

Радиационный контроль на предприятиях нефтегазовой отрасли

Кормановская Т.А., Кононенко Д.В., Сапрыкин К.А.

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

В статье рассмотрены методические подходы к организации радиационного контроля на предприятиях нефтегазовой отрасли в целях обеспечения радиационной безопасности работников при облучении природными источниками ионизирующего излучения. Краткое содержание. В статье обозначена проблема отсутствия методического инструментария, определяющего порядок организации и проведения радиационного контроля на предприятиях неядерных отраслей промышленности, где возможно производственное облучение работников природными источниками ионизирующего излучения. Анализ факторов ионизирующей природы, воздействующих на работников при добыче, транспортировке и переработке нефти и газа, показал, что основной причиной повышенных уровней облучения в данной отрасли является образование производственных отходов с повышенным содержанием природных радионуклидов. Отмечено, что механизмы образования отходов в нефтяной и газовой промышленности имеют различный характер. На основе практического опыта впервые предложен подход к установлению контрольных уровней по показателю снимаемого радиоактивного альфа- и бета-загрязнения технологического оборудования, соответствующих эффективной дозе облучения работников не более 5 мЗв/год. В статье рекомендованы виды необходимых исследований для оценки доз производственного облучения работников нефтяной отрасли (определение МАЭД на рабочих местах, уровней содержания радона в воздухе при отдельных видах операций, удельной активности природных радионуклидов в производственной пыли при наличии пылящих процессов) и газовой отрасли (определение уровня снимаемого радиоактивного загрязнения альфа- и бета-излучающими природными радионуклидами демонтированного оборудования, суммарной объемной бета-активности воздуха рабочей зоны при очистке оборудования от накопившегося осадка). Заключение. Представленные в материале рекомендации будут учтены при разработке методических рекомендаций по организации и проведению радиационного контроля на предприятиях неядерных отраслей промышленности при облучении работников природными источниками ионизирующего излучения в производственных условиях. Их внедрение в практику должно стать практической основой реализации требований к обеспечению радиационной безопасности работников нефтегазового комплекса Российской Федерации.

Ключевые слова: природные радионуклиды, нефтегазовая промышленность, производственные отходы с повышенным содержанием природных радионуклидов, дочерние продукты распада радона, поверхностное радиоактивное загрязнение, радиационный контроль.

Введение

Нефтегазодобывающая отрасль относится к неядерным отраслям промышленности, где, тем не менее, возможно дополнительное облучение работников природными источниками ионизирующего излучения (ПИИИ), обусловленное накоплением в производственных отходах природных ради-

онуклидов (ПРН), поступающих из земных недр вместе с добываемым сырьем. При определенных условиях аккумуляция ПРН в отходах может приводить как к образованию производственных отходов с повышенным содержанием ПРН в соответствии с ОСПОРБ 99/2010¹, так и к образованию радиоактивных отходов (РАО). При превышении критериев, установленных Постановлением Правительства РФ

¹Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ 99/2010): Санитарные правила и нормативы СП 2.6.1.2612-10. Утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 26.04.2010 № 40 (зарегистрировано в Министерстве юстиции Российской Федерации 11.08.2010, регистрационный № 18115), с изменениями, внесенными постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 16.09.2013 № 43 (зарегистрировано в Министерстве юстиции Российской Федерации 05.11.2013, регистрационный № 30309). [Basic sanitary rules for the provision of radiation safety (OSPORB 99/2010). Sanitary rules and norms SP 2.6.1.2612-10. Approved by the resolution of the Chief state sanitary doctor of the Russian Federation of 26.04.2010 No. 40 (registered with the Ministry of Justice of the Russian Federation on 11.08.2010, registration No. 18155), as amended by the resolution of the Chief state sanitary doctor of the Russian Federation of 16.09.2013 No. 43 (registered with the Ministry of Justice of the Russian Federation on 05.11.2013, registration No. 30309). (In Russ.)]

Кормановская Татьяна Анатольевна

Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева

Адрес для переписки: 197101, Россия, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8; E-mail: f4dos@mail.ru

от 19.10.2012 № 1069², отходы нефтегазодобычи с повышенным содержанием ПРН относятся к низкоактивным РАО и в соответствии с Федеральным законом от 11.07.2011 № 190-ФЗ³ образуют отдельную категорию РАО – «радиоактивные отходы, образовавшиеся при осуществлении не связанных с использованием атомной энергии видов деятельности по добыче и переработке минерального и органического сырья с повышенным содержанием ПРН».

В соответствии с требованиями п. 5.2.6 ОСПОРБ 99/2010, в организациях, в результате деятельности которых образуются производственные отходы с эффективной удельной активностью ПРН более 1500 Бк/кг, должен осуществляться радиационный контроль с целью оценки годовых эффективных доз облучения работников за счет ПИИИ, а также содержания ПРН в производственных отходах. Если дозы облучения работников на отдельных рабочих местах превышают 5 мЗв/год, и экономически обоснованные защитные мероприятия не позволяют обеспечить непрерывность данного уровня, то согласно п. 5.2.7 ОСПОРБ 99/2010 допускается отнесение соответствующих работников по условиям труда к персоналу группы А с соблюдением всех требований по обеспечению радиационной безопасности данной категории лиц и информированием о принятом решении органов, уполномоченных осуществлять федеральный государственный санитарно-эпидемиологический надзор.

