



Валеев Т.К.^{1,2}, Рахманин Ю.А.³, Сулейманов Р.А.¹, Малышева А.Г.³, Гимранова Г.Г.^{1,4},
Рахматуллин Н.Р.¹, Рахматуллина Л.Р.¹, Бактыбаева З.Б.¹

Характеристика риска для здоровья населения нефтедобывающего региона в связи с факторами среды обитания

¹ФБУН «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека», 450106, Уфа, Россия;

²ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет», 450076, Уфа, Россия;

³ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» ФМБА России, 119121, Москва, Россия;

⁴ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 450008, Уфа, Россия

Введение. Деятельность предприятий, осуществляющих добычу, подготовку, транспортировку и первичную переработку нефти, сопровождается образованием и накоплением большого количества отходов (отработанных буровых растворов, бурового шлама, нефтешламов, отработанных катализаторов и др.), что приводит к загрязнению объектов окружающей среды и может способствовать формированию неблагоприятных эффектов для здоровья населения.

Материалы и методы. Проведён анализ санитарно-гигиенического состояния атмосферного воздуха, почвы, воды поверхностных (реки, озёра) и подземных (скважины, колодцы, родники) водоисточников, воды централизованных систем водоснабжения на территориях крупных месторождений нефти Республики Башкортостан. Источниками информации являлись данные многолетних собственных исследований, регионального информационного фонда СГМ, ведомственных лабораторий.

Результаты. Исследованиями установлено, что в районах нефтедобычи обнаруживается содержание химических веществ в концентрациях, превышающих гигиенические нормативы: в атмосферном воздухе — диоксида серы, диоксида азота, диоксида азота, диоксида серы; в подземных водах — хлоридов, сульфатов, нитратов, железа, стронция, повышенной минерализации и общей жёсткости; в почве — сульфатов, хлоридов, нитратов, нефтепродуктов. Загрязнение воды подземных водоисточников и атмосферного воздуха может способствовать риску развития неблагоприятных эффектов со стороны отдельных органов и систем, а также канцерогенной опасности. По результатам исследования разработаны эколого-гигиенические рекомендации.

Заключение. В результате исследования оценён уровень риска для здоровья населения, связанного с факторами окружающей среды, в нефтедобывающем регионе, обоснован комплекс гигиенических мероприятий.

Ключевые слова: территории нефтедобычи; загрязнение; атмосферный воздух; почва; вода подземных водоисточников; риск для здоровья населения; гигиенические мероприятия

Для цитирования: Валеев Т.К., Рахманин Ю.А., Сулейманов Р.А., Малышева А.Г., Гимранова Г.Г., Рахматуллин Н.Р., Рахматуллина Л.Р., Бактыбаева З.Б. Характеристика риска для здоровья населения нефтедобывающего региона в связи с факторами среды обитания. *Гигиена и санитария*. 2021; 100(11): 1310-1316. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-11-1310-1316>

Для корреспонденции: Валеев Тимур Камилевич, канд. биол. наук, ст. науч. сотр. отд. медицинской экологии ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», 450106, Уфа. E-mail: valeevtk2011@mail.ru

Участие авторов: Валеев Т.К. — концепция и дизайн исследования, сбор материала и обработка данных, написание текста; Рахманин Ю.А. — редактирование; Сулейманов Р.А., Малышева А.Г. — концепция и дизайн исследования, редактирование; Гимранова Г.Г. — сбор данных литературы, написание текста; Рахматуллин Н.Р. — сбор материала и обработка данных, сбор данных литературы; Рахматуллина Л.Р. — сбор материала и обработка данных, статистическая обработка; Бактыбаева З.Б. — сбор материала и обработка данных. Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Поступила: 29.04.2021 / Принята к печати: 28.09.2021 / Опубликована: 30.11.2021

Timur K. Valeev^{1,2}, Yury A. Rakhmanin³, Rafail A. Suleimanov¹, Alla G. Malysheva³,
Galina G. Gimranova^{1,4}, Nail R. Rakhmatullin¹, Liliana R. Rakhmatullina¹, Zulfiya B. Baktybaeva¹

Characteristics of the risk to the health of the population of the oil-producing region associated with environmental factors

¹Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, Ufa, 450106, Russian Federation;

²Bashkir State University, Ufa, 450076, Russian Federation;

³Centre for Strategic Planning and Management of Biomedical Health Risks of the Federal Biomedical Agency, Moscow, 119121, Russian Federation;

⁴Bashkir State Medical University, Ufa, 450008, Russian Federation

Introduction. The activities of enterprises engaged in the production, preparation, transportation and primary processing of oil are associated with the formation and accumulation of a large amount of waste (spent drilling fluids, drilling mud, oil sludge, spent catalysts, etc.), which leads to pollution of environmental objects and can contribute to the formation of adverse effects on public health.

Materials and methods. The sanitary and hygienic state of atmospheric air, soil, the water of surface (rivers, lakes) and underground (wells, wells, springs) water sources, the water of centralized water supply systems in the territories of large oil fields the Republic of Bashkortostan is carried out. The origins of information were data from many years of in-house research, the regional information fund of the Sanitary Hygienic Monitoring, and departmental laboratories.

Results. Studies have found that in areas of oil production, the content of chemicals in concentrations exceeding hygienic standards is detected: in the atmospheric air — dihydrosulfide, hydrocarbons, nitrogen dioxide, sulfur dioxide; in underground waters — chlorides, sulfates, nitrates, iron, strontium, increased mineralization and general hardness; in the soil — sulfates, chlorides, nitrates, petroleum products. Contamination of water from underground water sources and atmospheric air can contribute to the risk of adverse effects from individual organs and systems, as well as carcinogenic hazards. Based on the results of the study, ecological and hygienic recommendations were developed.

