

На правах рукописи

Нозик Михаил Леонидович

**НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
НА ПРЕДПРИЯТИЯХ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА**

Специальность 25.00.36 – Геоэкология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук



Москва – 2010

Работа выполнена в Московском отделе инспекций радиационной безопасности ЦМТУ по надзору за ЯРБ Ростехнадзора.

Научный руководитель: доктор геолого-минералогических наук
Бахур Александр Евстафьевич

Официальные оппоненты: доктор геолого-минералогических наук
Грабовников Валерий Аркадьевич

доктор технических наук
Кривошеев Сергей Григорьевич

Ведущая организация: Федеральное государственное унитарное геологическое предприятие «Гидроспецгеология»
(ФГУГП «Гидроспецгеология»)

Защита состоится «24» декабря 2010 года в 11 часов на заседании диссертационного совета Д 216.005.01 в Федеральном государственном унитарном предприятии «Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья им. Н.М. Федоровского» (ФГУП «ВИМС») по адресу: 119017 г. Москва, Старомонетный пер., 31.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГУП «ВИМС».

Автореферат разослан: « ____ » _____ 2010 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Луговская И.Г.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Основой экономики России и других стран мира, гарантирующей стабильное и эффективное развитие других отраслей, является топливно-энергетический комплекс (ТЭК), включающий нефтегазовую промышленность. В свою очередь нефтегазовый комплекс (НГК) состоит из геологоразведочного, производственного, перерабатывающего и других секторов. Радиоактивные материалы и источники излучения широко используются в НГК, поэтому руководство предприятий НГК должно быть заинтересовано в охране здоровья персонала и населения на прилегающих территориях, а также в защите окружающей среды.

Именно облучение источниками ионизирующих излучений за счет естественных радионуклидов (ЕРН), а на его долю приходится примерно 65 % коллективной дозы облучения всего населения Земли, является особенно значимым при работах, проводимых в нефтегазовой промышленности и характеризующихся массовыми и хроническими последствиями облучения персонала предприятий, хотя и при низких уровнях индивидуального радиационного воздействия. В нефтегазовой отрасли основным дозообразующим видом деятельности является обращение с загрязненными радионуклидами оборудованием и радиоактивными отходами, содержащими ЕРН.

Отдельной важнейшей проблемой является исследование радиоактивного загрязнения окружающей среды техногенными радионуклидами (ТРН), образовавшимися вследствие использования в НГК так называемых «мирных» подземных ядерных взрывов для повышения интенсификации добычи нефти из скважин.

На настоящий момент нормативная база обеспечения радиационной безопасности в нефтегазовой отрасли находится в стадии разработки. Отсутствует ряд необходимых стандартов, методик контроля (МВК) и выполнения измерений (МВИ), слабо развит аппаратный комплекс. В условиях бесконтрольного поступления ЕРН и ТРН в окружающую среду за счет контакта с радиоактивным оборудованием и отходами в нефтегазовой промышленности радиационной опасности подвергаются сотни тысяч людей. Исследования по данной проблематике в НГК находятся в начальной стадии. Имеющиеся стандарты и правила не содержат требований по радиационной безопасности. Проектирование, сооружение, эксплуатация и вывод из эксплуатации объектов нефтегазодобычи и переработки осуществляются без учета радиационных факторов. Особенно важна эта проблема в свете разворачивающейся нефтегазодобычи на морском шельфе, о радиозэкологической безопасности которой нет никаких официальных данных. Совершенствование нормативного регулирования и создание системы радиационного и радиозэкологического контроля в ТЭК и НГК будет способствовать выведению России на уровень конкурентоспособности на мировом рынке.

Таким образом, проблема обеспечения радиационной безопасности в нефтегазовой отрасли является чрезвычайно актуальной и будет обостряться в перспективе в связи с нарастающими объемами добычи нефти и газа. Решение

этой проблемы позволит предупреждать и ограничивать неконтролируемое радиоактивное загрязнение окружающей среды.

Цель работы. Целью диссертационной работы является разработка научно-методических основ обеспечения радиоэкологической и радиационной безопасности на предприятиях нефтегазового комплекса, отвечающих безопасным условиям жизнедеятельности персонала и населения на прилегающих территориях на примерах ОАО «Ставрополь-нефтегаз», Соколовогорского промысла ОАО «Саратовнефтегаз», ОАО «Татнефть».

