

Обеспечение радиационной безопасности населения восточных районов Оренбургской области при использовании питьевой воды из подземных источников водоснабжения

Т.А. Кормановская¹, И.К. Романович¹, К.А. Сапрыкин¹, Н.Е. Вяльцина², С.В. Гаевой²,
В.Ю. Коновалов³, Л.В. Бондарь³

¹ Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева, Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

² Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Оренбургской области, Оренбург, Россия

³ Центр гигиены и эпидемиологии в Оренбургской области, Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Оренбург, Россия

Начиная с 2014 г., в воде подземных источников восточных районов Оренбургской области стали фиксироваться случаи превышения удельной суммарной альфа-активности природных радионуклидов и удельной активности ²²²Rn. По результатам исследований в ряде населенных пунктов были установлены системы аэрации воды подземных источников перед подачей ее в распределительную сеть, но значительные затраты на техническое обслуживание аэрационных установок привели к перебоям в их функционировании. На основании выполненных исследований питьевой воды в населенных пунктах Адамовского, Кваркенского, Новоорского, Домбаровского, Светлинского районов и Ясенского городского округа было установлено, что в отдельных населенных пунктах удельная активность ²²²Rn в питьевой воде более чем в 10 раз превышала уровень вмешательства; превышений уровней вмешательства по содержанию в воде ²²⁶Ra, ²²⁴Ra, ²²⁸Ra, ²¹⁰Pb, ²¹⁰Po и ²³⁸U не было выявлено. По результатам проведенных экспериментов и анализов представлена гигиеническая оценка показателей радиационной безопасности питьевой воды подземных источников водоснабжения ряда населенных пунктов восточных районов Оренбургской области, проведен анализ эффективности работы систем аэрации, разработаны рекомендации по обеспечению радиационной безопасности населения Восточного Оренбуржья при потреблении воды подземных источников, а также представлены предложения по усовершенствованию нормирования содержания ²²²Rn в питьевой воде.

Ключевые слова: питьевая вода, подземные источники водоснабжения, удельная суммарная альфа- и бета-активность, природные радионуклиды, радон, аэрационная установка.

Введение

Соответствие качества питьевой воды по радиационным показателям требованиям санитарного законодательства (НРБ-99/2009¹, ОСПОРБ 99/2010², СанПиН

2.6.1.2800-10³, СанПиН 2.1.4.1074-01⁴) является важной составляющей обеспечения радиационной безопасности населения Российской Федерации. Анализ содержания радионуклидов в питьевой воде, изучение закономерности

¹ СанПиН 2.6.1.2523-09. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009) [SanPiN 2.6.1.2523-09 Norms of the radiation safety (NRB 99/2009) (In Russ.)]

² СП 2.6.1.2612-10. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ 99/2010) [SP SP 2.6.1.2612-10. Basic sanitary rules of provision of the radiation safety (OSPORB 99/2010) (In Russ.)]

³ СанПиН 2.6.1.2800-10. Гигиенические требования по ограничению облучения населения за счет природных источников ионизирующего излучения [SanPiN 2.6.1.2800-10. Hygienic requirements on the limitation of the exposure of the public from natural sources of ionizing exposure (In Russ.)]

⁴ СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения [SanPiN 2.1.4.1074-01. Drinking water. Hygienic requirements on the quality of water from the centralized systems of drinking water supply. Quality control. Hygienic requirements on the provision of safety of the hot water supply systems (In Russ.)]

Кормановская Татьяна Анатольевна

Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева
Адрес для переписки: 197101, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8; E-mail: f4dos@mail.ru

стей их поступления с подземными водами, оценки доз облучения населения за счет потребления питьевой воды занимают значимое место среди исследований факторов радиационной обстановки [1–4], поскольку проблемы повышенного содержания природных радионуклидов в воде подземных источников водоснабжения актуальны для различных регионов России [5–8].

Начиная с 2014 г., в воде подземных источников ряда населенных пунктов Восточного Оренбуржья в ходе мониторинговых исследований, проводимых специалистами ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Оренбургской области», стали фиксироваться случаи превышения критериев первичной оценки качества питьевой воды по показателям радиационной безопасности и удельной активности ^{222}Rn . С расширением исследований на территории восточных районов области выявлялись все новые и новые населенные пункты с повышенным содержанием природных радионуклидов (ПРН) в воде подземных источников. В ходе проведения в 2014–2017 гг. мониторинговых исследований подземных источников водоснабжения по радиационным показателям количество населенных пунктов с повышенным содержанием ПРН в питьевой воде увеличилось до 57.

Причиной увеличения ПРН в подземных водах региона стали, по мнению специалистов гидрометеорологических служб региона [9], тектонические и геологические процессы, происходящие в земной коре. При этом необходимо отметить, что единственным источником водоснабжения для населения этой части Оренбургской области являются подземные источники.

По результатам исследований в соответствии с рекомендациями специалистов Роспотребнадзора, начиная с 2014 г., в ряде населенных пунктов Оренбургской области установлены системы аэрации воды подземных источников перед подачей ее в распределительную сеть. По состоянию на декабрь 2017 г. комплексы очистки питьевой воды различных типов установлены в 21 населенном пункте восточных районов Оренбургской области. Однако значительные затраты на содержание и техническое обслуживание установок аэрации, возложенные на предприятия по очистке воды, привели к тому, что большая часть установок функционировала с перебоями или не функционировала вообще.

Для снижения содержания ^{222}Rn в питьевой воде в населенных пунктах были применены различные типы оборудования:

1. Комплексы очистки на основе установки станции очистки воды СКО «Роса»-СБМ-25,0, в состав которого входят: термоизолированный контейнер с обогревателями в зимнее время, емкости для приема и очистки воды, компрессоры, центробежные насосы и станция управления работой СКО-25. Аналогично функционирует комплекс очистки на основе установки станции очистки воды СКО «Роса»-СБМ-5,0. Вода из комплекса очистки СКО «Роса» может подаваться как в накопительную емкость (башня Рожновского), так и сразу в распределительную сеть.

2. Комплексы очистки на основе водонапорной башни, состоящие из: водонапорной башни сигарообразной формы, компрессоров, дисковых аэраторов в нижнем слое воды в башне, подземного или наземного утепленного отапливаемого помещения для размещения компрессоров и автоматики.

В отдельных крупных населенных пунктах аэраторы установлены не в водонапорных башнях, а в емкостях объемом 500 м³.

При применении всех описанных средств аэрации процесс очистки построен на принципе барботации воды. Принципиально указанные средства аэрации воды подземных источников перед подачей в распределительную сеть можно разделить на 2 типа: установки СКО «Роса» и аэраторы, установленные в нижнем слое воды в водонапорных башнях (емкостях).