Conclusion. As a result of the study, the level of public health risk associated with environmental factors in the oil-producing region was assessed, and a set of hygienic measures was justified.

Keywords: oil production areas; pollution; atmospheric air; soil; water from underground water sources; risk to public health; hygiene measures

For citation: Valeev T.K., Rakhmanin Yu.A., Suleymanov R.A., Malysheva A.G., Gimranova G.G., Rakhmatullin N.R., Rakhmatullina L.R., Baktybaeva Z.B. Characteristics of the risk to the health of the population of the oil-producing region associated with environmental factors. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2021; 100(11): 1310–1316. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-11-1310-1316> (In Russ.)

For correspondence: Timur K. Valeev, candidate biological sciences, senior researcher of the Department of medical ecology Ufa Institute of Occupational Health and Human Ecology, Ufa, 450106, Russian Federation. E-mail: valeevtk2011@mail.ru

Information about authors:

Valeev T.K.	https://orcid.org/0000-0001-7801-2675	Rakhmanin Yu.A.	https://orcid.org/0000-0003-2067-8014
Suleimanov R.A.	https://orcid.org/0000-0002-4134-5828	Malysheva A.G.	https://orcid.org/0000-0003-3112-0980
Gimranova G.G.	https://orcid.org/0000-0002-8476-1223	Rakhmatullin N.R.	https://orcid.org/0000-0002-3091-8029
Rakhmatullina L.R.	https://orcid.org/0000-0002-5587-2733	Baktybaeva Z.B.	https://orcid.org/0000-0003-1249-7328

Contribution: Valeev T.K. — research concept and design, material collection and data processing, text writing; Rakhmanin Yu.A. — editing; Suleymanov R.A., Malysheva A.G. — concept and design of the study, editing; Gimranova G.G. — collecting literature data, writing a text; Rakhmatullin N.R. — collection of material and data processing, collection of literature data; Rakhmatullina L.R. — material collection and data processing, statistical processing; Baktybaeva Z.B. — material collection and data processing. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgement. The study had no sponsorship.

Received: July 22, 2021 / Accepted: September 28, 2021 / Published: November 30, 2021

Введение

Нефтедобывающая деятельность неизбежно сопровождается загрязнением окружающей среды. Процессы добычи, подготовки, транспортировки и первичной переработки нефти приводят к образованию и накоплению отходов на больших территориях. Основными видами технологических отходов являются отработанные буровые растворы, буровой шлам, нефтешламы, отработанные катализаторы, размещаемые в шламонакопителях нефтяных амбаров. Так, на территории Российской Федерации (РФ) ежегодно образуется более 3 млн тонн нефтешламов, их суммарная площадь загрязнения превышает 70 тыс. га. Основными причинами загрязнения считаются устаревшее оборудование, аварийные разливы нефти и нефтепродуктов, в том числе произошедшие по причине несанкционированных врезок в трубопроводы. Износ основных производственных фондов нефтедобывающей отрасли в РФ составляет до 55%, а по отдельным нефтедобывающим компаниям («Башнефть», «Татнефть», «Самаранефтегаз» и др.) — 70% и более [1].

Анализ литературных источников показал, что в нефтедобывающих районах наблюдается загрязнение всех средовых объектов: атмосферного воздуха, почвы, подземных и поверхностных водоисточников. Основными загрязняющими компонентами являются углеводороды, бензол, фенол, формальдегид, диэтилсульфид, нефть, нефтепродукты, хлориды, сульфаты и тяжёлые металлы [2–9]. Результаты наблюдений отечественных и зарубежных исследователей свидетельствуют о достоверной значимости неблагоприятного влияния вредных соединений, поступающих в объекты окружающей среды от предприятий отрасли, на состояние здоровья и условия проживания населения [10–19].

К территориям, испытывающим повышенную техногенную нагрузку на окружающую среду в результате нефтедобывающей деятельности, относится Республика Башкортостан (РБ), являющаяся одним из старейших и крупнейших нефтедобывающих регионов России. В настоящее время РБ занимает 8-е место в РФ среди регионов с наибольшими объёмами добычи нефти и 1-е место по её переработке [20].

На территории РБ находятся 155 действующих нефтяных месторождений, наиболее крупными из которых являются: Арланское, Туймазинское, Серафимовское, Чекамгушевское, Манчаровское, Кушкульское, Шкаповское [21]. Существующий парк межпромысловых трубопроводов ООО «Башнефть-Добыча» составляет более 30 000 км, кроме

того, по территории 30 муниципальных районов РБ пролегают линии магистральных нефтепроводов и нефтепродуктопроводов АО «Транснефть-Урал», общая протяжённость которых составляет 3923 км [22, 23].

Цель исследования — оценка состояния объектов окружающей среды (ООС) как факторов риска для здоровья населения и обоснование эколого-гигиенических мероприятий по минимизации техногенного влияния (на примере территорий нефтедобычи РБ).

Материалы и методы

Исследование проведено при выполнении государственного задания Роспотребнадзора. Основными объектами исследования являлись территории наиболее крупных нефтяных месторождений РБ (Арланское, Манчаровское, Туймазинское, Шкаповское, Шафрановское, Демское, Раевское, Сатаевское). Информационными материалами для проведения гигиенической оценки состояния ООС являлись материалы многолетних исследований Уфимского НИИ МТ и ЭЧ Роспотребнадзора (аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.510411), данные мониторинговых наблюдений, выполненных лабораториями ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Башкортостан», нефтяной компании «Башнефть». Общая длительность периода наблюдения за качеством окружающей среды составила 20 лет (с 2000 по 2019 год). Для оценки степени загрязнения ООС проведён анализ санитарно-гигиенического состояния атмосферного воздуха, почвы, воды поверхностных (реки, озёра) и подземных (скважины, колодцы, родники) водоисточников, воды централизованных систем водоснабжения. Анализ санитарно-гигиенического состояния объектов окружающей среды осуществляли в соответствии с требованиями СанПиН 1.2.3685-21*.

