6; 18].

Важно учитывать, что большая часть нефтепроводов в республике проложена в зоне распространения многолетнемерзлых пород. Строительство и эксплуатация трубопроводных систем часто осуществляются с нарушением динамического равновесия, сопровождающимся активизацией опасных природных процессов. К подобным «реакциям отторжения» природной средой техногенного воздействия относятся просадка или выпучивание сооружений, активизация мерзлотных, эрозийных, оползневых процессов и процессов обводнения — заболачивания на трассах магистральных и промышленных трубопроводов.

В 2022 г. в республике произошло 5 случаев загрязнения окружающей среды нефтью и нефтепродуктами на общей площади 0,69 гектара, и во всех случаях причиной стала разгерметизация из-за коррозии нефтепровода. В 2021 г. зафиксировано 6 случаев аварийных ситуаций, связанных с разливами нефти и нефтесодержащей жидкости, которые произошли на межпромысловых нефтепроводах. Для сравнения: в 2010 г. произошло 11 инцидентов, связанных с разливом нефти и нефтепродуктов в окружающую природную среду, в том числе 7 с попаданием в водные объекты.

По данным, приведенным в Государственном докладе «О состоянии окружающей среды Республики Коми», выбросы загрязняющих веществ в атмосферу в результате деятельности различных предпри-

ятий в 2021 г. составили 370,2 тыс. т, по сравнению с 2020 г. они увеличились на 19,79 тыс. т (5,65%) (табл. 2). Основной объем выбросов, в частности углеводородов, приходится на предприятия нефтегазовой отрасли.

Нами прослежена динамика выбросов загрязняющих веществ в атмосферу по административным районам (рис. 3). Наибольшими значениями выбросов загрязняющих веществ в атмосферу характеризуются Усинский, Ухтинский, Вуктыльский и Сосногорский районы. С 2017 по 2021 гг. произошло снижение объемов углеводородов, диоксида серы и других загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу, практически во всех нефтедобывающих районах. Динамика выбросов загрязняющих веществ хорошо коррелирует с объемами добычи нефти и их сокращением в последние годы (рис. 4).

Вместе с этим в результате порывов нефтепроводов отмечается ежегодное увеличение площади загрязненных нефтью земель. В 2021 г. дополнительно поставлено на учет 24 участка загрязненных нефтью и нефтепродуктами земель общей площадью 51,2 га и учтена информация по 69,5 га восстановленных земель. В настоящее время в районах нефтедобычи учтено 2181,8 га загрязненных земель, из них площадь восстановленных земель составила 1782,8 га (табл. 3).