Из всех типов установок наименее затратной, по оценкам специалистов ЖКХ, признана эксплуатация комплекса очистки на основе водонапорной башни с подземным размещением компрессоров, поскольку при такой технологии не требовались средства на дополнительный обогрев компрессорной. Тем не менее, на декабрь 2017 г. из-за отсутствия финансирования не функционировали ранее установленные аэрационные установки и аэраторы в ряде населенных пунктов Адамовского района (в п. Аниховка, п. Брацлавка, с. Карабутак, с. Нижняя Кийма, п. Жуламансай и п. Энбекши), Кваркенского района (в п. Аландский и п. Кваркено) и Светлинского района (в п. Актюбинский).

В 2018 г. специалистами ФБУН НИИРГ им. П.В. Рамзаева, Управления Роспотребнадзора по Оренбургской области и ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Оренбургской области» была выполнена научно-исследовательская работа, результатом которой стала адресная программа мероприятий по снижению доз облучения населения отдельных населенных пунктов восточных районов Оренбургской области за счет потребления питьевой воды и экономически обоснованные предложения в Программу «Чистая вода» Оренбургской области по улучшению качества питьевой воды в населенных пунктах восточных районов Оренбургской области [10].

Результаты совместной научно-исследовательской работы ФБУН НИИРГ им. П.В. Рамзаева, Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Оренбургской области и ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Оренбургской области» в 2018 г. были представлены руководителю Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека А.Ю. Поповой и доложены губернатору Оренбургской области Ю.А. Бергу.

По результатам исследований в восточных районах Оренбургской области уже к началу 2019 г. были установлены дополнительные аэраторы.

В 2019 г. в рамках Государственного контракта специалистами ФБУН НИИРГ им. П.В. Рамзаева и ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Оренбургской области» была выполнена научно-исследовательская работа «Комплексное радиационное обследование и гигиеническая оценка уровней облучения населения восточных районов Оренбургской области за счет использования питьевой воды подземных источников водоснабжения».

Цель исследования – гигиеническая оценка показателей радиационной безопасности питьевой воды подземных источников водоснабжения населенных пунктов восточных районов Оренбургской области, ана-

лиз эффективности проводимых мероприятий по улучшению качества воды, разработка рекомендаций по обеспечению радиационной безопасности населения Восточного Оренбуржья при потреблении воды подземных источников.

Организация, объем и методы исследований

В 2014 г. исследования были проведены в 12 районах и городских округах Оренбургской области (исследованы 392 пробы воды в 201 населенном пункте). На территории северо-восточных районов области – Адамовского, Новоорского и Кваркенского – в 2015 г. был проведен анализ 489 проб воды из подземных источников и распределительной сети на содержание ^{222}Rn и показатели удельной суммарной альфа- и бета-активности, в 2016 г. – анализ 394 проб, в 2017 г. – анализ 395 проб. На территории юго-востока области (г. Орск, г. Новотроицк, Ясенский ГО, Домбаровский и Светлинский районы) в 2015 г. был проведен анализ 191 пробы воды из подземных источников и распределительной сети, в 2016 г. – анализ 144 проб, в 2017 г. – анализ 104 проб на содержание ^{222}Rn и показатели удельной суммарной альфа- и бета-активности. Для определения радионуклидного состава и удельных активностей отдельных радионуклидов в воде подземных источников и распределительной сети некоторых пунктов Адамовского района (п. Аниховка, п. Нижняя Кийма) в 2014 и 2017 гг. был проведен полный анализ радионуклидного состава проб воды с использованием радиохимического метода исследования.

В рамках проведения комплексного обследования населенных пунктов Восточного Оренбуржья в 2019 г. на основании анализа результатов измерений 2014–2017 гг. был сформирован перечень из 37 населенных пунктов Адамовского, Кваркенского, Новоорского, Домбаровского, Светлинского районов и Ясенского ГО, в которых были проведены комплексные исследования радиационных характеристик питьевой воды с определением удельной суммарной альфа- и бета-активности, удельной активности радона и удельных активностей отдельных природных радионуклидов. В данный перечень вошли как населенные пункты, в которых уже проводятся мероприятия по снижению содержания ПРН в воде, так и населенные пункты, в которых до настоящего времени никакие средства не применяются. Еще в 16 населенных пунктах Кваркенского района, 14 населенных пунктах Адамовского района, 6 – Светлинского района, 4 – Ясенского ГО, 5 – Домбаровского района, 13 населенных пунктах Новоорского района (в том числе в населенных пунктах, где ранее либо вообще не проводилось исследований, либо результаты ранее проведенных анализов не выявляли превышений по первичным критериям оценки качества воды и уровню вмешательства по содержанию радона в воде) были проведены исследования удельной суммарной альфа- и бета-активности и удельной активности радона в воде источников подземного водоснабжения. В целом, в рамках выполнения НИР анализы питьевой воды проведены в 95 населенных пунктах Адамовского, Кваркенского, Новоорского, Домбаровского, Светлинского районов и Ясенского ГО, что составляет около 68% от общего числа населенных пунктов в этих районах.

При проведении всех исследований отбор воды в населенных пунктах, где установлены системы аэрации, производился по возможности как из самой скважины (до очистки), так и после аэрационной установки или из распределительной сети (после очистки) для оценки эффективности используемого оборудования. Отбор и анализ проб воды проводился в период с апреля по сентябрь 2019 г., в том числе в летние месяцы, когда водоразбор воды потребителями и нагрузка на системы аэрации воды были максимальными.

Определение удельной суммарной альфа- и бета-активности проводилось из аликвоты пробы массой 1 кг путем упаривания до сухого остатка, активность которого определялась на альфа- и бета-радиометре. Для получения данных по содержанию радионуклидов в питьевой воде и установлению превышений уровней вмешательства по отдельным природным радионуклидам использовались радиохимические методы исследований, включающие в себя стадию концентрирования (выпаривание 10 кг до 1 кг), селективное выделение группы изотопов одного или нескольких элементов, радиохимическую очистку каждого радионуклида и приготовление счетного образца для измерения активности с помощью радиометра и спектрометра. Измерения удельной активности радона в воде проводились по методике, основанной на принципе измерения равновесного содержания радона в воздухе, находящегося в контакте с пробой воды известного объема в герметичной емкости, с дальнейшим расчетом удельной активности радона в воде.