Отмена ряда нормативных документов (СП 2.6.1.798-99 «Обращение с минеральным сырьем и материалами с повышенным содержанием природных радионуклидов»⁴, Сан-

ПиН 2.6.6.1169-02 «Обеспечение радиационной безопасности при обращении с производственными отходами с повышенным содержанием природных радионуклидов на объектах нефтегазового комплекса Российской Федерации»⁵, СП 2.6.1.1291-03 «Санитарные правила по обеспечению радиационной безопасности на объектах нефтегазового комплекса России»⁶, СП 2.6.1.1292-03 «Гигиенические требования по ограничению облучения населения за счет природных источников ионизирующего излучения»⁷ (раздел 3.4), СП 2.6.1.2622-10 «Гигиенические требования по обеспечению радиационной безопасности на объектах хранения газового конденсата в подземных резервуарах, образованных с применением ядерно-взрывной технологии»⁸), посвященных в том числе вопросам радиационного контроля рабочих мест на предприятиях нефтегазовой отрасли, привело к ситуации отсутствия в санитарном законодательстве Российской Федерации методической базы, унифицирующей порядок организации и проведения радиационного контроля рабочих мест при производственном облучении ПИИИ, обусловленном спецификой профессиональной деятельности.

На 2026 год Роспотребнадзором запланирована разработка документа, определяющего порядок организации, рекомендуемые виды и объем радиационного контроля на предприятиях неядерных отраслей промышленности, где возможно дополнительное облучение работников ПИИИ. Один из разделов документа будет посвящен проведению радиационного контроля на объектах нефтегазового комплекса Российской Федерации.

²Постановление Правительства РФ от 19.10.2012 № 1069 (ред. от 29.10.2022) «О критериях отнесения твердых, жидких и газообразных отходов к радиоактивным отходам, критериях отнесения радиоактивных отходов к особым радиоактивным отходам и к удаляемым радиоактивным отходам и критериях классификации удаляемых радиоактивных отходов». [Decree of the Government of the Russian Federation of 19.10.2012 No. 1069 (as amended on 29.10.2022) "On the criteria for classifying solid, liquid and gaseous waste as radioactive waste, the criteria for classifying radioactive waste as special radioactive waste and removable radioactive waste, and the criteria for classification of removable radioactive waste". (In Russ.)]

³Федеральный закон от 11.07.2011 № 190-ФЗ «Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (ред. от 21.12.2021). [Federal Law No. 190-FZ of 11.07.2011 "On Radioactive Waste Management and on Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation" (as amended on 21.12.2021). (In Russ.)]

⁴Обращение с минеральным сырьем и материалами с повышенным содержанием природных радионуклидов: Санитарные правила СП 2.6.1.798-99. Утверждены Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 23.12.1999. [Handling of mineral raw materials and materials with elevated concentration of natural radionuclides. Sanitary rules SP 2.6.1.798-99. Approved by the Chief state sanitary doctor of the Russian Federation on 23.12.1999. Expired. (In Russ.)]

⁵Обеспечение радиационной безопасности при обращении с производственными отходами с повышенным содержанием природных радионуклидов на объектах нефтегазового комплекса Российской Федерации: Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.6.6.1169-02. Утверждены Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 16.10.2002. [Ensuring radiation safety in the management of industrial waste with elevated concentration of natural radionuclides at the facilities of the oil and gas complex of the Russian Federation. Sanitary rules and norms SanPiN 2.6.6.1169-02. Approved by the Chief state sanitary doctor of the Russian Federation on 16.10.2002. Expired. (In Russ.)]

⁶Санитарные правила по обеспечению радиационной безопасности на объектах нефтегазового комплекса России: Санитарно-эпидемиологические правила СП 2.6.1.1291-03. Утверждены Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 18.04.2003. [Sanitary rules for radiation safety at oil and gas facilities of Russia. Sanitary rules SP 2.6.1.1291-03. Approved by the Chief state sanitary doctor of the Russian Federation on 18.04.2003. Expired. (In Russ.)]

⁷Гигиенические требования по ограничению облучения населения за счет природных источников ионизирующего излучения: Санитарно-эпидемиологические правила СП 2.6.1.1292-03. Утверждены Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 18.04.2003. [Hygienic requirements for limiting public exposure to the natural sources of ionizing radiation. Sanitary rules SP 2.6.1.1292-03. Approved by the Chief state sanitary doctor of the Russian Federation on 18.04.2003. Expired. (In Russ.)]

⁸Гигиенические требования по обеспечению радиационной безопасности на объектах хранения газового конденсата в подземных резервуарах, образованных с применением ядерно-взрывной технологии: Санитарные правила СП 2.6.1.2622-10. Утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 30.04.2010 № 52 (зарегистрировано в Министерстве юстиции Российской Федерации 07.06.2010, регистрационный № 17483). [Hygienic requirements for radiation safety at gas condensate storage facilities in underground reservoirs formed using nuclear explosive technology. Sanitary rules SP 2.6.1.2622-10. Approved by the resolution of the Chief state sanitary doctor of the Russian Federation of 30.04.2010 No. 52 (registered with the Ministry of Justice of the Russian Federation on 07.06.2010, registration No. 17483). Expired. (In Russ.)]