Расчёты, оценку и интерпретацию уровней канцерогенного и неканцерогенного риска для здоровья населения проводили по утверждённой методологии, изложенной в Р 2.1.10.1920-04. Для установления уровней экспозиции

* Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 г. № 2 «Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

определяли максимальные и минимальные концентрации загрязняющих веществ, медианные (среднегодовые) концентрации за многолетний период наблюдения, 90-й перцентиль. При характеристике риска для здоровья населения ориентировались на общепринятую систему критериев приемлемости: для канцерогенного риска диапазон допустимого уровня – от $1,0E-06$ до $1,0E-04$, для неканцерогенного – значение индекса опасности, не превышающее 1.

Результаты

Нефтедобыча в РБ, как и в других нефтяных регионах РФ, отличается значительной территориальной разбросанностью нефтепромысловых объектов, что обуславливает неблагоприятное воздействие на ООС на больших расстояниях.

Источниками организованных выбросов в атмосферу при нефтедобыче являются газообводные трубы подземных и дренажных емкостей, в том числе дренажные ёмкости автоматизированных групповых замерных установок, трубы котельных и печей, вентиляционные установки производственных помещений, факельные установки. К неорганизованным источникам выбросов относятся выделения через дыхательные клапаны резервуаров, неплотности запорно-регулирующей арматуры, фланцевые и сальниковые соединения, насосное оборудование, испарения с поверхностей шламовых амбаров, нефтеловушек, прудов-отстойников, а также излившейся нефтяной смеси при порывах трубопроводов и др. Следует отметить, что выбросы от неорганизованных источников вносят основной вклад в общий валовый выброс вредных веществ в атмосферу. Формирование значительного количества сточных вод, как правило, происходит на установках по комплексной подготовке нефти, где реализуются процессы деэмульсации, стабилизации, обезвоживания и обессоливания нефти, а также в нефтерезервуарных парках, размещённых на промыслах.

Компонентный состав выбросов и сбросов вредных химических веществ в ООС в результате технологических процессов нефтедобычи характеризуется относительной стабильностью, и насчитывает порядка 20–25 ингредиентов. В структуре выбросов содержатся углеводороды, дигидросульфид, продукты сгорания попутного нефтяного газа (оксид и диоксид азота, оксид углерода, диоксид серы, углерод, метан, бенз(а)пирен), вредные вещества, образующиеся в процессе покрасочных работ нефтяного оборудования в тёплые периоды года (взвешенные вещества, уайт-спирит, ацетон, ксилол, этиловый и бутиловый спирты, бутилацетат, сольвент нефти, этилцеллозольв и др.).

Значимым фактором загрязнения ООС являются аварии и разливы нефти и нефтепродуктов, которые происходят на кустовых площадках и трубопроводах (внутрипромысловых, межпромысловых, магистральных и др.). Так, к примеру, в РБ только в 2016 году произошло более 1100 инцидентов. Основными факторами, влияющими на возникновение аварийных ситуаций, являются внутренняя и наружная коррозия, эксплуатация трубопроводов, отработавших 10 и более лет, устройство несанкционированных врезок. Парк трубопроводов, эксплуатируемых ведущей нефтедобывающей компанией РБ – «Башнефть-Добыча», по возрастному составу 10–20 лет составляет более 60%.

Как показал анализ мониторинговых наблюдений, самые высокие уровни загрязнения атмосферного воздуха, связанные с повышенными концентрациями дигидросульфида (до 4 ПДК), углеводородов (до 2,5 ПДК), диоксида азота (до 1,2 ПДК), регистрировались на расстояниях 1–5 км от нефтепромысловых объектов (нефтеперекачивающих станций, установок комплексной подготовки нефти). На территориях ряда населённых пунктов (деревни Чегодаево, Мелисоновка, Озеровка, Медяново, Верхнеманчарово, Субханкулово), расположенных на расстоянии 150–1500 м от источников загрязнения, в атмосферном воздухе обнаруживались загрязняющие вещества в концентрациях, превышающих гигиенические регламенты: по диоксиду азо-

та – от 1 до 3,2 ПДК, диоксиду серы – от 0,8 до 2,4 ПДК. Присутствие предельных углеводородов C_1-C_{10} , ароматических углеводородов (бензол, ксилол, толуол) находилось в пределах допустимых значений. Анализ содержания предельных углеводородов C_1-C_5 в атмосферном воздухе районов расположения нефтешламовых амбаров за длительный период наблюдения также не выявил превышения гигиенических регламентов (менее 0,5 ПДК).

Уровень загрязнения почвы в населённых пунктах, расположенных вблизи нефтепромысловых объектов (дд. Калмаш, Кавказ, Япрыково, Ильчимбетово), превышал фоновые концентрации по общему солесодержанию до 5,5 раза, сульфатам – до 17 раз, хлоридам – до 6 раз, нефтепродуктам – до 3 раз, нитратам – до 2,5 раза. Наибольший уровень загрязнения почвенного покрова наблюдался в районе расположения нефтедобывающих скважин, промышленных площадок, разливов продукции скважин и трубопроводов.

Для изучения качества поверхностных вод выбраны пункты наблюдений на реках Дема, Мияки, Чермасан, Быстрый Танып, озере Аслы-Куль, Нижнекамском водохранилище, расположенных на территориях Демского, Сатаевского, Туймазинского, Шафрановского, Раевского, Арланского нефтяных месторождений и широко используемых населением для культурно-бытовых и рекреационных целей. Материалы длительных наблюдений свидетельствуют о том, что для изучаемых водных объектов характерно высокое загрязнение нефтепродуктами (до 3,7 ПДК), железом (до 1,5 ПДК), марганцем (до 1,2 ПДК), сульфатами (1,6 ПДК).