Результаты исследования

1. Определение показателей радиационной безопасности питьевой воды

Исследования 2014 г. выявили повышенное содержание ^{222}Rn в питьевой воде в 14 населенных пунктах Адамовского района, 7 населенных пунктах Домбаровского района, 5 – Светлинского, 5 – Ясенского, 2 – Кувандыкского, 7 – Кваркенского, 2 – Новоорского районов, всего в 42 населенных пунктах 7 территорий области. На территории Адамовского, Новоорского и Кваркенского районов в 2015 г. превышения уровня вмешательства по ^{222}Rn зафиксированы в 189 пробах, превышения удельной суммарной альфа-активности ПРН – в 21 пробе; в 2016 г. – превышения уровня вмешательства по ^{222}Rn зафиксированы в 116 пробах, превышения удельной суммарной альфа-активности ПРН – в 22 пробах; в 2017 г. – превышения уровня вмешательства по ^{222}Rn зафиксированы в 130 пробах, превышения удельной суммарной альфа-активности ПРН – в 30 пробах.

На территории г. Орска, г. Новотроицка, Ясенского ГО, Домбаровского и Светлинского районов в 2015 г. превышения уровня вмешательства по ^{222}Rn зафиксированы в 41 пробе, превышения удельной суммарной альфа-активности ПРН – в 3 пробах; в 2016 г. – превышения уровня вмешательства по ^{222}Rn зафиксированы в 19 пробах; в 2017 г. – превышения уровня вмешательства по ^{222}Rn зафиксированы в 10 пробах.

В таблице 1 представлены наиболее высокие (более 400 Бк/кг) по результатам измерений 2014–2017 гг. данные о содержании ^{222}Rn в воде подземных источников в населенных пунктах восточных районов Оренбургской области.

Удельная активность (YA) ^{222}Rn в воде подземных источников

[Table 1]

Specific activity (SA) of ^{222}Rn in the water of underground wells

Район [District]	Населенный пункт [Settlement]	YA ^{222}Rn , Бк/кг [^{222}Rn SA, Bq/kg]
Адамовский район [Adamovskiy district]	п. Аниховка, [Anihovka township]	1834
	п. Брацлавка [Bratzlavka township]	621
	с. Карабутак [Karabutak village]	511
	с. Нижняя Кийма [Nizhnyaya Kiyma village]	466
	п. Жуламансай [Zhulamansay township]	447
	п. Энбекши [Enbekshi township]	463
Кваркенский район [Kvarkenskiy district]	п. Аландский [Alandskiy township]	990
	п. Кваркено [Kvarkeno township]	426
	с. Екатериновка [Ekaterinovka village]	1463
Светлинский район [Svetlinskiy district]	п. Кировский [Kirovskiy township]	470
	П. Актюбинский [Aktubinskiy township]	606
Ясненский городской округ [Yasnanskiy city district]	п. Котансу [Kotansu township]	508

Радиохимический анализ проб воды, отобранных в 2019 г. в 37 населенных пунктах (как на скважинах до аэрационных установок, так и в распределительной сети населенных пунктов), не выявил превышений уровней вмешательства по содержанию в воде ^{226}Ra , ^{224}Ra , ^{228}Ra , ^{210}Pb , ^{210}Po и ^{238}U , за исключением пробы воды из частной скважины дома в п. Аниховка Адамовского района, где удельная активность ^{210}Pb с учетом погрешности измерений составляет 0,221 Бк/кг при уровне вмешательства для ^{210}Pb , равном 0,2 Бк/кг. В остальных 68 пробах питьевой воды, отобранной в населенных пунктах Адамовского, Кваркенского, Новоорского, Домбаровского, Светлинского районов и Ясненского ГО, превышений уровней вмешательства по содержанию в воде ^{226}Ra , ^{224}Ra , ^{228}Ra , ^{210}Pb , ^{210}Po и ^{238}U не выявлено.

Для каждой из 69 проб воды, исследованных радиохимическим методом, определялся показатель «сумма отношений измеренных удельных активностей природных радионуклидов к уровням вмешательства для данных радионуклидов» ($\Sigma(A_i/UB_i)$). Превышение показателя с учетом неопределенности измерений значения 1 зафиксированы в пробах воды населенных пунктов, представленных в таблице 2.

Полученные данные означают, что мероприятия по снижению содержания в воде ^{226}Ra , ^{224}Ra , ^{228}Ra , ^{210}Pb , ^{210}Po и ^{238}U в указанных населенных пунктах должны проводиться с учетом принципа оптимизации. Ни в одном из обследованных населенных пунктов не получено значения сумм отношений удельной активности радионуклидов ^{226}Ra ,

^{224}Ra , ^{228}Ra , ^{210}Pb , ^{210}Po и ^{238}U к соответствующим уровням вмешательства, превышающего 10, при котором вода считается непригодной для питьевого потребления населением по содержанию данных радионуклидов.

Уровни содержания ^{222}Rn в питьевой воде обследованных населенных пунктов, заметно превышающие значение уровня вмешательства 60 Бк/кг, выявлены в воде подземных источников (без аэрации) во всех обследованных населенных пунктах, кроме п. Айдырлинский, с. Бриент, с. Приморск и п. Красноярский в Кваркенском районе, п. Теренсай и с. Джасай в Адамовском районе и с. Тасбулак в Новоорском районе.

Удельная активность ^{222}Rn в питьевой воде, более чем в 2 раза превышающая уровень вмешательства, была зафиксирована в воде распределительной сети населенных пунктов Кваркенского района (с. Кваркено, п. Кировск, с. Аландское, с. Новооренбург, с. Екатериновка, с. Зеленодольск), Адамовского района (п. Энбекши, с. Брацлавка, п. Жуламансай, с. Андреевка, с. Нижняя Кийма, п. Джарлинский, п. Белополье, п. Нововинницкое, с. Аниховка, п. Адамовка, п. Баймурат), Светлинского района (п. Восточный, п. Актюбинский), Ясненского ГО (п. Комарово, п. Новосельский, с. Котансу, с. Еленовка, г. Ясный), Домбаровского района (п. Домбаровский, с. Караганда, п. Ушкатты).

В отдельных населенных пунктах были получены данные измерений удельной активности ^{222}Rn в воде распределительной сети, более чем в 10 раз превышающие уровень вмешательства по содержанию радона в питьевой воде – 60 Бк/кг (табл. 3).