Цель исследования – выработать рекомендации по организации и проведению радиационного контроля на предприятиях нефтегазовой отрасли для включения в методические рекомендации «Организация радиационного обследования и санитарно-эпидемиологическая оценка показателей радиационной безопасности работников предприятий неядерных отраслей промышленности при облучении природными источниками ионизирующего излучения в производственных условиях».

Задачи исследования

1. Выполнить анализ факторов ионизирующей природы, воздействующих на работников при добыче и переработке нефти и газа.
2. Оценить виды, объем и периодичность проведения радиационного контроля.
3. Дать рекомендации по снижению уровней облучения работников за счет ПИИИ в производственных условиях.

Облучение работников, занятых в добыче, транспортировке и переработке нефти

В процессе добычи нефти из недр извлекается и пластовая вода, содержащая растворенные катионы кальция, стронция, магния, бария и радия, экстрагированные из вмещающих пород [1–3]. Перечень поступающих на поверхность ПРН включает ^{226}Ra из ряда ^{238}U , ^{228}Ra и ^{224}Ra из ряда ^{232}Th , а также их дочерние продукты распада, при этом материнские радионуклиды ^{238}U и ^{232}Th , а также ^{228}Th , в извлекаемом сырье отсутствуют [1–5]. Изменения температуры и давления при извлечении пластовой воды на поверхность вместе с нефтью приводят к осаждению содержащих изотопы радия сульфатов и карбонатов на внутренних поверхностях технологического оборудования (например, труб, клапанов, насосов, сепараторов, буллитов и скиммерных резервуаров) [4]. Основные виды отходов, накапливающихся в процессе добычи и транспортировки нефти, – это твердые осадки, солевые отложения (т.н. радиобарит), нефтешламы, для которых характерна крайняя неоднородность как по физико-химическим свойствам (твердые, сыпучие, вязкие и пр.), так и по удельной активности (УА) ПРН в них [6]. Основным критерием категорирования таких отходов в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 19.10.2012 № 1069 и ОСПОРБ 99/2010 является эффективная удельная активность ПРН ($A_{\text{эфф}}$). При превышении $A_{\text{эфф}}$ значения 1500 Бк/кг отходы, согласно СанПиН 2.6.4115-25⁹, классифицируются как производственные отходы с повышенным содержанием ПРН. При их накоплении внутри оборудования на его наружных поверхностях могут фиксиро-

ваться повышенные значения мощности амбиентного эквивалента дозы (МАЭД) гамма-излучения. При превышении $A_{\text{эфф}}$ значения 10 000 Бк/кг обращение с отходами с повышенным содержанием ПРН должно осуществляться организацией, имеющей разрешение (лицензию) на право ведения работ в области использования атомной энергии, как с РАО.

В случае нарушения радиоактивного равновесия в рядах ^{238}U и ^{232}Th расчет эффективной удельной активности ПРН в производственных отходах должен производиться с учетом их возраста (длительности периода хранения). Методика такого расчета содержалась в Приложении 1 СанПиН 2.6.6.1169-02 и Приложении 5 СанПиН 2.6.1.2800-10¹⁰, но на данный момент отсутствует в каких-либо действующих нормативных и методических документах, поэтому должна войти в качестве одного из приложений в запланированные к разработке на 2026 г. методические рекомендации.

Накопление отходов происходит внутри оборудования, поэтому в штатном режиме работы предприятий по добыче, транспортировке и переработке нефти контакт работников с нефтешламами отсутствует. Единственным фактором радиационного воздействия в данной ситуации является облучение работников за счет гамма-излучения ПРН, осевших на внутренних поверхностях оборудования. Другой сценарий облучения работников наблюдается в аварийных ситуациях и ситуации вскрытия (демонтажа) оборудования для ремонта, технического обслуживания, очистки: работники напрямую контактируют с производственными отходами с повышенным содержанием ПРН; кроме внешнего облучения возможно также внутреннее облучение за счет ингаляционного поступления радона (^{222}Rn) и его короткоживущих дочерних продуктов распада (ДПР), накопившихся внутри оборудования (например, цистерн, резервуаров, буллитов, танков) в процессе эманирования из нефтешламов. В случае вязких нефтешламов, представляющих собой смесь тяжелых углеводородов, плотных эмульсий и незначительных включений продуктов коррозии (окалины) и твердых осадков [7], пылерационный фактор при вскрытии эксплуатируемого оборудования отсутствует.