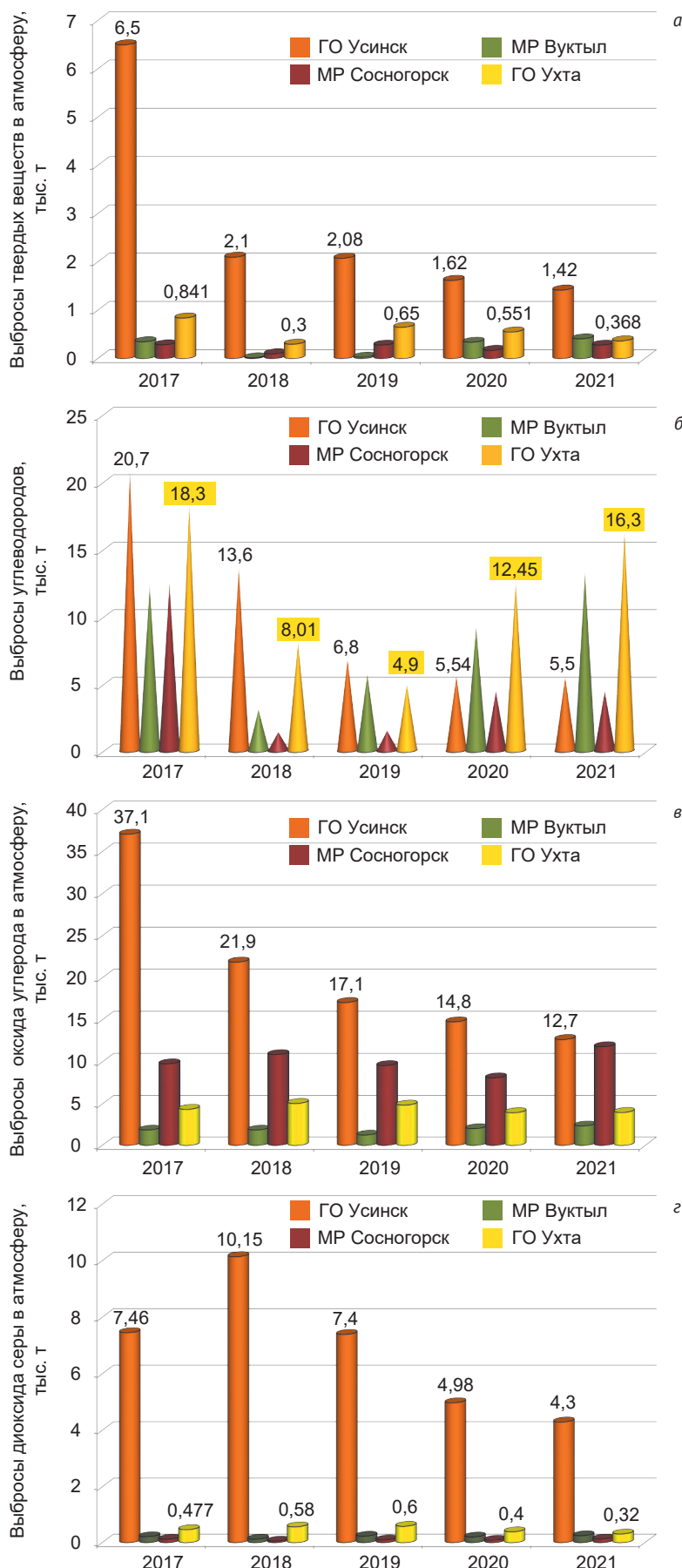
Усинский район характеризуется самой большой площадью загрязненных земель, как видно из табл. 3 и рис. 5. Этот район занимает обширную территорию в зонах северной тайги, лесотундры и тун-

дры. Его площадь составляет 30,9 тыс. км². На долю Усинского района приходится более 60% общего объема добываемой на территории республики нефти. Разрабатываются крупные нефтяные месторождения, широко развита трубопроводная транспортная система. Нитка газопровода проложена от Костюкской площади (на севере) через Возейское и Усинское месторождения до Усинска и далее на юг до Печоры. Действуют нефтепроводы Харьга — Усинск и Салюка — Усинск, к которым подсоединяются нитки от Сандивейского, Среднемакарихинского, Веякошорского и Южно-Баганского месторождений. Кроме того, по территории района проходит магистральный нефтепровод Уса — Ухта (с нефтеперекачивающей станцией «Уса») и газопровод Усинск — Печора. Загрязненность земель Усть-Цилемского и Интинского районов, также входящих в Арктическую зону, заметно ниже, поскольку нефтегазовых месторождений здесь немного и добыча ведется в значительно меньших объемах.

В Республике Коми ведется работа по предотвращению негативного воздействия на окружающую среду, в частности предприятия нефтяного и газового комплекса разрабатывают планы по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов. Создано функциональное звено мониторинга и предупреждения последствий чрезвычайных ситуаций, вызванных аварийными разливами нефти и нефтепродуктов, которое объединяет силы

Рис. 3. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников в разрезе административных районов Республики Коми; а — твердые вещества, б — углеводороды, в — оксид углерода, г — диоксид серы. Составлено авторами по данным [11]

Fig. 3. Emissions of pollutants into the atmosphere from stationary sources within the administrative districts of the Komi Republic; а — solids, б — hydrocarbons, в — carbon monoxide, г — sulfur dioxide. Prepared by the authors according to the data [11]