Сумма отношений удельной активности радионуклидов к уровням вмешательства

Таблица 2

[Table 2]

The sum of ratios of specific activities of radionuclides to the intervention levels

Населенный пункт [Settlement]	Место отбора пробы [Sampling site]	$\Sigma(A_i/UB_i)$ $\Sigma(A_i/IL_i)$
Адамовский район [Adamovskiy district]		
п. Аниховка, [Anihovka township]	Скважина (после водоподготовки) [Water well (after water conditioning)]	1,29 ± 0,17
	Частная скважина, глубина 25 м (водоподготовки нет) [Private well, 25 m depth (no water conditioning)]	2,41 ± 0,26
с. Карабутак [Karabutak village]	Скважина (до водоподготовки) [Water well (before water conditioning)]	0,98 ± 0,14
п. Энбекши [Enbekshi township]	Скважина (после водоподготовки) [Water well (after water conditioning)]	1,40 ± 0,10
Кваркенский район [Kvarkenskiy district]		
п. Кваркено [Kvarkeno township]	Колонка (после водоподготовки) [Water dispenser (after water conditioning)]	1,03 ± 0,14
с. Екатериновка [Ekaterinovka village]	Водоразводящая сеть (после водоподготовки) [Water pipe network (after water conditioning)]	1,00 ± 0,14
Светлинский район [Svetlinskiy district]		
П. Актюбинский [Aktubinskiy township]	Водоразводящая сеть [Water pipe network]	1,02 ± 0,13
Ясененский городской округ [Yasnenskiy city district]		
п. Новосельский [Novoselskiy township]	Частная скважина, глубина 25 м (водоподготовки нет) [Private well, 25 m depth (no water conditioning)]	1,47 ± 0,16

Таблица 3
Удельная активность ²²²Rn в воде распределительной сети
[Table 3
Specific activity of ²²²Rn in the water of the distribution facility

Район, населенный пункт [District, settlement]	УА ²²² Rn, Бк/кг [²²² Rn SA, Bq/kg]
Кваркенский район, с. Аландское [Kvarkenskiy district, Alandskoye village]	820
Адамовский район, с. Аниховка [Adamovskiy district, Anihovka village]	658
Светлинский район, п. Актюбинский [Svetlinskiy district, Aktubiskiy township]	897

В воде частной скважины в п. Аниховка Адамовского района удельная активность ²²²Rn в воде скважины составила 1605 Бк/кг. Наибольшее содержание радона зафиксировано в питьевой воде п. Лесная Поляна Кваркенского района – 1977 Бк/кг; в поселке отсутствует система центрального водоснабжения, высокие значения удельной активности радона получены по результатам анализа воды частных скважин.

Применение в штатном режиме функционирования систем аэрации воды подземных источников, как правило, давало значимый положительный эффект в части снижения содержания радона перед подачей воды в распределительную сеть. В таблице 4 приведены данные измерений УА ²²²Rn в воде скважин ряда населенных пунктов, выполненных одновременно до и после водоподготовки.

Таблица 4
Значения удельной активности ²²²Rn в воде скважин (до и после водоподготовки)

[Table 4]

Values of the specific activity of ²²²Rn in the water of wells (before and after water conditioning)

Район, населенный пункт [District, settlement]	Дата [date]	УА ²²² Rn, Бк/кг [²²² Rn SA, Bq/kg]	
		до водоподготовки [before water conditioning]	после водоподготовки [after water conditioning]
Кваркенский район, п. Кировск [Kvarkenskiy district, Kirovsk township]	11.06.2019	224 ± 28	133 ± 18
Адамовский район, с. Брацлавка [Adamovskiy district, Bratzlavka village]	10.06.2019	290 ± 31	32 ± 6
Адамовский район, с. Нижняя Кийма [Adamoskiy district, Nizhniya Kiyma]	24.06.2019	458 ± 52	77 ± 11
Адамовский район, с. Нижняя Кийма [Adamoskiy district, Nizhniya Kiyma]	18.06.2019	336 ± 34	58 ± 17
Адамовский район, с. Нижняя Кийма [Adamoskiy district, Nizhniya Kiyma]	10.06.2019	234 ± 29	181 ± 23
Адамовский район, с. Нижняя Кийма [Adamoskiy district, Nizhniya Kiyma]	18.06.2019	260 ± 31	140 ± 14
Новоорский район, с. Караганка [Novoorskiy district, Karaganka village]	10.06.2019	163 ± 22	84 ± 13

Однако проведенные в 2019 г. исследования питьевой воды в 95 населенных пунктах Адамовского, Кваркенского, Новоорского, Домбаровского, Светлинского районов и Ясененского ГО в отдельных случаях выявили следующую закономерность: показатели радиационной безопасности воды в скважине до проведения аэрации были ниже, чем аналогичные показатели воды в распределительной сети населенных пунктов. Выявленные факты потребовали проведения дополнительных обследований систем водоснабжения населенных пунктов с целью прояснения ситуации и поиска источников поступления радионуклидов в воду, подаваемую потребителям.

2. Исследование путей и механизмов поступления радионуклидов в воду

Одной из версий более высоких значений содержания радона в питьевой воде в распределительной сети, по сравнению с питьевой водой до очистки, было ее обогащение радионуклидами при прохождении через сами системы аэрации, применяемые в населенных пунктах. Для проведения обследований были выбраны 2 населенных пункта Адамовского района, в которых установлены системы аэрации воды различных типов: п. Нововинницкое (оснащен установкой аэрации СКО «Роса»-СБМ-5,0 без водонапорной башни) и п. Джарлинский (установлена водонапорная башня с аэраторами и наземным помещением компрессоров).

Ухудшение радиационных характеристик воды могло объясняться следующими причинами:

- накопление природных радионуклидов на внутренних поверхностях оборудования, соприкасающегося с водой подземных источников, и переход радионуклидов в воду при прохождении через оборудование;

- высокое содержание радона в воздухе, забираемом компрессорами установок для аэрирования воды (поскольку забор воздуха происходит внутри помещения, где установлены установки СКО «Роса» или компрессоры).

С целью установления причин более высокого содержания радона в воде и суммарной альфа-активности воды после очистки по сравнению с водой из скважин до очистки в 2 населенных пунктах Адамовского района (п. Нововинницкое, п. Джарлинский) был проведен следующий объем обследований:

1. Поисковая гамма-съемка труб, задвижек и прочего оборудования, соприкасающегося с водой подземного источника, на участке от скважины до установки аэрации воды (вп. Нововинницкое – СКО «Роса», вп. Джарлинский – модифицированная башня Рожновского), самой установки аэрации и труб, задвижек и прочего оборудования на доступном участке после установки аэрации воды, а также в смотровом колодце разводящей сети на территории населенного пункта.

2. Измерения мощности амбиентного эквивалента дозы (МАД) гамма-излучения в обнаруженных точках максимумов.

3. Уточнение информации о функционировании станции очистки воды «Роса» и модифицированной башни Рожновского (места забора воздуха для аэрирования воды; места выброса воздушно-радоновой смеси после аэрирования, вентилирование помещений).

4. Определение содержания изотопов радона в помещении станции очистки воды «Роса», помещении компрессорной и иных доступных помещениях башни Рожновского.

5. Определение удельной активности радона в воде из скважины до очистки, сразу после очистки и из разводящей сети.

6. Определение плотности потока радона с поверхности грунта вблизи станции очистки воды «Роса» и помещения компрессорной башни Рожновского.