В нефтедобывающих районах РБ качество воды подземных водоисточников, используемых для хозяйственно-питьевых нужд, также характеризуется неудовлетворительным состоянием по ряду санитарно-химических показателей: железо (до 2 ПДК), стронций (до 1,7 ПДК), сульфаты (до 3 ПДК), хлориды (до 1,8 ПДК), нитраты (до 4 ПДК), общая минерализация (до 1,5 раза), жёсткость (до 3 ПДК). Необходимо отметить, что исследованиями выявлены и экстремально высокие уровни загрязнения подземных вод; так, например, в воде частной скважины глубиной около 50 м (территория Туймазинского месторождения) обнаружено содержание нефтепродуктов на уровне $3,9 \text{ мг/дм}^3$ (при ПДК – $0,1 \text{ мг/дм}^3$), а дигидросульфида – на уровне $33,5 \text{ мг/дм}^3$ (при ПДК – $0,003 \text{ мг/дм}^3$). В воде отдельных источников нецентрализованных систем водоснабжения выявлено присутствие соединений группы пестицидов (2,4-Д, ДДТ, линдан) на уровне предельно допустимых значений.

При оценке водоснабжения населения нефтедобывающих районов проанализировано и качество воды родников, являющихся альтернативными, а иногда и единственными источниками питьевого водоснабжения сельских жителей. Результаты показали, что из 25 изученных водоисточников 18 являются непригодными для питьевых целей по показателям, превышающим гигиенические нормы: нитратам (до 2 ПДК), хлоридам (до 1,5 ПДК), стронцию (до 1,1 ПДК), общей минерализации (до 1,3 ПДК) и общей жёсткости (до 4 ПДК). Кроме того, более 30% обследуемых родников не соответствовало качеству по микробиологическим показателям (присутствие бактерий *E. coli*, *Citrobacter* spp., высокие значения общего микробного числа).

Вода централизованных систем питьевого водоснабжения в нефтяных районах, как правило, обладает повышенной жёсткостью и высоким содержанием железа (до 2 ПДК), по остальным показателям качество воды соответствует санитарно-гигиеническим требованиям.

Таким образом, результаты проведённых гигиенических исследований показали, что качество ООС на нефтедобывающих территориях является неудовлетворительным, что может неблагоприятно воздействовать на здоровье населения.

Расчёты хронических рисков неканцерогенных (общетоксических) эффектов свидетельствуют, что загрязнение атмосферного воздуха химическими соединениями на отдельных исследуемых селитебных территориях фор-

Таблица 1 / Table 1

Уровни неканцерогенного риска для здоровья населения, обусловленные загрязнением атмосферного воздуха
Levels of non-carcinogenic risk to public health due to atmospheric air pollution

Критические органы и системы Critical organs and systems		Населённый пункт / Name of the locality						
		Чегодаево Chegodaevo	Мелисоновка Melisonovka	В. Манчарово V. Mancharovo	Медяново Medyanovo	Субханкулово Subhankulovo	Игметово Igmetovo	Озеровка Ozerovka
		индекс опасности / hazard indices <i>HI</i>						
Органы дыхания	Respiratory organs	4.15	4.25	3.60	3.45	3.14	1.05	2.0
Система крови	Blood system	2.0	2.50	3.20	1.50	3.33	0.25	1.25
ССС	Cardiovascular system	0.25	0.25	< 0.1	0.25	0.91	< 0.1	0.25
Иммунная система	The immune system	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.33	< 0.1	< 0.1
ЦНС	Central nervous system	0.25	0.25	< 0.1	0.25	0.87	< 0.1	0.25
Процессы развития	Development processes	0.25	0.25	< 0.1	0.25	0.83	< 0.1	0.25
Репродуктивная система	Reproductive system	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.33	< 0.1	< 0.1
Красный костный мозг	Red bone marrow	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.33	< 0.1	< 0.1
Уровень смертности	Mortality rate	2.40	2.0	0.50	2.20	1.0	0.90	1.0

мирует повышенные уровни рисков для здоровья населения (табл. 1). Наиболее значимыми являются риски в отношении органов дыхания (HI 1,05–4,25), системы крови (HI 1,25–3,33), также они могут способствовать повышению уровня смертности (HI 1,2–1,7). Выявленные уровни рисков хронических ингаляционных воздействий обуславливаются комплексом химических примесей (ксилол, толуол, бензол, диоксид серы, диоксид азота, оксид углерода). Приоритетными загрязняющими веществами, формирующими основной вклад в повышенные уровни риска для здоровья, являются: диоксид серы, оксид углерода и диоксид азота. Так, риск для здоровья населения в отношении органов дыхания (HI 1,05–4,25) формируют в основном

диоксид азота (HQ до 2,25) и диоксид серы (HQ до 2,2); системы крови (HI 1,25–3,33) – диоксид азота (HQ до 2,25) и оксид углерода (HQ до 1); риск повышения уровня смертности (HI 1,2–1,7) – диоксид серы (HQ до 2,2).

Учитывая, что население исследуемых территорий использует в питьевых целях воду как централизованных, так и децентрализованных систем водоснабжения, неканцерогенный риск, связанный с пероральным (водным) фактором, рассчитан отдельно, для каждого сценария (табл. 2).