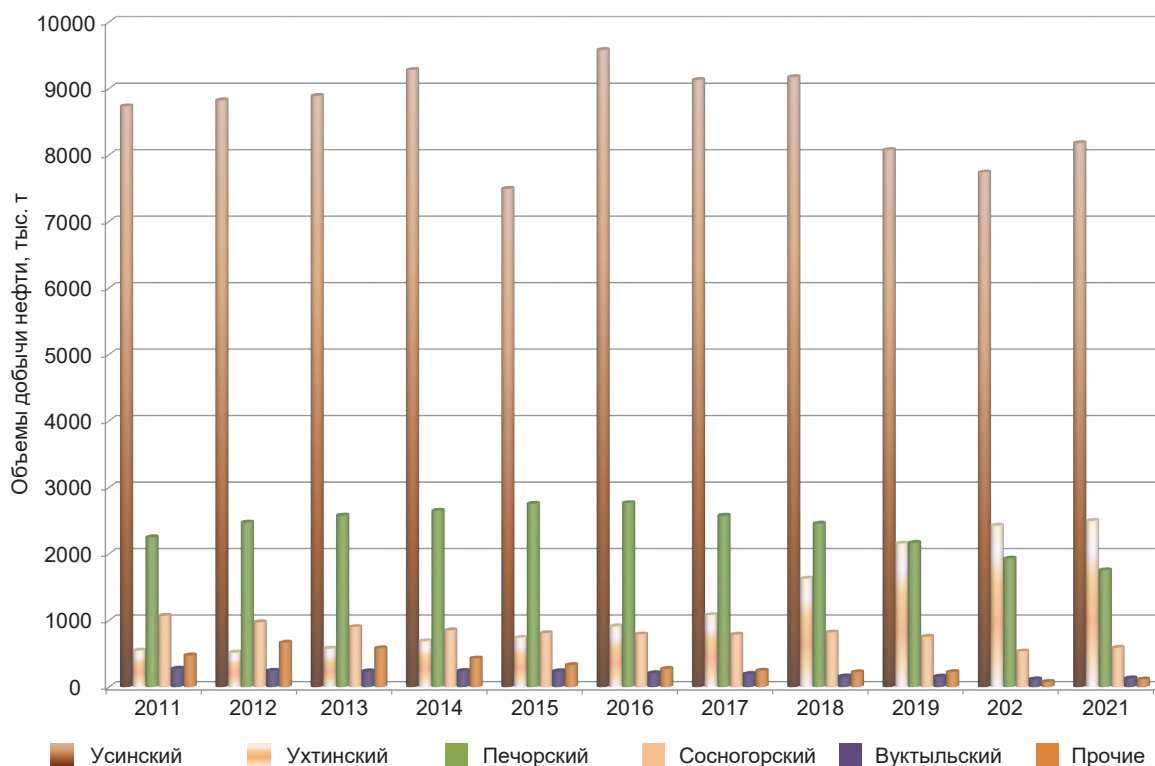


Рис. 4. Динамика объемов добычи нефти по административным районам. Составлено авторами по данным [11; 19]

Fig. 4. Dynamics of oil production volumes by administrative regions of the Komi Republic. Prepared by the authors according to [11; 19]

и средства профессиональных и внештатных аварийно-спасательных формирований, создан резерв оборудования для ликвидации разливов нефти. Защита поверхностей водных объектов от загрязнения нефтепродуктами обеспечивается путем создания

рубежей локализационных сооружений и постов реагирования, укомплектованных различными техническими средствами.

При эксплуатации скважин систематически исследуется техническое состояние забоев, эксплуа-

Таблица 3. Площади загрязненных и рекультивированных земель в районах нефтедобычи Республики Коми, га. Составлена авторами по данным, приведенным в [11]

Table 3. Areas of contaminated and reclaimed lands in the oil production regions of the Komi Republic, hectares. Compiled by the authors according to the data given in [11]

Муниципальное образование	Площадь загрязненных земель	Восстановленная площадь	Не восстановленная площадь
МР «Печора»	18,08	8,00	10,07
МР «Усть-Цилемский»	2,441	2,262	0,179
МР «Ижемский»	10,46	7,1	3,36
ГО «Усинск»	2024,4	1653,07	371,3
МР «Вуктыл»	15,778	13,56	2,2
МР «Сосногорск»	85,948	82,63	3,31
ГО «Ухта»	23,25	14,677	8,57
ГО «Инта»	1,5	1,5	0,018
Итого	2181,86	1782,8	399,01

Примечание. МР — муниципальный район, ГО — городской округ.