7. Отбор проб воды из скважины до очистки, сразу после очистки и из разводящей сети для лабораторного определения суммарной альфа- и бета-активности.

В ходе обследования не подтвердились предположения о накоплении радона в помещении установки оборудования: несмотря на высокую плотность потока радона с поверхности почвы вблизи модулей станции очистки воды «Роса» в п. Нововинницкое и компрессорной башни Рожновского в п. Джарлинский, проникновения радона из грунта в помещения не происходит вследствие того, что фундаментом модулей является монолитная железобетонная плита толщиной около 15 см. Результаты экспрессных измерений эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА) радона (R_n) и торона (T_n) не выявили повышенных уровней содержания радона в помещениях модулей.

Обследование труб, задвижек и прочего оборудования, соприкасающегося с водой подземного источника, на участке от скважины до установки аэрации воды, самой установки аэрации и труб, задвижек и прочего оборудования на доступном участке после установки аэрации воды, а также в смотровых колодцах разводящей сети на территории населенных пунктов не выявило значительных превышений МАД гамма-излучения, свидетельствующих о накоплении гамма-излучающих радионуклидов (^{226}Ra) на внутренних поверхностях оборудования систем водоснабжения.

Вместе с тем, анализы содержания радона в воде подтвердили наблюдаемую ранее картину: в п. Нововинницкое удельная активность радона в воде из скважины (до аэрации) составила 245 Бк/л, на выходе с установки – 22 Бк/л, а в уличной колонке (распределительная сеть поселка) – 221 Бк/л; аналогичные результаты в п. Джарлинский показали 70, 14 и 41 Бк/л соответственно. Полученные данные подтверждают эффективность работы обеих систем аэрации в части снижения содержания радона, однако не объясняют высокое значение удельной активности в воде распределительной сети.

Объяснение сложившейся ситуации оказалось следующим: в целях экономии электроэнергии включение установок аэрации, как правило, происходит накануне приезда специалистов Роспотребнадзора для отбора проб воды; учитывая длину труб распределительной сети поселков, за время включения установок не происходит разбора воды из сети и поступления к потребителю воды, прошедшей аэрацию. Именно поэтому радиационные показатели воды, отобранные из распределительной сети при проведении обследования, совпадали с показателями воды из скважин до аэрации. Отключение станции очистки воды «Роса» обусловлено и еще одной причиной – при ее работе в распределительной сети поселка снижается напор воды, что вызывает неудобство и недовольство потребителей. Таким образом, для обеспечения населения питьевой водой в полном объеме приходится пренебрегать системой аэрации. В подобных случаях необходимо предусмотреть, чтобы характеристики исполь-

зуемых систем очистки воды соответствовали потребностям жителей в воде и обеспечивали население питьевой водой в полном объеме.

3. Обследование оборудования, соприкасающегося с водой подземных источников

С целью оценки степени накопления на внутренних поверхностях оборудования осадка, содержащего природные гамма-излучающие радионуклиды, в 2019 г. в 34 населенных пунктах Адамовского, Кваркенского, Новоорского, Домбаровского, Светлинского районов и Ясненского ГО было выполнено выборочное обследование используемого в системах водоснабжения населения оборудования, соприкасающегося с водой подземных источников водоснабжения. Общий объем выполненных работ составил: 41 обследование скважинного оборудования, 26 обследований оборудования водоразводящей сети населенных пунктов.

В части населенных пунктов (с. Джасай, п. жарлинский, п. Энбекши, с. Андреевка, с. Карабутак Адамовского района, п. Кировский Кваркенского района и др.) системы аэрации воды были установлены относительно недавно – в 2017–2018 гг.; в ряде населенных пунктов, где повышенные уровни содержания радона в воде были выявлены ранее, аэрационные установки установлены с 2014 г. (с. Аниховка, с. Нижняя Кийма, п. Нововинницкое Адамовского района, с. Аландское, с. Кваркено, с. Екатериновка, п. Красноярский, с. Зеленодольск Кваркенского района). С течением времени на внутренних поверхностях оборудования (особенно в местах стыков и изгибов труб, задвижек, вентилях и т.п.) может происходить накопление осадка. При повышенном содержании ПРН в проходящей через оборудование воде вместе с осадком происходит и их оседание на оборудовании, вследствие чего возможно образование производственных отходов с повышенным содержанием ПРН, а в некоторых случаях – даже радиоактивных отходов (РАО). В рамках обследования не ставилась задача определения эффективной удельной активности ПРН в отходах процесса водоподготовки (поскольку такие исследования связаны с неизбежным демонтажом оборудования), оценка возможности образования производственных отходов с повышенным содержанием ПРН производилась по измерениям МАД гамма-излучения на поверхности оборудования.

Разница в значениях МАД гамма-излучения на поверхности давно используемого и нового оборудования была хорошо заметна при проведении детального обследования ревизионного колодца в п. Нововинницкое Адамовского района: МАД гамма-излучения на поверхности новых труб составила 0,12 мкЗв/ч, на поверхности старых труб – 0,17 мкЗв/ч.

По результатам проведенных исследований в отдельных населенных пунктах (табл. 5) зафиксированы высокие значения МАД на поверхности оборудования, соприкасающегося с водой подземных источников (трубы, вентили и т.д.), что свидетельствует об образовании на внутренних поверхностях оборудования отходов с повышенным содержанием природных радионуклидов.

Таблица 5
МАД на поверхности оборудования, соприкасающегося с водой подземных источников

[Table 5
Ambient dose equivalent rate of the surface of the equipment in contact with water from the underground springs]

Район, населенный пункт [District, settlement]	МАД, мкЗв/ч [ADER, μ Sv/h]
Кваркенский район, с. Кваркено [Kvarkenskiy district, Kvarkeno village]	0,74
Адамовский район, с. Брацлавка [Adamovskiy district, Bratzlavka village]	0,30
Адамовский район, п. Адамовка [Adamovskiy district, Adamovka township]	0,30
Адамовский район, с. Аниховка [Adamovskiy district, Anihovka village]	2,81
Домбаровский район, п. Домбаровский [Dombarovskiy district, Dombarovskiy village]	0,40

Полученные результаты дают основание предполагать, что осадок на внутренних поверхностях оборудования в с. Аниховка Адамовского района может быть отнесен по классификации СанПиН 2.6.1.2800-10 к III категории производственных отходов, содержащих ПРН, обращение с которыми осуществляется в соответствии с требованиями по обращению с низкоактивными радиоактивными отходами.