Несмотря на то что концентрации химических веществ в воде централизованных систем водоснабжения не превышают гигиенических нормативов (за исключением повышенного содержания солей жёсткости и железа), расчёты по оценке

Таблица 2 / Table 2

Неканцерогенный риск, связанный с качеством питьевого водоснабжения
Risk of non-carcinogenic effects associated with the quality of drinking water supply

Критические органы и системы Critical organs and systems		Вода систем водоснабжения / Water supply systems			
		централизованных / of centralized		нецентрализованных / from non-centralized	
		взрослые / adults	дети / children	взрослые / adults	дети / children
		индекс опасности / hazard indices <i>HI (min–max)</i>			
Система крови	Blood system	0.920–1.330	1.40–2.10	1.60–5.85	2.50–9.16
ССС	Cardiovascular system	0.872–1.731	1.353–2.717	1.56–6.08	2.48–9.49
ЦНС	Central nervous system	0.731–0.884	1.141–1.390	0.39–0.49	0.67–0.78
Нервная система	Nervous system	0.690–0.720	1.090–1.125	0.38–0.43	0.62–0.68
ЖКТ	Gastrointestinal tract	0.80–1.00	1.300–1.494	0.36–0.40	0.57–0.62
Печень	Liver	0.416–0.435	0.630–0.680	< 0.1–0.31	0.10–0.49
Почки	Kidneys	0.386–0.650	0.595–1.010	0.20–0.61	0.32–0.96
Иммунная система	The immune system	0.650–0.731	0.923–1.143	0.33–0.35	0.53–0.55
Гормональная система	The hormonal system	0.580–0.710	0.710–1.110	0.33–0.35	0.53–0.55
Костная система	Bone system	0.430–0.970	0.680–1.500	0.13–0.78	0.21–1.21
Биохимические процессы	Biochemistry	0.135–0.326	0.130–0.509	0.26–0.32	0.41–0.50
Процессы развития	Development processes	0.100–0.200	0.140–0.311	0.14–0.18	0.22–0.28
Репродуктивная система	Reproductive system	< 0.1–0.191	< 0.1–0.300	< 0.1–0.10	< 0.1–0.15
Слизистые оболочки	Mucous membranes	0.113–0.219	0.281–0.343	< 0.1–0.19	< 0.1–0.29
Кожа	Skin	0.674–0.810	1.013–1.262	0.36–0.50	0.58–0.77
Зубы	Teeth	0.170–0.860	0.270–1.330	< 0.1	< 0.1

Таблица 3 / Table 3

Уровни канцерогенного риска для населения нефтедобывающих территорий Башкортостана, обусловленные содержанием в питьевой воде канцерогеноопасных веществ

Levels of carcinogenic risk for the population of the oil-producing territories of Bashkortostan due to the content of carcinogenic substances in drinking water

Токсиканты, обладающие канцерогенным действием Toxicants possessing of a carcinogenic effect		Вода систем водоснабжения Water supply systems			
		нецентрализованных from non-centralized		централизованных of centralized	
		дети children	взрослые adults	дети children	взрослые adults
		Индивидуальный канцерогенный риск Individual carcinogenic risk (minimum–maximum)			
Свинец	Lead	1.4E–06–1.9E–06	4.2E–06–7.0E–06	3.2E–07–2.7E–06	1.0E–06–8.5E–06
Хром (VI)	Chrome (VI)	4.1E–06–1.3E–05	1.3E–05–2.9E–05	2.4E–05–5.9E–05	4.1E–05–1.9E–04
Мышьяк	Arsenic	1.8E–05–2.1E–05	6.9E–05–7.0E–05	3.4E–05–4.0E–05	4.2E–05–1.1E–04
Дибромхлорметан*	Dibromochloromethane*	–	–	7.2E–06–7.4E–06	2.3E–05–2.5E–05
Пентахлорфенол*	Pentachlorophenol*	–	–	1.8E–06–3.4E–06	7.8E–06–1.1E–05
Бериллий	Beryllium	1.3E–05	5.2E–05	2.4E–06	7.7E–06
Кадмий	Cadmium	4.2E–07–4.6E–07	1.4E–06–1.5E–06	3.0E–07–6.8E–07	9.9E–07–2.1E–06
Бромдихлорметан*	Bromodichloromethane*	–	–	1.4E–06–1.6E–06	4.5E–06–4.7E–06
Хлороформ*	Chloroform*	–	–	2.1E–07–2.2E–07	6.7E–07–6.8E–07
Тетрахлорметан*	Carbon tetrachloride*	–	–	1.4E–07	4.8E–07
Бенз(а)пирен	Benz(a)pyrene	4.2E–05	7.3E–05	3.7E–08–4.2E–09	1.3E–08–1.3E–07
Трихлорэтилен*	Trichloroethylene*	–	–	3.1E–08	1.0E–07
2,4Д	2.4-D	5.3E–09–1.1E–07	8.7E–09–3.4E–07	2.1E–07	7.0E–07
Бензол	Benzene	9.5E–08	3.1E–07	1.5E–07	5.1E–07
Суммарный канцерогенный риск	Total carcinogenic risk	7.8E–05–8.2E–05	1.8E–04–2.1E–04	5.7E–05–9.8E–05	2.7E–04–3.5E–04

Примечание. * – данные соединения присутствуют в питьевых водах, подвергающихся обеззараживанию (хлорированию); «–» – нет значений в связи с отсутствием компонентов в воде.

Note: * - these compounds are present in drinking waters undergone decontamination (chlorination); " – " - no values due to the absence of components in the water.

неканцерогенного риска для здоровья взрослого и детского населения выявили повышенную вероятность развития изменений со стороны системы крови, сердечно-сосудистой системы, иммунной системы, нервной системы, ЦНС, желудочно-кишечного тракта, костной системы, кожи, зубов. Основными загрязняющими веществами, способствующими формированию рассчитанных уровней риска, являются: кадмий, мышьяк, шестивалентный хром, 2,4Д, пентахлорфенол, хлороформ, формальдегид, свинец, нитраты, кальций, фтор, стронций, марганец, медь, железо, цинк.