тационных колонн, заколонных пространств, контролируется соответствие работы скважины установленному режиму, получение иной исходной информации, необходимой для оптимизации технологического процесса работы скважин.

Заключение

Промышленное освоение месторождений нефти и газа Республики Коми, геолого-разведочные работы, бурение разведочных и эксплуатационных скважин, транспортировка грузов с использованием тяжелой техники и другие виды работ неизбежно сопровождаются вредными выбросами в атмосферу, загрязнением водных объектов и земель. Происходит тепловое, механическое и химическое воздействие на окружающую среду. Положение осложняется тем, что в извлекаемых запасах нефти возрастает доля трудноизвлекаемой плотной и высоковязкой нефти. Разработка месторождений такой нефти весьма сложна и осуществляется с использованием специальных технологий, в том числе экологически опасных. Большое количество нефти попадает в окружающую среду в результате аварий на межпромысловых и внутрипромысловых нефтепроводах.

Арктические районы экологически особенно уязвимы по многим причинам, в частности в связи с распространением многолетнемерзлых пород. Под действием техногенного (теплого) воздействия происходит активизация таких процессов, как просадка, вспучивание, эрозия, оползни, обводнение, заболачивание.

В последнее время наметились некоторые положительные тенденции. Во всех нефтедобывающих районах произошло снижение объемов выбросов углеводородов, диоксида серы и других загрязняющих веществ. Кроме того, отмечается снижение числа аварийных ситуаций, связанных с разливами нефти и нефтесодержащей жидкости. Из числа ар-

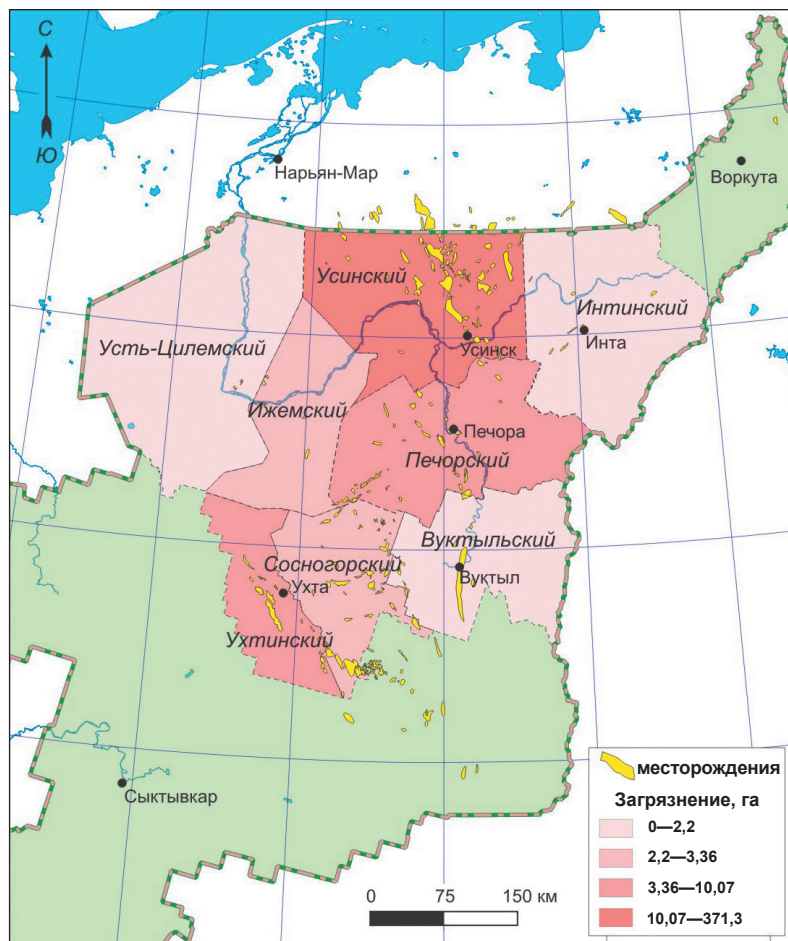


Рис. 5. Расположение районов нефтедобычи в Республике Коми и степень загрязненности земель. Составлено авторами

Fig. 5. Location of oil production areas in the Komi Republic and the degree of land pollution. Compiled by the authors

ктических районов, где ведется нефтедобыча, наиболее загрязненным является Усинский, где разрабатывается ряд крупных нефтяных месторождений, проложена разветвленная сеть нефтепроводов.