Рекомендации по улучшению качества питьевой воды в населенных пунктах восточных районов Оренбургской области

Для обеспечения радиационной безопасности населения восточных районов Оренбургской области при потреблении воды подземных источников водоснабжения необходимы следующие мероприятия:

1. Обеспечить условия бесперебойной работы систем аэрации в населенных пунктах Адамовского, Кваркенского, Новоорского, Домбаровского, Светлинского районов и Ясненского ГО, а также предусмотреть, чтобы характеристики используемых систем очистки воды соответствовали потребностям жителей в воде и обеспечивали население питьевой водой в полном объеме.

2. В населенных пунктах, где установлены аэрационные установки (особенно там, где эти установки эксплуатируются наиболее длительное время), необходимо проводить периодический радиационный контроль оборудования установок, соприкасающегося с водой подземных источников (труб, заглушек, вентилях и т.п.), с целью исключения ситуации образования отходов с повышенным содержанием ПРН вследствие оседания осадка на внутренних поверхностях оборудования. Поскольку при образовании отходов с повышенным содержанием ПРН на внутренних поверхностях оборудования их извлечение неизбежно связано с демонтажом оборудования, необходимо по результатам радиационного контроля рассмотреть варианты установки дополнительных сорбирующих фильтров (например, угольных) до входа воды

в аэрационную установку. Периодичность смены загрузки фильтра, определяемая радиационным контролем, должна обеспечивать недопустимость образования III категории производственных отходов с повышенным содержанием ПРН в соответствии с СанПиН 2.6.1.2800-10.

3. При проведении ремонтных работ, связанных с демонтажом оборудования водоподготовки, в населенных пунктах с. Кваркено (Кваркенский район), с. Брацлавка, с. Аниховка, п. Адамовка (Адамовский район) и п. Домбаровский (Домбаровский район) обеспечить радиационное сопровождение работ (проведение радиационного контроля рабочих мест, определение категории отходов в соответствии с СанПиН 2.6.1.2800-10).

4. Необходимо решить проблему обеспечения питьевой водой населения п. Лесная Поляна Кваркенского района. Использование воды частных скважин с высоким содержанием радона ограничить применением в хозяйственных целях вне помещений жилых и общественных зданий. Проблема может быть решена переходом на альтернативный источник водоснабжения (другие скважины), организацией аэрации воды или путем подвоза питьевой воды.

5. В связи с выявлением высокого значения содержания радона в воде частной скважины п. Аниховка Адамовского района рекомендуется проведение разъяснительной работы с населением для ограничения питьевого потребления воды из частных скважин. Использование воды из частных скважин возможно в хозяйственных целях вне помещений, для питьевого водоснабжения рекомендуется использовать воду системы центрального водоснабжения, прошедшую водоподготовку путем аэрации.

6. Результаты определения содержания радона в воде подземных источников водоснабжения в обследованных населенных пунктах Адамовского, Кваркенского, Новоорского, Домбаровского, Светлинского районов и Ясененского ГО, не оснащенных системами аэрации воды, не выявили необходимости установки дополнительного оборудования водоподготовки в части снижения содержания радона. Рекомендуется проведение мониторинговых исследований удельной активности в воде подземных источников населенных пунктов, где были зафиксированы одиночные или незначительные превышения уровня вмешательства по содержанию радона: с. Верхняя Кардаилровка, с. Кульма, п. Майский, п. Белозерский, с. Новопоцок, с. Уртазым (Кваркенский район), с. Елизаветинка, п. Каинсай, п. Новоадамовка (Адамовский район), п. Гостеприимный, п. Казанча, п. Коскуль, п. Озерный (Светлинский район), п. Голубой Факел (Домбаровский район), с. Чиликта (Новоорский район).

Предложения по усовершенствованию системы нормирования показателей радиационной безопасности питьевой воды

В действующей системе оценки качества показателей питьевой воды нормируемым критерием радиационной безопасности является сумма отношений измеренных удельных активностей природных радионуклидов к уровням вмешательства для данных радионуклидов ($\sum(A_i/UB_i)$). При соблюдении условия $\sum(A_i/UB_i) \leq 1$ улучшения радиационных характеристик воды не требуется; при $1 < \sum(A_i/UB_i) \leq 10$ мероприятия по улучшению качества

воды проводятся с учетом принципа оптимизации; только при условии $\sum(A_i/UB_i) > 10$ вода считается непригодной к использованию. Таким образом, в системе нормирования питьевой воды предусмотрен этап возможной оптимизации ее радиационных характеристик в интервале нормируемого показателя от 1 до 10 без запрета на использование воды. В соответствии с п. 5.3.5 НРБ-99/2009, пп. 5.1.8, 5.1.9 ОСПОРБ 99/2010, пп. 4.3.3, 4.3.4 СанПиН 2.6.1.2800-10, в формуле $\sum(A_i/UB_i)$ уровни вмешательства для отдельных радионуклидов принимаются по Приложению 2а к НРБ-99/2009. Однако в Приложении 2а к НРБ-99/2009 не устанавливается уровень вмешательства по содержанию в питьевой воде ^{222}Rn . Таким образом, данный радионуклид не должен учитываться при определении суммы отношений измеренных удельных активностей природных радионуклидов к уровням вмешательства для данных радионуклидов. К сожалению, этот момент не является очевидным, что зачастую приводит к ошибочному использованию данных измерений ^{222}Rn в воде в качестве компонента в формуле $\sum(A_i/UB_i)$; однако такое толкование требований санитарных правил является некорректным.

Фактически, для определения соответствия качества питьевой воды по содержанию ^{222}Rn в настоящее время можно использовать единственный критерий – уровень вмешательства 60 Бк/кг, установленный в п. 5.3.5 НРБ-99/2009 и п. 4.3.5 СанПиН 2.6.1.2800-10. В соответствии с требованиями действующих нормативных документов при удельной активности ^{222}Rn не более 60 Бк/кг питьевая вода пригодна к использованию без ограничений по радиационному фактору, более 60 Бк/кг – вода непригодна для использования. Получается, что в нормировании содержания ^{222}Rn (единственного из всех радионуклидов) отсутствует этап, когда воду с превышением значения уровня вмешательства не более чем в 10 раз можно использовать и при этом проводить мероприятия по улучшению ее радиационных характеристик с учетом принципа оптимизации. Этот вопрос имеет важное практическое значение еще и потому, что большинство случаев несоответствия качества питьевой воды требованиям нормативных документов в Российской Федерации обусловлено как раз содержанием в воде ^{222}Rn , превышающим установленный уровень вмешательства 60 Бк/кг.