Употребление воды из подземных водоисточников (колодезь, родников, скважин) также может неблагоприятно отразиться на здоровье населения. Результаты расчётов неканцерогенного риска свидетельствуют, что наиболее уязвимыми критическими системами (индексы опасности > 1) являются сердечно-сосудистая система, система крови и костная система. Основной вклад в формирование риска вносят нитраты, марганец, цинк, железо, никель, свинец, стронций, 2,4Д.

Расчитанные уровни неканцерогенного риска для здоровья населения от химических веществ, поступающих из почвы, не превышают допустимого значения на всех исследуемых территориях.

При оценке канцерогенного риска для здоровья населения установлено, что из присутствующих примесей, обнаруживаемых в атмосферном воздухе селитренных территорий районов нефтедобычи и относящихся к канцерогенам, явля-

ются бензол и, реже, бенз(а)пирен. Экспозиция населения этими соединениями при хроническом ингаляционном воздействии незначительна и носит непостоянный характер. Так, по результатам проведённых расчётов, уровни суммарного канцерогенного риска, обусловленного одновременным присутствием в атмосферном воздухе бензола и бенз(а)пирена, составили от 6,5E–09 (уровень пренебрежительно малый) до 1,6E–06 (допустимый уровень).

Также малозначимым фактором канцерогенного риска для здоровья населения является экспозиция жителей химическими веществами, загрязняющими почву, при пероральном пути поступления. Рассчитанные уровни суммарного канцерогенного риска составили от 7,4E–09 до 6,2E–08, что, согласно принятой классификации, является пренебрежимо малыми рисками.

Канцерогенный риск для здоровья взрослого населения, связанный с экспозицией вредных веществ, поступающих из питьевых вод, характеризуется как высокий (табл. 3). Значения уровней суммарных индивидуальных канцерогенных рисков для взрослого контингента составили от 2,7E–04 до 3,5E–04 (для централизованного водоснабжения) и 1,8E–04 до 2,1E–04 (для нецентрализованного водоснабжения), что превышает допустимый диапазон и классифицируется как неприемлемый уровень риска для населения. Основными компонентами, формирующими повышенный уровень канцерогенного риска,

Таблица 4 / Table 4

Многосредовой канцерогенный риск для здоровья населения при ингаляционном и пероральном поступлении химических веществ
Multi-mediated carcinogenic risk to public health caused by inhaled and oral intake of chemical compounds in oil-producing territories

Факторы канцерогенного риска Carcinogenic risk factors		Уровень суммарного индивидуального канцерогенного риска The level of total individual carcinogenic risk (minimum–maximum)
Атмосферный воздух	Atmospheric air	6.5E–09–1.6E–06
Почва	Soil	7.4E–09–6.2E–08
Питьевая вода источников централизованного водоснабжения	Drinking water centralized water supply	2.7E–04–3.5E–04
нецентрализованного водоснабжения	from non-centralized water supply sources	1.8E–04–2.1E–04
Общий многосредовой суммарный индивидуальный канцерогенный риск	Total multi-mediated total individual carcinogenic risk	3.0E–04–5.6E–04

являются шестивалентный хром, мышьяк, дибромхлорметан, пентахлорфенол, свинец, кадмий, бенз(а)пирен, линдан. Для детского контингента значения суммарного канцерогенного риска при употреблении воды являются допустимыми (от 5,7E–05 до 9,8E–05).

Уровень общего суммарного многосредового канцерогенного риска, ассоциированного с пероральным (питьевая вода, почва) и ингаляционным (атмосферный воздух) воздействием токсикантов, для населения исследуемых территорий составил от 3,0E–04 до 5,6E–04, что является неприемлемым риском (табл. 4). Приоритетным фактором канцерогенного риска (96–98%) на всех исследуемых территориях является поступление химических веществ с питьевой водой.

Обсуждение

Анализ результатов гигиенической оценки качества среды обитания свидетельствует, что на селитебных территориях, прилегающих к производственным объектам нефтедобычи (установкам комплексной подготовки нефти, нефтесборным пунктам, нефтеперекачивающим станциям и др.), обнаруживается содержание химических веществ в концентрациях, превышающих гигиенические нормы: в атмосферном воздухе — дигидросульфида, углеводородов, диоксида азота, диоксида серы, в подземных водах — хлоридов, сульфатов, нитратов, железа, стронция, повышенной минерализации и общей жёсткости. Уровень загрязнения почвенного покрова превышает фоновые концентрации по общему солесодержанию, сульфатам, хлоридам, нитратам и нефтепродуктам. Выявленные эколого-гигиенические проблемы являются актуальными и для других нефтяных регионов РФ: Оренбургской области [2], Удмуртской Республики [11], Пермского края [8], Республики Татарстан [3].

Следует отметить, что повышенные уровни загрязнения ООС, как правило, носят локальный характер, то есть в непосредственной близости от источника загрязнения; исключения могут наблюдаться при возникновении аварийных ситуаций (залпового сброса промышленных стоков в водоёмы и загрязнения почвы в результате порывов нефтепроводов, продуктопроводов и водоводов и пр.).

Можно предположить, что неудовлетворительное качество атмосферного воздуха на исследуемых селитебных территориях (в деревнях Чегодаево, Мелисоновка, Озеровка, Медяново, Верхнеманчарово, Субханкулово) обусловлено влиянием выбросов вредных веществ в результате эксплуатации нефтяных скважин, объектов сбора, подготовки и транспортировки нефти, расположенных на расстоянии 150–1500 м от сельских населённых пунктов.

Причинами несоответствия воды подземных водоисточников санитарно-гигиеническим требованиям в нефтедобывающих районах могут являться недостаточная организация зон санитарной охраны; значительная изношенность водопроводов и разводящих сетей. Неудовлетворительное качество химического состава воды родников на исследуемых территориях, как правило, объясняется отсутствием должного благоустройства и близким размещением нефтепромысловых объектов.