Учитывая стратегические планы развития сырьевой базы и наращивания объемов добычи нефти и газа при одновременном усложнении структуры и снижении качества запасов, расширении территорий нефтедобычи, крайне важно повысить и неукоснительно выполнять экологические требования, принимать более эффективные управленческие решения и разрабатывать технические мероприятия, направленные на дальнейшее снижение экологических рисков. В частности, давно назрела необходимость обновления трубопроводной инфраструктуры с применением новейших достижений в сфере защиты поверхностей труб. Особое внимание следует уделять контролю за ликвидацией негерметичных буровых скважин, состоянием многолетнемерзлых пород, оборудованию специальных площадок наблюдения, применению современных технологий строительства нефтепроводов в арктических условиях. Кроме того, важно расширить полномочия органов региональной государственной власти в управлении недропользованием.

Финансирование. Работа выполнена в рамках темы государственного задания Института геологии ФИЦ Коми научного центра Уральского отделения РАН «Геолого-геохимические закономерности об-

разования и размещения углеводородных систем, научные основы формирования сырьевой базы углеводородного сырья в Тимано-Печорской нефтегазовой провинции».

Литература/References

1. Лаверов Н. П., Богоявленский В. И., Богоявленский И. В. Фундаментальные аспекты рационального освоения ресурсов нефти и газа Арктики и шельфа России: стратегия, перспективы и проблемы // Арктика: экология и экономика. — 2016. — № 2 (22). — С. 4—13.

Laverov N. P., Bogoyavlensky V. I., Bogoyavlensky I. V. Fundamental Aspects of the Rational Development of Oil and Gas Resources in the Arctic and Russian Shelf: Strategy, Prospects and Problems. Arctic: Ecology and Economy, 2016, no. 2 (22), pp. 4—13. (In Russian).

2. Брехунцов А. М., Петров Ю. В., Прыкова О. А. Экологические аспекты освоения природно-ресурсного потенциала российской Арктики // Арктика: экология и экономика. — 2020. — № 3 (39). — С. 34—47. — DOI: 10.25283/2223-4594-2020-3-34-47.

Brechunsov A. M., Petrov Yu. V., Prykova O. A. Environmental aspects of the development of the natural resource potential of the Russian Arctic. Arctic: Ecology and Economy, 2016, no. 2 (22), pp. 34—47. DOI: 10.25283/2223-4594-2020-3-34-47. (In Russian).

3. Фадеев А. М., Череповицын А. Е., Ларичкин Ф. Д. Стратегическое управление нефтегазовым комплексом в Арктике. — Апатиты: КНЦ РАН, 2019. — 289 с. — DOI: 10.25702/KSC.978.5.91137.407.5.

Fadeev A. M., Cherepovitsyn A. E., Larichkin F. D. Strategicheskoe upravlenie neftegazovym kompleksom v Arktike [Strategic management of the oil and gas complex in the Arctic]. Apatity, KSC RAS, 2019, 289 p. DOI: 10.25702/KSC.978.5.91137.407.5. (In Russian).

4. Сальников А. В. Нефтеминеральная агрегация для ликвидации аварийных разливов нефти в ледовых морях: история вопроса и предпосылки // Экол. безопасность на шельфе. — 2019. — № 4. — С. 43—47. — DOI: 10.33285/2411-7013-2019-4(289)-43-48. Salnikov A. V. Use of the oil-mineral aggregation for oil spill elimination in icy seas: background and presuppositions. Ecological safety on the shelf, 2019, no. 4, pp. 43—47. DOI: 10.33285/2411-7013-2019-4(289)-43-48. (In Russian).

5. Mambwe M., Kalebaila K. K., Johnson T. Remediation Technologies for Oil Contaminated Soil. Global J. of Environmental Science and Management, 2021, no. 7 (3), pp. 419—438. DOI: 10.22034/gjesm.2021.03.07.