Облучение работников, занятых в добыче, транспортировке и переработке газа

Для образования производственных отходов, содержащих ПРН, при добыче природного газа характерен иной механизм. Одним из сопутствующих веществ добываемого сырьевого газа (наряду с сероводородом, азотом, углекислым газом, гелием и другими инертными газами) является радон (^{222}Rn) – природный радиоактивный газ, продукт распада находящегося в недрах радия (^{226}Ra). По данным [7], объемная активность радона в природном газе, добываемом в России, варьируется от 100 до 1200 Бк/м³. В ходе длитель-

⁹ Санитарно-эпидемиологические требования в области радиационной безопасности населения при обращении источников ионизирующего излучения: Санитарно-эпидемиологические правила и нормы СанПиН 2.6.4115-25. Утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 27.03.2025 № 6 (зарегистрировано в Министерстве юстиции Российской Федерации 21.04.2025, регистрационный № 81916). [Sanitary and epidemiological requirements in the field of radiation safety of the population when handling ionizing radiation sources. Sanitary and epidemiological rules and norms SanPiN 2.6.4115-25. Approved by the resolution of the Chief state sanitary doctor of the Russian Federation of 27.03.2025 No. 6 (registered with the Ministry of Justice of the Russian Federation on 21.04.2025, registration No. 81916). (In Russ.)]

¹⁰ Гигиенические требования по ограничению облучения населения за счет природных источников ионизирующего излучения: Санитарные правила и нормативы СанПиН 2.6.1.2800-10. Утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 24.12.2010 № 171 (зарегистрировано в Министерстве юстиции Российской Федерации 27.01.2011, регистрационный № 19587). [Hygienic requirements for limiting public exposure to the natural sources of ionizing radiation. Sanitary rules and norms SanPiN 2.6.1.2800-10. Approved by the resolution of the Chief state sanitary doctor of the Russian Federation of 24.12.2010 No. 171 (registered with the Ministry of Justice of the Russian Federation on 27.01.2011, registration No. 19587). Expired. (In Russ.)]

ной эксплуатации объектов добычи и транспортировки природного газа происходит оседание и постепенное накопление на внутренних поверхностях трубопроводов и иного оборудования долгоживущих ДПР радона, являющихся твердыми веществами: свинца (^{210}Pb) с периодом полураспада 22,2 года, являющегося бета-излучателем, и его более короткоживущих ДПР – висмута (^{210}Bi) с периодом полураспада 5 суток, также являющегося бета-излучателем, и полония (^{210}Po) с периодом полураспада 138 суток, являющегося альфа-излучателем [1–3, 7]. Материнский для радона радионуклид ^{226}Ra в образующихся в процессе газодобычи производственных отходах отсутствует, таким образом, определение значения $A_{\text{эфф}}$ для данного типа отходов невозможно. В соответствии с требованиями п. 311 СанПиН 2.6.4115-25, в случае отсутствия в отходах, содержащих только ПРН, материнских радионуклидов, их отнесение к РАО осуществляется по УА отдельных ПРН в соответствии с Приложением к Критериям отнесения к РАО, утвержденным Постановлением Правительства РФ от 19.10.2012 № 1069. Для ^{210}Pb и ^{210}Po предельные значения УА (критерий отнесения к РАО) составляют 10 000 Бк/кг. Поскольку указанные радионуклиды не являются гамма-излучающими (γ ^{210}Pb и ^{210}Po выход гамма-квантов пренебрежимо мал), гамма-излучение от технологического оборудования отсутствует. Поверхностное альфа- и бета-загрязнение оборудования может присутствовать только в случае переноса отходов на наружные поверхности в ходе предыдущего технического обслуживания или аварийных ситуаций. Основными путями облучения при воздействии альфа- и бета-излучающих ПРН являются ингаляционный (вдыхание радона и его ДПР, а также долгоживущих ПРН, адсорбированных на пылевых частицах, из воздуха рабочей зоны) и пероральный (с загрязненных кожных покровов рук в процессе приема пищи при нарушении правил гигиены) [8].

Облучение работников, занятых в процессе добычи, транспортировки и переработки газа, происходит исключительно в случае вскрытия (демонтажа) оборудования вследствие возможного контакта с производственными отходами с повышенным содержанием ПРН. Ситуация осложняется тем фактом, что радиоактивное альфа- и бета-загрязнение внутренних поверхностей оборудования в большинстве случаев не сопровождается визуально определяемыми отходами, т.к. представляет собой тонкие радиоактивные пленки на внутренних поверхностях компрессоров, обратных насосов, регулирующих клапанов и некоторых других типов оборудования [1–3, 7], и может быть оценено только по результатам измерений.

Контрольные уровни факторов природного облучения при проведении производственного радиационного контроля

Основная задача радиационного контроля на производственных объектах добычи, транспортировки и переработки нефти и газа – обеспечить неперевышение дозы облучения работников ПИИИ в производственных условиях 5 мЗв/год.

В п. 4.2 НРБ-99/2009¹¹ установлены значения ряда параметров радиационной обстановки, соответствующие при монофакторном воздействии дозе 5 мЗв/год (при длительности работы 2000 ч/год): МАЭД гамма-излучения, эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА) радона и торона, удельной активности ^{238}U и ^{232}Th в производственной пыли; указано, что при многофакторном воздействии

сумма отношений измеренных показателей данных факторов к контрольным значениям не должна превышать 1.