В целях выхода из сложившейся ситуации специалисты ФБУН НИИРГ им. П.В. Рамзаева подготовили предложения по усовершенствованию системы нормирования радиационных показателей питьевой воды и представили их в разрабатываемом проекте НРБ-99/2020 «Нормы радиационной безопасности». В раздел, посвященный вопросам радиационной безопасности питьевой воды, предложено внести следующее:

«Критическим путем облучение людей за счет ^{222}Rn , содержащегося в питьевой воде, является переход радона в воздух помещения и последующее ингаляционное поступление дочерних продуктов радона в организм. Уровень вмешательства для ^{222}Rn в питьевой воде составляет 60 Бк/кг. Определение удельной активности ^{222}Rn в питьевой воде из подземных источников является обязательным.

Если выполняется условие: $60 < A_{\text{Rn}} \leq 600$, где A_{Rn} – удельная активность ^{222}Rn в воде, Бк/кг; то должны осуществляться мероприятия по снижению содержания радионуклидов в воде с учетом принципа оптимизации. При

превышении удельной активности ^{222}Rn в воде значения 600 Бк/кг вода из источника по показателям радиационной безопасности считается непригодной для питьевого водоснабжения населения».

Внесение данных изменений в санитарное законодательство Российской Федерации позволит уравнивать подходы к нормированию показателей радиационной безопасности питьевой воды при содержании в ней ^{222}Rn и любых других природных радионуклидов, а также расставить приоритеты и определить первоочередные шаги при решении задач в обеспечении радиационной безопасности населения регионов Российской Федерации при повышенном содержании ^{222}Rn в воде подземных источников водоснабжения.

Заключение

На основании выполненных исследований радиационных характеристик питьевой воды подземных источников водоснабжения в населенных пунктах Восточного Оренбуржья установлено, что причиной несоответствия показателей питьевой воды требованиям нормативных документов является высокое содержание ^{222}Rn ; по содержанию в воде остальных природных радионуклидов (^{226}Ra , ^{224}Ra , ^{228}Ra , ^{210}Pb , ^{210}Po и ^{238}U) ни в одном из обследованных населенных пунктов не установлено фактов признания воды непригодной для питьевого потребления населением.

Результаты анализов воды до и после водоподготовки в условиях штатного режима эксплуатации аэрационных установок подтвердили эффективность проводимых мероприятий по снижению содержания ^{222}Rn в питьевой воде. Вместе с тем, в отдельных населенных пунктах на поверхности долго используемого оборудования, соприкасающегося с водой подземных источников, зафиксированы значения МАД гамма-излучения, свидетельствующие об образовании на внутренних поверхностях оборудования отходов с повышенным содержанием природных радионуклидов.

По итогам проведенных исследований разработаны адресные рекомендации, направленные на обеспечение радиационной безопасности населения восточных районов Оренбургской области при потреблении питьевой воды подземных источников и обеспечение радиационной безопасности работников при обслуживании систем водоподготовки.

Литература

1. Гончарова Ю.Н., Швыдко Н.С., Кадука А.Н. Исследование сезонной и долгосрочной вариабельности удельной активности природных радионуклидов подземных вод // Радиационная гигиена. 2013. Т. 6, № 1. С. 17-23.
2. Стамат И.П., Ступина В.В., Гончарова Ю.Н., Пашкова А.В. Сезонные изменения суммарных показателей и содержания радона в воде артезианских // Гигиенические аспекты обеспечения радиационной безопасности населения на территориях с повышенным уровнем радиации: матер. междунар. науч.-практ. конф. СПб., 2008. С. 138-140.
3. Гончарова Ю.Н., Басалаева Л.Н., Кадука М.В., и др. Оценка внутреннего облучения населения различных регионов Российской Федерации природными и техногенными радионуклидами за счет потребления питьевой воды // Радиационная гигиена. 2010. Т. 3, № 2. С. 39-44.
4. Кадука М.В., Швыдко Н.С., Шутов В.Н., и др. Оценка доз облучения населения Северо-Западного региона России за счет потребления питьевой воды // Радиационная гигиена. 2010. Т. 3, № 1. С. 23-27.
5. Гончарова Ю.Н. Соответствие воды источников питьевого водоснабжения Северо-Западного региона России требованиям радиационной безопасности // Матер. конф. «Гигиенические и медико-профилактические технологии управления рисками здоровью населения». Пермь, 2011. С. 448-451.
6. Пивоварова Е.А., Пивоваров А.А. Радиационно-гигиеническая оценка источников хозяйственно-питьевого водоснабжения населения на территории Республики Хакасия // Радиационная гигиена. 2016. Т. 9, № 3. С. 61-68.
7. Салдан И.П., Баландович Б.А., Поцелуев Н.Ю. Гигиеническая оценка удельной активности природных радионуклидов в воде источников питьевого водоснабжения // Здоровье населения и среда обитания. 2015. № 10. С. 29-34.
8. Горбанев С.А., Еремина Л.А., Стамат И.П. Радиационно-гигиеническая оценка питьевой воды на территории Ленинградской области // Санитарный врач. 2012. № 8. С. 55-58.
9. АО «Компания вотермиро». Письмо № 06/39 от 19.07.2019 г. «О гидрогеологической характеристике Восточного Оренбуржья».
10. Романович И.К., Стамат И.П., Кормановская Т.А., и др. Природные источники ионизирующего излучения: дозы облучения, радиационные риски, профилактические мероприятия; под ред. акад. РАН Онищенко Г.Г. и проф. Поповой А.Ю. СПб.: ФБУН НИИРГ им. П.В. Рамзаева, 2018. 432 с.

Поступила: 08.06.2020 г.

Кормановская Татьяна Анатольевна – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории дозиметрии природных источников Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. **Адрес для переписки:** 197101, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8; E-mail: f4dos@mail.ru

Романович Иван Константинович – доктор медицинских наук, профессор, академик РАН, директор Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

Сапрыкин Кирилл Александрович – заведующий лабораторией дозиметрии природных источников, старший научный сотрудник Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

Вяльцина Наталья Ефимовна – руководитель Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Оренбургской области, Главный государственный санитарный врач по Оренбургской области, Оренбург, Россия

Гаевой Сергей Васильевич – начальник отдела надзора на транспорте, за условиями труда и радиационной безопасностью Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Оренбургской области, Оренбург, Россия

Коновалов Владимир Юрьевич – главный врач Центра гигиены и эпидемиологии в Оренбургской области Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Оренбург, Россия

Бондарь Леонид Владимирович – заведующий отделением радиационной гигиены Центра гигиены и эпидемиологии в Оренбургской области Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Оренбург, Россия

Для цитирования: Кормановская Т.А., Романович И.К., Сапрыкин К.А., Вяльцина Н.Е., Гаевой С.В., Коновалов В.Ю., Бондарь Л.В. Обеспечение радиационной безопасности населения восточных районов Оренбургской области при использовании питьевой воды подземных источников водоснабжения // Радиационная гигиена. 2020. Т. 13, № 3. С. 87–97. DOI: 10.21514/1998-426X-2020-13-3-87-97