6. Ким С. К., Даниленко Д. Г. Опыт применения технологии антикоррозионной защиты, внедряемой на месторождениях ООО «Лукойл-Коми» // Проблемы освоения Тимано-Печорской нефтегазовой провинции / ООО «ЛУКОЙЛ-инжиниринг». — Ухта: О-Краткое, 2012. — С. 306—319.

Kim S. K., Danilenko D. G. Experience in the Application of Anti-corrosion Protection Technology Introduced at the Fields of ООО “Lukoil-Komi”. Problemy osvoeniya

Timano-Pechorskoi neftegazonosnoi provintsii [Problems of development of the Timano-Pechora oil and gas province]. Ukhta, O-Brief, 2012, pp. 306—319. (In Russian).

7. Запывалов Н. П. Геологические и экологические риски в разведке и добыче нефти // Георесурсы. — 2013. — 3 (53). — С. 3—5.

Zapivalov N. P. Geological and Environmental Risks in Oil Exploration and Production. Georesources, 2013, 3 (53), pp. 3—5. (In Russian).

8. Кумпаненко И. В., Рошин А. В., Иванова Н. А. и др. Использование сорбентов для сбора разливов нефти и нефтепродуктов // Хим. физика. — 2015. — Т. 34, № 4. — С. 81—86. — DOI: 10.7868/S0207401X1504010X.

Kumpanenko I. V., Roshchin A. V., Ivanova N. A., Panin E. O., Sakharova N. A. The Use of Sorbents to Collect Spills of Oil and Oil Products. Chemical Physics, 2015, vol. 34, no. 4, pp. 81—86. DOI: 10.7868/S0207401X1504010X. (In Russian).

9. Wang Sh., Xu Ya., Lin Zh., Zhang J., Norbu N., Liu W. The Harm of Petroleum-Polluted Soil and its Remediation Research. AIP Conference Proceedings, 2017, 1864, p. 020222. Available at: <https://doi.org/10.1063/1.4993039>.

10. Сальников А. В., Грибов Г. Г. Проблемы локализации и ликвидации нефтяных разливов в арктических морях // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. — М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2016. — № 5. — С. 30—33.

Salnikov A. V., Gribov G. G. Problems of Localization and Liquidation of Oil Spills in the Arctic Seas. Stroitel'stvo neftyanykh i gazovykh skvazhin na sushe i na more [Construction of oil and gas wells on land and at sea]. Moscow, ОАО VNIIOENG, 2016, no. 5, pp. 30—33. (In Russian).

11. Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды Республики Коми в 2021 году» / М-во природ. ресурсов и охраны окружающей среды Республики Коми. — Сыктывкар, 2022. — 167 с. Gosudarstvennyi doklad “O sostoyanii okruzhayushchei prirodnoi sredy Respubliki Komi v 2021 godu” [State Report “On the State of the Natural Environment of the Komi Republic in 2021”]. Ministry of Natural Resources and Environmental Protection of the Komi Republic. Syktyvkar, 2022, 167 p. (In Russian).

12. Тарбаев М. Б., Хабаров А. Б. Минеральные ресурсы — основа промышленного развития Республики Коми // Гор. журн. — 2013. — № 9. — С. 4—8.

Tarbaev M. B., Khabarov A. B. Mineral Resources — the Basis of the Industrial Development of the Republic of Komi. Mining magazine, 2013, no. 9, pp. 4—8. (In Russian).

13. Куранов А. В., Отмас Ал. А., Зегер Н. А., Куранова Т. И. Минерально-сырьевая база углеводородного сырья Республики Коми и резервы ее восполнения // Материалы XVII геологического съезда Республики Коми. — Сыктывкар, 2019. — С. 61—62.