При решении практических задач по проведению радиационного контроля на предприятиях, занимающихся добычей и переработкой (сжижением) природного газа, специалисты ФБУН НИИРГ им. П.В. Рамзаева сталкиваются с проблемой установления подобных критериев для уровней радиоактивного загрязнения альфа- и бета-излучающими ПРН внутренних поверхностей оборудования. Обследования выполняются в период так называемого останова предприятий, когда основные технологические процессы прекращаются для проведения работ по техническому обслуживанию оборудования, сопровождающемуся вскрытием его отдельных узлов. По результатам измерений на элементах внутренних частей оборудования в ряде случаев выявляется радиоактивное альфа- и бета-загрязнение. Поскольку данное загрязнение имеет естественное происхождение (оно обусловлено оседанием ДПР радона), облучение работников за счет его воздействия относится к облучению ПИИИ в производственных условиях, однако для данного фактора в нормативных документах не установлены критерии, соответствующие при монофакторном воздействии дозе облучения 5 мЗв/год.

В рамках проведения радиационного контроля на предприятиях по добыче, транспортировке и переработке природного газа предлагается следующий подход к установлению контрольных уровней радиоактивного загрязнения поверхностей технологического оборудования: контрольные уровни по показателю плотности потока альфа- и бета-частиц снимаемого загрязнения установить в размере $\frac{1}{4}$ от приведенных в табл. 8.9 НРБ-99/2009 гигиенических нормативов для помещений периодического пребывания персонала и находящегося в них оборудования. Данные уровни (для альфа-частиц – 50 част/(см²·мин) или 1,7 Бк/см², для бета-частиц – 2500 част/(см²·мин) или 85 Бк/см²) устанавливаются пропорционально соотношению ($\frac{1}{4}$) пределов доз работников при облучении ПИИИ (5 мЗв/год) и персонала (20 мЗв/год). Соблюдение данных критериев при монофакторном воздействии гарантирует обеспечение неперевышения уровня доз облучения работников ПИИИ в производственных условиях в 5 мЗв/год, что не требует отнесения работников к персоналу группы А в соответствии с главой III НРБ-99/2009. Это подтверждается расчетами по методике МАГАТЭ [9] с учетом значения коэффициента перехода от поверхностной плотности активности ^{210}Bi на коже к мощности эквивалентной дозы его бета-излучения в коже по данным [10] при стандартной продолжительности работы 2000 ч/год согласно п. 4.2 НРБ-99/2009: в этих условиях эффективная доза облучения составит порядка 4 мЗв/год.

Производственный радиационный контроль на предприятиях нефтегазовой отрасли

На предприятиях керамической, огнеупорной и других видов промышленности, где осуществляется обращение с минеральным сырьем и материалами с повышенным содержанием ПРН, объемы и виды радиационного контроля определяются по итогам первичного радиационного обследования рабочих мест. Это объясняется известными радиационными характеристиками материалов (например, применяемого в керамической отрасли циркониевого концентрата) и типовым регламентом обращения с ними в ходе технологического процесса. Данный подход неприменим к предприятиям нефтегазовой отрасли, где процессы накопления и уровни содержания ПРН в производственных

¹¹Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009): Санитарные правила и нормативы СанПиН 2.6.1.2523-09. Утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 07.07.2009 № 47 (зарегистрировано в Министерстве юстиции Российской Федерации 14.08.2009, регистрационный № 14534). [Norms of radiation safety (NRB-99/2009). Sanitary rules and norms SanPiN 2.6.1.2523-09. Approved by the resolution of the Chief state sanitary doctor of the Russian Federation of 07.07.2009 No. 47 (registered with the Ministry of Justice of the Russian Federation on 14.08.2009, registration No. 14534). (In Russ.)]

отходах зависят от множества причин (обводненность месторождения, содержание ПРН в пластовых водах и др.) и на данный момент не моделируются и не поддаются прогнозу. Поэтому даже если результаты первичного радиационного обследования не выявят производственных отходов с повышенным содержанием ПРН, с течением времени такие отходы (и даже РАО) могут образовываться и воздействовать на работников предприятия.

Для оценки доз производственного облучения ПИИИ работников нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей отрасли могут быть рекомендованы следующие виды исследований:

- определение МАЭД гамма-излучения на рабочих местах;
- определение уровней содержания радона в воздухе при отдельных видах операций (например, при очистке емкостей от нефтешламов);
- определение УА ПРН в производственной пыли (при наличии пылящих процессов).