Решаемые задачи. В соответствии с поставленной целью определены основные задачи исследований:

1. Выявление механизмов накопления и перераспределения радионуклидов в геологической среде, оценка экологической опасности высокоактивных производственных отходов на примере отдельно взятых месторождений нефти и газа.

2. Оценка радиационных и радиоэкологических факторов воздействия на персонал и население на различных стадиях добычи и переработки нефти, в том числе при обращении с производственными отходами и закрытыми радионуклидными источниками.

3. Создание модели воздействия радиационных факторов на персонал при добыче нефти.

4. Моделирование миграции радионуклидов из мест хранения радиоактивных отходов и оценка доз облучения персонала.

5. Разработка аппаратно-методического комплекса контроля радиационной и радиоэкологической безопасности на объектах НГК и ТЭК.

6. Анализ современной нормативной базы в НГК России и выработка предложений по ее усовершенствованию.

7. Создание портативного комплекса радиационной информации и оценки радиационной обстановки на объектах НГК, в том числе тех, где использовались ядерные технологии.

8. Создание информационно-обучающих систем и электронных баз данных в области контроля радиационной и радиоэкологической обстановки на предприятиях топливно-энергетического комплекса.

Научная новизна.

1. Установлены закономерности образования и рассеяния в геологической среде высокоактивных производственных отходов в виде розливов пластовых вод и нефтешламов, заключающиеся в накоплении и миграции в почвах и приповерхностных водах высокотоксичных изотопов $^{226,228}\text{Ra}$, ^{228}Th , $^{222,220}\text{Rn}$, а на объектах подземных ядерных взрывов – ^{137}Cs , ^{90}Sr , при степени концентрирования до 10^6 .

2. Разработаны научно-методические основы оценки и обеспечения радиационно-экологической безопасности персонала и населения на объектах нефтегазового комплекса, в том числе при проведении геофизических исследований скважин с использованием радионуклидных источников.

3. Созданы модели воздействия естественных и техногенных радионуклидов на персонал радиационно опасного объекта, учитывающие

основные стадии производственного цикла при добыче нефти, в том числе хранение радиоактивных отходов.

4. Разработаны информационно-обучающие системы в виде электронных баз данных, позволяющие обеспечивать контроль радиационной и радиоэкологической безопасности на предприятиях НГК, включая техногенные объекты, образованные при подземных ядерных взрывах.

Практическая значимость. Выявлены радиационные факторы на всех технологических стадиях добычи нефти и созданы связанные с ними модели воздействия радионуклидов на персонал НГК. Определены наиболее опасные в радиационном отношении места для последующего контроля и отбора проб. Для сбора информации разработан портативный комплекс радиационной информации и оценки радиационной обстановки (ПКРИ и ОРО), который запатентован и внедрен в практику деятельности нефтегазовых предприятий России и предприятий, оказывающих им услуги: ОАО «РИТЭК» (ООО «РИТЭК-ЭНПЦ»), ЗАО «КВС Интернэшнл», ОАО «ЭНИЦ», ЗАО «НТЦ Экспертцентр», ООО «НПП «Доза», ООО «НТЦ Амплитуда». Электронные базы данных и учебные пособия апробированы и используются более чем на 150 предприятиях РФ.

Положения, выносимые на защиту.

1. Радиационная и радиоэкологическая опасность обращения с минеральным сырьем в нефтегазовом комплексе определяется образованием, концентрированием и рассеянием высокоактивных производственных отходов в виде твердых и вязких осадков, розливов пластовых вод и нефтешламов с накоплением высокотоксичных изотопов радия (226, 228, 224), тория (228), радона (222, 220) до 10^6 , что показано на примерах отдельных месторождений нефти и газа: ОАО «Ставропольнефтегаз», Соколовогорского промысла ОАО «Саратовнефтегаз», ОАО «Татнефть» и других.

2. На основе установленных особенностей миграции и перераспределения радионуклидов по технологическим ступеням и зонам производимых работ, условий образования и утилизации производственных радиоактивных отходов созданы модели воздействия естественных и техногенных радиационных факторов на персонал, население и окружающую среду в районах деятельности нефтегазодобывающих предприятий.