- Kuranov A. V., Otmash A. A., Zeger N. A., Kuranova T. I. Mineral Resource Base of Hydrocarbon Raw Materials of the Republic of Komi and Reserves for its Replenishment. Materialy XVII geologicheskogo s"ezda Respubliki Komi [Proceedings of the XVII Geological Congress of the Republic of Komi]. Syktyvkar, 2019, pp. 61—62. (In Russian).
14. Тимано-Печорский седиментационный бассейн. (Альбом литолого-фациальных, структурных и палеогеологических карт и объяснительная записка). — Ухта: Изд-во ТП НИЦ, 2002. — 122 с.
Timan-Pechora sedimentation basin. (Album of lithofacies, structural and paleogeological maps and an explanatory text) [Timano-Pechorskiy sedimentatsionnyy basseyn. (Al'bom litologo-fatsial'nykh, strukturnykh i paleogeologicheskikh kart i ob"yasnitel'naya zapiska)]. Ukhta, Publish. house of TP NITs, 2002, 122 p.
15. Атлас Республики Коми / Отв. ред. Е. В. Корниенко. — М.: Феория, 2011. — 448 с.
Atlas Respubliki Komi [Atlas of the Republic of Komi]. Ed. by E. V. Kornienko. Moscow, Feoria, 2011, 448 p.
16. Закиров С. Н., Закиров Э. С., Индрупский И. М. и др. Устаревшие технологии добычи нефти и газа как источник новых экологических катаклизмов // Эколог. вестн. России. — 2019. — № 8. — С. 20—25.
Zakirov S. N., Zakirov E. S., Indrupsky I. M., Anikeev D. P., Lukmanov A. R., Klimov D. S. Outdated technologies for oil and gas production as a source of new environmental disasters. Ecological Bull. of Russia, 2019, no. 8, pp. 20—25. (In Russian).
17. Бондаренко А. В., Андреев Д. В., Севрюгина А. В. Опыт внедрения и научно-инженерного сопровождения методов увеличения нефтеотдачи на месторождениях Пермского края и Республики Коми // Научные труды работников ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг». — Сыктывкар: Коми респ. тип., 2019. — С. 205—213.
Bondarenko A. V., Andreev D. V., Sevryugina A. V. Experience in the implementation and scientific and engineering support of enhanced oil recovery methods at the fields of the Perm Territory and the Komi Republic. Nauchnye trudy rabotnikov OOO "LUKOIL-Inzhiniring" [Scientific works of employees of OOO LUKOIL-Engineering]. Syktyvkar, Komi republican printing house, 2019, pp. 205—213.
18. Государственный доклад «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2020 году / Гл. ред. Е. И. Петров, Д. Д. Тетенькин; М-во природ. ресурсов и экологии РФ, Федер. агентство по недропользованию. — М., 2021. — 569 с.
Gosudarstvennyi doklad "O sostoyanii i ispol'zovanii mineral'no-syr'evykh resursov Rossiiskoi Federatsii v 2020 godu" [State report "On the State and Use of Mineral Resources of the Russian Federation in 2020". Editors-in-chief E. I. Petrov, D. D. Tetenkin. Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation, Federal Agency for Subsoil Use. Moscow, 2021, 569 p. (In Russian).
19. Тимонина Н. Н., Пьянков В. В. Анализ современного состояния освоения ресурсов углеводородов в Республике Коми // Актуальные проблемы, направления и механизмы развития производительных сил Севера — 2018: Сборник статей Шестой Всероссийской научно-практической конференции: В 3 частях. — Ч. 2. — Сыктывкар, 2018. — С. 302—304.
Timonina N. N., Pyankov V. V. Analysis of the current state of development of hydrocarbon resources in the Komi Republic. Aktual'nye problemy, napravleniya i mekhanizmy razvitiya proizvoditel'nykh sil Severa — 2018: Sbornik statei Shestoi Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii: V 3 chastyakh. Ch. 2. [Actual problems, directions and mechanisms for the development of the productive forces of the North — 2018: Collection of articles of the Sixth All-Russian Scientific and Practical Conference, 2018. Part 2]. Syktyvkar, 2018, pp. 302—304.

Информация об авторах

Тимонина Наталья Николаевна, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией геологии нефтегазоносных бассейнов, Институт геологии ФИЦ Коми научного центра Уральского отделения РАН (167982, Россия, Республика Коми, Сыктывкар, Первомайская ул., д. 54), e-mail: timoninanata@gmail.com, nntimonina@geo.komisc.ru.

Кузнецов Дмитрий Сергеевич, младший научный сотрудник, лаборатория минерально-сырьевых ресурсов, Институт геологии ФИЦ Коми научного центра Уральского отделения РАН (167982, Россия, Республика Коми, Сыктывкар, Первомайская ул., д. 54), e-mail: kuznetsov.ds@mail.ru.