Ранее в санитарных правилах СанПиН 2.6.1.2800-10 по значению $A_{эфф}$ были установлены классы минерального сырья и материалов, а также категории производственных отходов, содержащих ПРН. В СанПиН 2.6.4115-25 классификация и категорирование были упразднены. Однако для определения периодичности проведения радиационного контроля на предприятиях нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей отрасли мы считаем возможным применить подход на основе категорирования производственных отходов по значению $A_{эфф}$: для предприятий, где $A_{эфф}$ в производственных отходах не превышает 1500 Бк/кг, установить периодичность проведения радиационного контроля с оценкой доз облучения работников 1 раз в 5 лет (учитывая возможность накопления ПРН); на предприятиях, где образуются отходы с $A_{эфф}$ в интервале от 1500 до 4000 Бк/кг – 1 раз в три года; если в организации образуются отходы с $A_{эфф}$ свыше 4000 Бк/кг (но не превышающие 10 000 Бк/кг) – ежегодно. Если предприятие допустило образование производственных отходов, приравненных к РАО в соответствии Критериями отнесения к РАО, утвержденными Постановлением Правительства РФ от 19.10.2012 № 1069 ($A_{эфф} > 10\,000$ Бк/кг), то обращение с ними должно осуществляться специализированной организацией, имеющей разрешение на деятельность в области использования атомной энергии, в связи с тем, что данная ситуация уже выходит за рамки регулирования воздействия ПИИИ в производственных условиях.

Оценка доз производственного облучения ПИИИ работников, занятых в добыче, транспортировке и переработке природного газа, как показала практика, должна выполняться по результатам измерений уровня снимаемого радиоактивного загрязнения альфа- и бета-излучающими ПРН поверхностей демонтированного оборудования, а также (при очистке оборудования от накопившегося осадка) – по результатам измерений суммарной объемной бета-активности воздуха рабочей зоны. Поскольку образующиеся при газодобыче отходы не содержат гамма-излучающих радионуклидов, МАЭД гамма-излучения на рабочих местах обусловлена только радиационными характеристиками материалов самого оборудования, а также территории или помещений, поэтому значимого вклада в дозу производственного облучения не дает и периодического контроля не требует. Что касается сопутствующего природному газу радона, то отсутствие необходимости периодического контроля за его содержанием в воздухе рабочей зоны обеспечивается обязательной продувкой оборудования азотом перед вскрытием с целью удаления легковоспламеняющихся и взрывоопасных углеводородных продуктов.

Производственный радиационный контроль на предприятиях, осуществляющих добычу, транспортировку и переработку природного газа, должен осуществляться при каждом вскрытии технологического оборудования, непосредственно контактирующего с природным газом. При проведении операций, связанных с вскрытием оборудования с плотностью потока альфа-частиц снимаемого загрязнения более 1 част/(см²·мин) и бета-частиц снимаемого загрязнения более 10 част/(см²·мин) работники обязаны применять средства индивидуальной защиты (СИЗ) и средства индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД). При планировании работ по очистке технологического оборудования от производственных отходов газодобычи необходимо провести определение в них УА ^{210}Pb (^{210}Po). Поскольку данный вид исследований доступен в ограниченном числе испытательных лабораторий (центров), то длительности периода останова может не хватить для выполнения всех операций по отбору, транспортировке и испытанию проб. Поэтому целесообразно проводить эти исследования заранее (в рамках предыдущего останова). По результатам исследований принимается решение об организации, которая будет допущена к работам по очистке технологического оборудования от отходов газодобычи: если УА ^{210}Pb (^{210}Po) не превышает 10 000 Бк/кг – работы могут выполняться работниками предприятия с применением СИЗ и СИЗОД; если УА ^{210}Pb (^{210}Po) превышает 10 000 Бк/кг – работы должны осуществляться организацией, имеющей разрешение (лицензию) на деятельность в области использования атомной энергии.

Заключение

В соответствии с Указом Президента Российской Федерации от 13.10.2018 № 585 «Об утверждении Основ государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности Российской Федерации на период до 2025 года и дальнейшую перспективу» одной из основных проблем в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности является «воздействие радиационных факторов на работников организаций, осуществляющих деятельность, не связанную с использованием атомной энергии, в том числе на работников нефтяной и газовой промышленности, топливно-энергетического комплекса, горнодобывающей промышленности, строительства, космической и авиационной промышленности, медицины». Одним из этапов решения данной проблемы должна стать разработка методических рекомендаций «Организация радиационного обследования и санитарно-эпидемиологическая оценка показателей радиационной безопасности работников предприятий неядерных отраслей промышленности при облучении природными источниками ионизирующего излучения в производственных условиях». В соответствующие разделы документа войдут представленные в настоящей статье рекомендации по организации и проведению радиационного контроля на объектах нефтегазового комплекса Российской Федерации.

Сведения о личном вкладе авторов в работу над статьей

Кормановская Т.А. разработала общую концепцию исследования, определила цель исследования, проанализировала нормативно-методические документы и написала черновик рукописи.

Кононенко Д.В. определил задачи исследования, провел поиск и анализ литературных источников, выполнил необходимые расчеты, подготовил английский перевод и представил окончательный вариант рукописи для публикации в журнал.

Сапрыкин К.А. отредактировал промежуточный вариант рукописи.

Благодарности

Авторы выражают признательность рецензентам за ценные замечания и предложения, позволившие дополнить текст важными деталями, а отдельным формулировкам придать больше четкости и строгости.