Загрязнение ООС на селитебных территориях, прилегающих к районам добычи нефти, может способствовать возникновению риска для здоровья населения. Как показали результаты расчётов, приоритетным фактором канцерогенного и неканцерогенного рисков для здоровья населения является загрязнение воды подземных водоисточников, используемой жителями нефтедобывающих районов для хозяйственно-питьевых нужд. Повышенные уровни рисков формируются за счёт присутствия в воде мышьяка, хрома, свинца, кадмия, никеля, стронция, меди, железа, кальция, фтора, нефтепродуктов, нитратов и соединений группы пестицидов (ДДТ, линдан, 2,4Д). Экспозиция населения токсикантами, присутствующими в атмосферном воздухе жилых территорий, формирует повышенные уровни неканцерогенного риска для здоровья в отношении органов дыхания, системы крови, уровня смертности. Приоритетными аэроплютантами являются: диоксид азота, диоксид серы, оксид углерода, бензол. Аналогичные результаты были получены другими исследователями [3, 19, 24].

Результаты исследования стали обоснованием необходимости разработки гигиенических рекомендаций по обеспечению безопасности среды обитания и минимизации риска для здоровья населения, связанного с техногенным влиянием объектов нефтедобычи.

Заключение

Таким образом, выполненные исследования позволили оценить уровень риска для здоровья жителей нефтедобывающего региона, обосновать и разработать мероприятия по снижению техногенного влияния на окружающую среду и здоровье населения. По результатам исследования подготовлены нормативно-методические документы федерального и регионального уровней. Разработанные мероприятия, включающие группу рекомендаций и адресных мер, направленных на снижение техногенной нагрузки на ООС, совершенствование системы социально-гигиенического мониторинга, улучшение условий проживания и охрану здоровья населения, предложены для внедрения в работу органов и учреждений Роспотребнадзора.

Литература

(п. п. 4, 6, 14–18 см. References)

1. Информационно-аналитический портал «Нефть России». Доступно: <https://neftrossii.ru>
2. Борщук Е.Л., Верещагин А.И., Порваткин Р.Б., Ермуханова Л.С., Боев М.В. Состояние и динамика изменения факторов среды обитания в районах нефтедобычи Оренбургской области. *Здоровье населения и среда обитания*. 2013; 248(11): 19–21.
3. Иванов А.В., Тафеева Е.А., Давлетова Н.Х. Гигиеническая оценка эффективности реализации Концепции по улучшению условий водоснабжения населения Юго-Восточного региона Республики Татарстан. *Гигиена и санитария*. 2014; 93(1): 54–7.
5. Дубинина О.Н., Хуснутдинова Н.Ю., Михайлова Л.В., Яхина М.Р. Эколого-гигиенические показатели и критерии в мониторинге нефтезагрязнения торфяных почв. *Гигиена и санитария*. 2014; 93(5): 94–7.
7. Германова С.Е., Дрёмова Т.В., Самброс Н.Б., Петровская П.А. Управление и оценка рисков загрязнения почвы нефтепродуктами в АПК. *Международный сельскохозяйственный журнал*. 2020; (1): 59–61. <https://doi.org/10.24411/2587-6740-2020-11013>
8. Чиркова А.А., Евдосенко В.С., Май И.В. Оценка и минимизация риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания в зоне влияния объектов нефтедобычи. *Здоровье населения и среда обитания*. 2012; 230(5): 17–9.
9. Кокоулина А.А., Кошурников Д.Н., Балашов С.Ю., Загороднов С.Ю. К актуализации санитарной классификации объектов добычи, подготовки и первичной переработки нефти. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(1): 20–6. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2017-96-1-20-26>
10. Май И.В., Клейн С.В., Евдосенко В.С., Король К.С. Медико-биологические аспекты формирования доказательной базы вреда здоровью населения при воздействии объектов по хранению и перегрузке нефти. *Вестник Пермского университета. Серия: Биология*. 2015; (1): 58–64.
11. Артемьева А.А. Оценка риска развития неканцерогенных эффектов для здоровья населения, связанного с загрязнением подземных вод в районах нефтедобычи. *Вестник Удмуртского университета. Серия: Биология. Науки о Земле*. 2015; 25(1): 122–33.
12. Борщук Е.Л., Боев М.В., Порваткин Р.Б. Медико-демографическая ситуация и показатели здоровья населения как индикатор устойчивого развития в территориях нефтедобычи. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2010; 12(1–8): 1921–3.
13. Артемьева А.А. Динамика показателей состояния здоровья и качества медицинского обслуживания населения в разрезе муниципальных районов Удмуртии с разной степенью нефтедобычи. *Вестник Удмуртского университета*. 2015; 25(4): 136–42.
19. Пушкарева М.В., Лейбович Л.О., Чиркова А.А., Коноплев А.В. Оценка многоуровневого риска для здоровья населения, проживающего на территориях интенсивной нефтедобычи. *Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе*. 2015; (1): 27–30.
20. Корпорация развития Республики Башкортостан. Нефтехимия. Доступно: <https://kr-rb.ru/region/otrasli/neftehimiya/>
21. Башкортостан Республика – Россия – Месторождения нефти и газа – Нефтяники. РФ. Доступно: https://www.nftn.ru/oilfields/russian_oilfields/bashkortostan_respublika/23
22. Башнефть. Отчет об устойчивом развитии. Доступно: https://www.bashneft.ru/files/iblock/faa/20160617_bn_our2015_web_rus.pdf
23. Месторождения нефти и газа. Республика Башкортостан. Доступно: https://www.nftn.ru/oilfields/russian_oilfields/bashkortostan_respublika/
24. Даутов Ф.Ф., Хакимов Р.Ф., Габитов Н.Г. Загрязнение атмосферного воздуха и здоровье населения г. Нижнекамска. *Гигиена и санитария*. 2002; 81(3): 12–4.