Кузнецов Сергей Карпович, доктор геолого-минералогических наук, заместитель директора по научной работе, Институт геологии ФИЦ Коми научного центра Уральского отделения РАН (167982, Россия, Республика Коми, Сыктывкар, Первомайская ул., д. 54), e-mail: kuznetsov@geo.komisc.ru.

ENVIRONMENTAL ASPECTS OF INDUSTRIAL DEVELOPMENT OF OIL AND GAS FIELDS IN THE ARCTIC TERRITORIES OF THE KOMI REPUBLIC

Timonina, N. N., Kuznetsov, D. S., Kuznetsov, S. K.

Institute of Geology of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (Syktyvkar, Russia)

The article was received on March 22, 2023

For citing

Timonina N. N., Kuznetsov D. S., Kuznetsov S. K. Environmental aspects of industrial development of oil and gas fields in the Arctic territories of the Komi Republic. *Arctic: Ecology and Economy*, 2023, vol. 13, no. 3, pp. 449—460. DOI: 10.25283/2223-4594-2023-3-449-460.

Abstract

The paper considers the ecological aspects of the development of oil and gas fields in the Arctic zone of the Komi Republic. The authors inform about the state of the resource base, the dynamics of oil production, drilling of wells, and the increase in reserves. Oil and gas production dominates in the region's economy, while at the same time impacts negatively on the environment. Field development, geological exploration, drilling of exploration and production wells, laying of pipelines, transportation of oil and other types of work are inevitably accompanied by harmful emissions into the atmosphere, pollution of water bodies and the earth surface. There is a thermal, mechanical and chemical impact on the environment. The situation is getting worse due to the increase in the share of hard-to-recover dense and high-viscosity oil in recoverable oil reserves. The development of hard-to-recover oil deposits is carried out via technologies that cause additional environmental damage. A large amount of oil enters the environment not during its extraction, but due to accidents at oil pipelines, especially inter-field and intra-field ones. The Arctic regions are ecologically very vulnerable due to the spread of permafrost. The technogenic thermal impact activates various negative processes, such as subsidence, swelling, erosion, landslides, flooding, waterlogging. Among the most polluted Arctic regions where oil production is carried out, is the Usinsky region with a number of large oil fields being developed, and extensive network of oil pipelines laid. The authors suggest a number of measures to minimize the negative impact on the environment during the construction and operation of oil production facilities. They outline the need to comply with the equipment technological operating modes, carry out preventive measures, including control of the technical condition of the basic equipment, to analyze the transported products (physical and chemical properties of the working environment), as well as to implement measures for the protection of surface and ground waters. It is expedient to upgrade the pipeline infrastructure in a timely manner with the use of the latest achievements in the field of pipe surface protection, and the elimination of decommissioned boreholes.

Keywords: hydrocarbon deposits, environment, wells, field development, oil pipelines, oil spills, permafrost.

Funding. The work was carried out within the framework of the state assignment of the Institute of Geology, the Federal Research Center of the Komi Scientific Center, the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences “Geological and geochemical patterns of the hydrocarbon system formation and distribution, the scientific basis for the hydrocarbon resource base formation in the Timano-Pechora oil and gas province”.

Information about the authors

Timonina, Natalia Nikolaevna, PhD of Geological and Mineralogical Sciences, Leading Researcher, Head of the Laboratory of Geology of Oil and Gas Basins, Institute of Geology of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (54, Pervomayskaya st., Syktyvkar, Russia, 167982), e-mail: nntimonina@geo.komisc.ru.

Kuznetsov, Dmitriy Sergeevich, Junior Researcher, Laboratory of Mineral Resources, Institute of Geology of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (54, Pervomayskaya st., Syktyvkar, Russia, 167982), e-mail: kuznetsov.ds@mail.ru.

Kuznetsov, Sergey Karpovich, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Research Deputy Director, Institute of Geology of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (54, Pervomayskaya st., Syktyvkar, Russia, 167982), e-mail: kuznetsov@geo.komisc.ru.

© Timonina N. N., Kuznetsov D. S., Kuznetsov S. K., 2023