3. Обоснованы научно-методические критерии и разработан портативный аппаратный комплекс оценки и контроля радиационной обстановки как на природных объектах нефтегазодобычи, так и техногенных, образованных при подземных ядерных взрывах. Комплекс включает 8 информационно-обучающих систем и направлен на обеспечение радиационной и радиоэкологической безопасности.

Фактический материал и личный вклад. При написании диссертации использовался фактический материал, собранный автором в результате инспекционных проверок предприятий, командировок на объекты, выполнения контрольных измерений. Автором собрана статистика нарушений радиационной безопасности на объектах НГК, проведена систематизация материала и его анализ, выделены наиболее опасные места концентрации радионуклидов в технологических процессах и оборудовании, определены

радиационные факторы, подлежащие контролю с помощью созданного и запатентованного портативного комплекса радиационной информации и радиационной обстановки, созданы модели воздействия радионуклидов на персонал НГК.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались на Международной научной конференции «Глобальные проблемы безопасности современной энергетики» (Москва, 4-6 апреля 2006 г.), на X Международном совещании по проблемам прикладной спектрометрии и радиометрии (8-11 октября 2007 г., Московская обл., г. Колонтаево), на Международном семинаре «Спектрометрия ионизирующих излучений в промышленности и безопасности» (Минск, 14 мая 2010 года, Филиал БО РБИЦ РНИУП «Институт радиологии»).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 26 научных работ, в том числе 8 учебных пособий и 5 публикаций в журналах из перечня ВАК; также выпущено 9 электронных баз данных, имеющих свидетельства Роспатента.

Структура и объём работы. Диссертационная работа включает 165 страниц печатного текста, 12 рисунков и 32 таблицы. Библиографический список состоит из 110 наименований.

Благодарности. Автор выражает свою глубочайшую признательность своим учителям и коллегам В.Я. Реке, В.А. Снигирёву, А.Д. Гассельблату, Б.А. Чепенко, В.Е. Радченко, А.С. Баринову, А.О. Грубичу, И.А. Емельяненко, О.С. Казюкову, А.С. Нестерову, Л.Л. Семченко, В.И. Скугарову, В.П. Ярыне за их неоценимую помощь и доброжелательное сотрудничество. Автор благодарит своего научного руководителя А.Е. Бахура, сотрудников ФГУП «ВИМС» И.Г. Печенкина, В.И. Кузькина, Г.И. Россмана, И.В. Кузнецову, Т.М. Овсянникову, А.В. Стародубова, Д.М. Зуева за их внимание, консультации и поддержку.

1. Радиоактивные вещества и материалы на объектах нефтегазового комплекса и оценка радиационной и радиозэкологической безопасности

Связь повышенных концентраций естественных радионуклидов с нефтяными месторождениями известна с начала XX века, когда радий добывался из пластовых вод Ухтинских нефтепромыслов (Кичигин А.И., 2004). В России достаточно широко проявлены месторождения уран-битумного типа с выделением настурана и коффинита. В добываемой эмульсии тяжелых нефтей может быть повышено содержание тория и урана.

В настоящее время добыча и последующая переработка нефти и газа сопровождаются эмиссией в окружающую среду большого количества ЕРН и ТРН, а также их последующим концентрированием и перераспределением (Россман Г.И., 2010). Так, в Республике Казахстан из 76 хранилищ радиоактивных отходов неурановых горнодобывающих и перерабатывающих предприятий 57 связаны с нефтяными и газовыми промыслами. Радиоактивность участков загрязнения на них превышает 100 мкР/час. Масса отходов на этих нефтепромыслах составляет 1,57 млн. тонн с активностью $1,92 \times 10^{13}$ Бк. На Ставрополье сброс технологических вод на поля испарения и