Информация о конфликте интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Сведения об источнике финансирования

Работа выполнена в рамках отраслевой научно-исследовательской программы Роспотребнадзора на 2026–2030 гг. «Развитие системы мониторинга и нормативного регулирования показателей радиационной безопасности населения России при техногенном, природном и медицинском облучении с учетом новых вызовов и угроз здоровью» по теме: «Научное обоснование совершенствования системы ограничения радиационного воздействия природных источников ионизирующего излучения на здоровье населения Российской Федерации».

Литература

1. Radiation Protection and the Management of Radioactive Waste in the Oil and Gas Industry. IAEA Safety Report Series No. 34. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2003. 130 p.
2. Radiation Protection and the Management of Radioactive Waste in the Oil and Gas Industry. IAEA Training Course Series No. 40. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2010. 201 p.
3. International Association of Oil & Gas Producers. Managing Naturally Occurring Radioactive Material (NORM) in the Oil and Gas Industry. Report 412 (Version 2.0, March 2016). IOGP, 2016. 67 p.
4. Курындин А.В., Шаповалов А.С., Тимофеев Н.Б., Верник А.Л. О нормировании выбросов и сбросов радиоактивных

веществ, образующихся в результате деятельности предприятий, не связанных с осуществлением деятельности в области использования атомной энергии // Ядерная и радиационная безопасность. 2020. № 4 (98). С. 25–34. DOI: 10.26277/SECNRS.2020.98.4.003.

5. Лисаченко Э.П., Матвеева И.Г., Стамат И.П. Формирование радионуклидного состава производственных отходов на объектах нефтегазового комплекса // Радиационная гигиена: сб. науч. трудов. СПб., 2004. С. 45–50.
6. Лисаченко Э.П., Стамат И.П. Природные радионуклиды в производственных отходах предприятий неурановых отраслей промышленности // Радиационная гигиена. 2009. Т. 2, № 2. С. 64–71.
7. Нозик М.Л. Научно-методические основы обеспечения радиэкологической безопасности на предприятиях нефтегазового комплекса: автореф. дисс. ... канд. геол.-мин. наук. М., 2010. 24 с.
8. Кормановская Т.А., Кононенко Д.В., Сапрыкин К.А. Об особенностях классификации отходов с повышенным содержанием природных радионуклидов в газодобывающей отрасли // Актуальные вопросы радиационной гигиены: матер. Всеросс. науч.-практ. конф. с междунар. уч. (Санкт-Петербург, 11–12 ноября 2025 г.). СПб.: ФБУН НИИРГ им. П.В. Рамзаева, 2025. С. 154–158.
9. Generic procedures for assessment and response during a radiological emergency. IAEA-TECDOC-1162. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2000. 183 p.
10. Kocher D.C., Eckerman K.F. Electron dose-rate conversion factors for external exposure of the skin from uniformly deposited activity on the body surface // Health Physics. 1987. Vol. 53, No. 2. P. 135–141. DOI: 10.1097/00004032-198708000-00003.

Поступила: 15.04.2026

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, Россия, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8; E-mail: f4dos@mail.ru; ORCID: 0009-0005-7922-7367, РИНЦ Author ID: 1115207

Кононенко Дмитрий Викторович – 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, Санкт-Петербург, Россия; ORCID: 0000-0002-1392-1226, РИНЦ Author ID: 655951

Сапрыкин Кирилл Александрович – старший научный сотрудник, заведующий лабораторией 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, Санкт-Петербург, Россия; ORCID: 0000-0003-2387-7051, РИНЦ Author ID: 1005279

Для цитирования: Кормановская Т.А., Кононенко Д.В., Сапрыкин К.А. Радиационный контроль на предприятиях нефтегазовой отрасли // Радиационная гигиена. 2026. Т. 19, № 2. С. 124–130. DOI: 10.21514/1998-426X-2026-19-2-124-130

Radiation control at oil and gas industry enterprises

Tatyana A. Kormanovskaya, Dmitry V. Kononenko, Kirill A. Saprykin

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

The paper presents some methodological approaches to the organization of radiation survey and radiation control at oil and gas industry enterprises in order to ensure the radiation safety of workers exposed to natural sources of ionizing radiation. Summary. The paper highlights the issue of the lack of guidelines defining the procedure for organizing and conducting radiation survey and radiation control at enterprises in non-nuclear

Tatyana A. Kormanovskaya

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

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

industries where exposure of workers to natural sources of ionizing radiation in industrial conditions is possible. The analysis of radiation sources affecting workers during the extraction, transportation and processing of oil and gas has shown that the main reason for increased levels of exposure in this industry is the generation of industrial waste with elevated concentration of natural radionuclides. It is noted that the mechanisms of waste generation in the oil industry and the gas industry are of a different nature. Based on practical experience, an approach to setting action levels in terms of removable radioactive alpha and beta contamination of technological equipment, ensuring that the established dose limit of 5 mSv/year is not exceeded given single-factor exposure situation, have been proposed for the first time. Several types of measurements are recommended to assess the doses of exposure to workers in the oil industry (gamma dose rate in the workplaces, radon concentration during certain types of operations, activity concentration of natural radionuclides in dust in the presence of dusting processes) and the gas industry (level of removable radioactive contamination with alpha and beta emitting natural radionuclides of the dismantled equipment, gross beta activity concentration in the air of the working area during equipment cleaning from accumulated sediment). Conclusion. The recommendations presented in the paper will be taken into account when developing guidelines for the organization and conduct of radiation survey and radiation control at enterprises in non-nuclear industries where workers are exposed to natural sources of ionizing radiation in industrial conditions. The applying of the guidelines in practice should become the practical basis for implementation of the requirements for ensuring the radiation safety of workers in the oil and gas industry of the Russian Federation.