References

1. Information and analytical portal «Oil of Russia». Available at: <https://neftrossii.ru> (in Russian)
2. Borshchuk E.L., Vereshchagin A.I., Porvatkin R.B., Ermukhanova L.S., Boev M.V. Condition and dynamics of change of factors of habitat in areas of oil production of the Orenburg region. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*. 2013; 248(11): 19–21. (in Russian)
3. Ivanov A.V., Tafeeva E.A., Davletova N.Kh. Hygienic evaluation of the effectiveness of the concept of improvement the water supply in the south-eastern region of the Republic of Tatarstan. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2014; 93(1): 54–7. (in Russian)
4. Teng Y., Feng D., Song L., Wang J., Li J. Total petroleum hydrocarbon distribution in soils and groundwater in Songyuan oilfield, Northeast China. *Environ. Monit. Assess.* 2013; 185(11): 9559–69. <https://doi.org/10.1007/s10661-013-3274-4>
5. Dubinina O.N., Khusnutdinova N.Yu., Mikhaylova L.V., Yakhina M.R. Ecologo-hygienic criteria and monitoring indices of oil-contaminated peaty soils. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2014; 93(5): 94–7. (in Russian)
6. Li J., Song X., Hu G., Thring R.W. Ultrasonic desorption of petroleum hydrocarbons from crude oil contaminated soils. *J. Environ. Sci. Health A. Tox. Hazard. Subst. Environ. Eng.* 2013; 48(11): 1379–89. <https://doi.org/10.1080/10934529.2013.781885>
7. Germanova S.E., Dremova T.V., Sambros N.B., Petrovskaya P.A. Management and assessment of risks of soil contamination by petroleum products in agro-industry. *Mezhdunarodnyy sel'skokhozyaystvennyy zhurnal*. 2020; (1): 59–61. <https://doi.org/10.24411/2587-6740-2020-11013> (in Russian)
8. Chirkova A.A., Evdoshenko V.S., May I.V. Assessment and minimizing risk to public health under influence of chemical environmental pollutants in zone of the oil extraction facilities. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*. 2012; 230(5): 17–9. (in Russian)
9. Kokoulina A.A., Koshurnikov D.N., Balashov S.Yu., Zagorodnov S.Yu. On the update of the sanitary classification of objects of oil production, preparation and primary oil refining (from the experience of designing of sanitary protective areas). *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2017; 96(1): 20–6. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2017-96-1-20-26> (in Russian)
10. May I.V., Kleyn S.V., Evdoshenko V.S., Korol' K.S. Biomedical aspects of evidencing public injury under the exposure to oil storage and transfer objects. *Vestnik Permskogo universiteta. Seriya: Biologiya*. 2015; (1): 58–64. (in Russian)
11. Artem'eva A.A. Assessment of non-cancer effects risk to human health associated with groundwater contamination in oil-producing regions. *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya: Biologiya. Nauki o Zemle*. 2015; 25(1): 122–33. (in Russian)
12. Borshchuk E.L., Boev M.V., Porvatkin R.B. Medical-demographic situation and states of population's health as the indicator of steady development in territories of oil extracting. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*. 2010; 12(1–8): 1921–3. (in Russian)
13. Artem'eva A.A. Dynamics of indicators of health status and quality of medical care in the context of municipal districts of Udmurtia with different degree of oil production. *Vestnik Udmurtskogo universiteta*. 2015; 25(4): 136–42. (in Russian)
14. Wang J., Cao X., Liao J., Huang Y., Tang X. Carcinogenic potential of PAHs in oil-contaminated soils from the main oil fields across China. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* 2015; 22(14): 10902–9. <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3954-9>
15. Apergis N., Mustafa G., GhoshDastidar S. An analysis of the impact of unconventional oil and gas activities on public health: New evidence across Oklahoma counties. *Energy Economics*. 2021; 97: 105223. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2021.105223>
16. Shi Y., Xu S., Xu L., Cai Y. Distribution, elimination, and rearrangement of cyclic volatile methylsiloxanes in oil-contaminated soil of the Shengli Oilfield, China. *Environ. Sci. Technol.* 2015; 49(19): 11527–35. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b03197>
17. Zhang J., Yang J.C., Wang R.Q. Effects of pollution sources and soil properties on distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons and risk assessment. *Sci. Total Environ.* 2013; 1(10): 463–4.
18. Netal'eva I., Wesseler J., Heijman W. Health costs caused by oil extraction air emissions and the benefits from abatement: the case of Kazakhstan. *Energy Policy*. 2005; 9(33): 1169–77.
19. Pushkareva M.V., Leybovich L.O., Chirkova A.A., Konoplev A.V. Multi-environment health risk assessment for the population living in the area of intensive oil production. *Zashchita okruzhayushchey sredy v neftegazovom komplekse*. 2015; (1): 27–30. (in Russian)
20. Development Corporation of the Republic of Bashkortostan. Petrochemicals. Available at: <https://kr-rb.ru/region/otrasli/neftehimiya/> (in Russian)
21. Bashkortostan Republic-Russia-Oil and gas fields – Oilmen. Russian Federation. Available at: https://www.nftn.ru/oilfields/russian_oilfields/bashkortostan_respublika/23 (in Russian)
22. Bashneft. Sustainable Development Report. Available at: https://www.bashneft.ru/files/iblock/faa/20160617_bn_our2015_web_rus.pdf (in Russian)
23. Oil and gas fields. Republic of Bashkortostan. Available at: https://www.nftn.ru/oilfields/russian_oilfields/bashkortostan_respublika/ (in Russian)
24. Dautov F.F., Khakimov R.F., Gabitov N.G. Atmospheric air pollution and public health in Nizhnekamsk. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2002; 81(3): 12–4. (in Russian)