Provision of the radiation safety of the public of the eastern districts of the Orenburg region for the use of the drinking water from the underground water supply sources

Tatyana A. Kormanovskaya¹, Ivan K. Romanovich¹, Kirill A. Saprykin¹, Natalya E. Vyaltsina², Sergey V. Gaevoy², Vladimir Yu. Konovalov³, Leonid V. Bondar³

¹ Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

² Directorate of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Orenburg, Russia

³ Center of the Hygiene and Epidemiology in the Orenburg region, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Orenburg, Russia

Starting from 2014, several cases of exceedance of the specific total alpha-activity of the natural radionuclides and specific activity of ²²²Rn were identified in the water of the underground wells in the eastern districts of the Orenburg region. Based on the results of the surveys, a number of settlements were equipped with the systems of aeration of water from underground wells prior to the distribution, but significant expenditures on the technical maintenance of the aeration units lead to their frequent malfunctions. Based on the results of the surveys of the drinking water in settlements of the Adamovskiy, Kvarkenskiy, Novoorkskiy, Dombarovskiy, Svellinskiy districts and Yasnenskiy urban district, it was estimated that in some settlements specific activity of ²²²Rn in drinking water exceeded the intervention levels up to a factor of 10. No exceedances of intervention levels for ²²⁶Ra, ²²⁴Ra, ²²⁸Ra, ²¹⁰Pb, ²¹⁰Po and ²³⁸U were identified. Based on the results of experiments and analyses the authors performed the hygienic assessment of the indicators of the radiation safety of the drinking water from the underground water supply sources in several settlements in the eastern districts of the Orenburg region, performed the analysis of the effectiveness of the aeration systems, developed recommendations on the provision of the radiation safety of the public of the eastern parts of the Orenburg region for the use of the drinking water from the underground water supply sources and developed proposals on the improvement of the limitation of concentration of ²²²Ra in drinking water.

Key words: drinking water, underground sources of water supply, total alpha- and beta specific activity, natural radionuclides, radon, aeration unit.

References

1. Goncharova YuN, Shvydko NS, Kaduka A.N. Investigation of season and long-term variations of natural radionuclides specific activity in underground water. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2013;6(1):17-23. (In Russian)
2. Stamat IP, Stupina VV, Goncharova YuN, Pashkova AV. Seasonal fluctuations in the summary indicators and radon concentration in the water of artesian wells. Proceedings of the international scientific-practical conference «Hygienic aspects of provision of the radiation safety of the population on the territories with increased levels of radiation». St.-Petersburg, 2008: 138-140. (In Russian)
3. Goncharova YuN, Basalaeva LN, Kaduka MV, Shvydko NS, Kaduka AN. Estimation of the population exposure doses from natural and artificial radionuclides due to drinking-water

Tatyana A. Kormanovskaya

Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev

Address for correspondence: Mira Str., 8, Saint-Petersburg, 197101, Russia; E-mail: f4dos@mail.ru

- consumption for the inhabitants of different areas of Russian Federation. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2010;3(2): 39-44. (In Russian)
4. Kaduka MV, Shvydko NS, Shutov VN, Basalaeva LN, Goncharova YuN, Salazkina NV, et al. Estimation of the population exposure doses from drinking-water consumption for the inhabitants of north-eastern area of Russia. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2010;3(1): 23-27. (In Russian)
 5. Goncharova YuN. Compliance of the water from the drinking water supply wells of the North-West region of Russia to the requirements of the radiation safety. Proceedings of the conference "Hygienic and medical-prophylactic technologies of the public health risk management". Perm, 2011: 448-451. (In Russian)
 6. Pivovarov EA, Pivovarov AA. The Radiological Hygienic Assessment of the Sources of Utility and Drinking Water Supply for the Population of Khakasia Republic. *Radiatsionnaya gygiena = Radiation Hygiene*. 2016;9(3): 61-68. (In Russian)
 7. Saldan IP, Balandovich BA, Potseluev NYu. Hygienic assessment of specific activity of natural radionuclides in the water from the drinking water supply wells. *Zdorovie naseleniya i sreda obitaniya = Health of the population and environment*. 2015;10: 29-34. (In Russian)
 8. Gorbanev SA, Eremina LA, Stamat IP. Radiation-hygienic assessment of the water in the Leningrad region. *Sanitarnyy vrach = Sanitary doctor*. 2012;8: 55-58. (In Russian)
 9. AO "Watermiro company" Letter № 06/39, 19.07.2019. "On the hydrogeological status of the Eastern part of the Orenburg region". (In Russian)
 10. Romanovich IK, Stamat IP, Kormanovskaya TA, Kononenko DV, Balabina TA, Bashketova NS, et al. Natural sources of ionizing radiation: radiation doses, radiation risks, preventive measures. Ed. by Acad. of the RAS Onischenko GG and Prof. Popova AYu. Saint-Petersburg: NIIRG after Professor P.V. Ramzaev; 2018: 432. (In Russian)

Received: June 08, 2020

For correspondence: Tatyana A. Kormanovskaya – PhD in Biology, Leading Researcher, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being (Mira str., 8, Saint-Petersburg, 197101, Russia; E-mail: f4dos@mail.ru)

Ivan K. Romanovich – Dr. Sc. Med., Prof., Academician of Russian Academy of Sciences, director of Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

Kirill A. Saprykin – Acting head of the laboratory of the natural sources dosimetry, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

Natalya E. Vyaltsina – Head of the Directorate of the Federal service of surveillance on the consumer rights protection and human well-being in the Orenburg region, Chief sanitary doctor of the Orenburg region, Orenburg, Russia

Sergey V. Gaevoy – Head of the department of the surveillance on transport, working conditions and radiation hygiene, Directorate of the Federal service of surveillance on the consumer rights protection and human well-being in the Orenburg region, Orenburg, Russia

Vladimir Yu. Konovalov – Chief physician of the Center of hygiene and epidemiology in the Orenburg region, Federal service of surveillance on the consumer rights protection and human well-being, Orenburg, Russia

Leonid V. Bondar – Head of the radiation hygiene department of the Center of hygiene and epidemiology in the Orenburg region, Federal service of surveillance on the consumer rights protection and human well-being, Orenburg, Russia

For citation: Kormanovskaya T.A., Romanovich I.K., Saprykin K.A., Vyaltsina N.E., Gaevoy S.V., Konovalov V.Yu., Bondar L.V. Provision of the radiation safety of the public of the eastern districts of the Orenburg region for the use of the drinking water from the underground water supply sources. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2020. Vol. 13, No 3, P. 87-97. (In Russian) DOI: 10.21514/1998-426X-2020-13-3-87-97.