Key words: natural radionuclides, oil and gas industry, industrial waste with elevated concentration of natural radionuclides, radon progeny, surface radioactive contamination, radiation control.

Authors' personal contribution

Kormanovskaya T.A. developed the general concept of the study and defined the goal, analyzed regulatory and methodical documents, and wrote a draft of the manuscript.

Kononenko D.V. defined the objectives of the study, searched and analyzed literature data, performed the necessary calculations, made the translation, and arranged the final version of the manuscript for publication in the journal.

Saprykin K.A. edited the interim version of the manuscript.

Acknowledgements

The authors express their gratitude to the reviewers for their valuable comments and suggestions, which made it possible to supplement the text with important details, and to give some formulations greater clarity and rigor.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interest.

Sources of funding

The work was carried out within the framework of the sectoral research program of Rospotrebnadzor for 2026–2030 “Development of a system for monitoring and regulatory regulation of radiation safety indicators for the Russian population under human-made, natural and medical exposure, taking into account new challenges and threats to health” on the topic: “Scientific justification for improving the system for limiting the radiation effects of natural sources of ionizing radiation on the health of the population of the Russian Federation”.

References

1. Radiation Protection and the Management of Radioactive Waste in the Oil and Gas Industry. IAEA Safety Report Series No. 34. Vienna: International Atomic Energy Agency; 2003. 130 p.
2. Radiation Protection and the Management of Radioactive Waste in the Oil and Gas Industry. IAEA Training Course Series No. 40. Vienna: International Atomic Energy Agency; 2010. 201 p.
3. International Association of Oil & Gas Producers. Managing Naturally Occurring Radioactive Material (NORM) in the Oil and Gas Industry. Report 412 (Version 2.0, March 2016). IOGP, 2016. 67 p.
4. Kuryndin AV, Shapovalov AS, Timofeev NB, Vernik AL. On Limiting Radioactive Discharges which arise from Activities of Industrial Facilities not Utilizing Atomic Energy. *Yadernaya i radiatsionnaya bezopasnost = Nuclear and Radiation Safety*. 2020;4(98): 25–34. (In Russian). DOI: 10.26277/SECNRS.2020.98.4.003.
5. Lisachenko EP, Matveeva IG, Stamat IP. Formation of the radionuclide composition of industrial waste at oil and gas facilities. In: *Radiation hygiene. Collection of scientific papers*. St. Petersburg; 2004. P. 45–50.
6. Lisachenko EP, Stamat IP. Natural radionuclides in residues from non-nuclear industries. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2009;2(2): 64–71. (In Russian).
7. Nozik ML. Scientific and methodological foundations of ensuring radioecological safety at oil and gas enterprises. PhD thesis abstract. Moscow; 2010. 24 p.
8. Kormanovskaya TA, Kononenko DV, Saprykin KA. On the specifics of classification of waste with elevated concentration of natural radionuclides from the gas industry. In: *Current issues of radiation hygiene. Proceedings of the all-Russian scientific and practical conference with international participation, 11-12 November 2025, St. Petersburg, Russia*. St. Petersburg: FBUN NIIRG im. P.V. Ramzaeva; 2025. P. 154–158. (In Russian).
9. Generic procedures for assessment and response during a radiological emergency. IAEA-TECDOC-1162. Vienna: International Atomic Energy Agency; 2000. 183 p.
10. Kocher DC, Eckerman KF. Electron dose-rate conversion factors for external exposure of the skin from uniformly deposited activity on the body surface. *Health Physics*. 1987;53(2): 135–141. DOI: 10.1097/00004032-198708000-00003.

Received: April 15, 2026

For correspondence: Tatyana A. Kormanovskaya – Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher, Laboratory for Dosimetry of Natural Sources of Radiation, Saint Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing (8, Mira Str., Saint Petersburg, 197101, Russia; E-mail: f4dos@mail.ru); ORCID: 0009-0005-7922-7367, RSCI Author ID: 1115207

Dmitry V. Kononenko – Researcher, Laboratory for Dosimetry of Natural Sources of Radiation, Saint Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Saint Petersburg, Russia; ORCID: 0000-0002-1392-1226, RSCI Author ID: 655951

Kirill A. Saprykin – Senior Researcher, Head of the Laboratory for Dosimetry of Natural Sources of Radiation, Saint Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Saint Petersburg, Russia. ORCID: 0000-0003-2387-7051, RSCI Author ID: 1005279

For citation: Kormanovskaya T.A., Kononenko D.V., Saprykin K.A. Radiation control at oil and gas industry enterprises. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2026. Vol. 19, No. 2. P. 124–130. (In Russian). DOI: 10.21514/1998-426X-2026-19-2-124-130