фильтрации, прорывы нефте- и водопроводов стали источником загрязнения значительных территорий (п 100 га). Мощность экспозиционной дозы (МЭД) на загрязненных участках составляет 100-1000 мкР/ч, достигая уровня 3000 мкР/ч в местах очистки оборудования. Нефтепромыслы фиксируются аэрогамма-съемкой масштаба 1:50 000 с выделением отдельных объектов: складов списанного оборудования, отстойников, пунктов сбора нефти. Объемная активность водонефтяной смеси, поступающей на поверхность, составляет по ^{226}Ra – 10 Бк/дм³, по ^{228}Ra – 14 Бк/дм³ (Россман Г.И., 2010). При очистке резервуаров и отстойников, и перемещении нефтешламов на площадки хранения, образуются участки радиоактивного загрязнения с превышением МЭД над фоном до 200 мкР/ч. Объемная активность $^{222,220}\text{Rn}$ в грунте таких участков достигает $500 - 2 \times 10^4$ кБк/м³ при среднем фоне 15 кБк/м³.

В качестве характерного примера загрязнения окружающей среды можно привести Соколовогорский промысел ОАО «Саратовнефтегаз», находящийся в черте г. Саратова. В 1998 г. здесь выявлено наличие радиоактивного шлама внутри резервуаров-сепараторов, на внешней поверхности которых уровень гамма-излучения составил 500 мкР/ч, что в 50 раз превышает уровень естественного радиоактивного фона. Однако в хранилище отходов, удаляемых из резервуаров, радиоактивных веществ обнаружено не было, что свидетельствует о неконтролируемом рассеянии ЕРН в окружающей среде.

В ряде регионов находятся объекты НГК, где в целях интенсификации добычи нефти, газа и создания подземных хранилищ, были проведены подземные ядерные взрывы: «Грифон», «Гелий», «Бутан», «Лири» и др. Эти так называемые «мирные ядерные взрывы» также интенсивно воздействовали и до сих пор воздействуют на окружающую среду.

Наиболее значимы проявления естественных и техногенных радиационных факторов в Волго-Уральской, Прикаспийской, Предкавказской и Западно-Сибирской нефтегазоносных провинциях (Закиров Х.Н., 2008). Эти регионы характеризуются высокой плотностью населения, значительными техногенными нагрузками, слабой защищенностью подземных вод и высокими содержаниями ЕРН в воде. Всего в отраслях ТЭК имеется около 130 лицензированных или подлежащих лицензированию радиационно опасных объектов (РОО). Выборочные радиоэкологические и радиационные исследования нефтедобывающих предприятий были проведены нами в Ставропольском и Краснодарском краях, Оренбургской, Пермской, Самарской, Саратовской областях и Республике Татарстан (табл. 1). По этим данным удельные активности (УА) отложений и осадков, образующихся на нефтедобывающем оборудовании, достигают 117 кБк/кг, а максимальные величины МЭД дозы гамма-излучения на многих предприятиях в несколько раз превышают нормативы, принятые для рабочих мест персонала «неатомных» отраслей (380 мкР/ч). На некоторых объектах нефтегазодобычи обнаружены значительные количества радиоактивного ^{137}Cs (ОАО «Пермнефть» – 11,8 кБк/кг, ОАО «Саратовнефтегаз» – 53 Бк/кг). Появление техногенного ^{137}Cs в пластовой воде Осинского месторождения является результатом проведенных ранее подземных ядерных взрывов.

Высокие значения активностей ^{137}Cs , ^{90}Sr и $^{239,240}\text{Pu}$ обнаружены на территории объекта «Ли́ра» (Казахстан) в пойме р. Березовка, что объясняется выходом инертных газов в результате ядерного взрыва на объекте ТК-2 и частичным загрязнением территории в процессе технической деятельности при освоении объекта (Солодухин В.П., 2009). Пластовые воды месторождений также загрязняются ТРН (Бахур А.Е. и др., 2005).

Содержание ^{222}Rn в природном газе, добываемом в РФ, варьирует от 0,1 до 1,2 кБк/м³.

Таблица 1

Параметры радиоактивного загрязнения оборудования на некоторых предприятиях НГК

Предприятие	Максимальная активность отложений, Бк/кг				Мощность эквивалентной дозы, мкР/ч	
	^{226}Ra	^{228}Ra	^{40}K	^{137}Cs	Средняя	Максимальная
ОАО «Оренбургнефтегаз»	не анализировали				120	990
ОАО «Лукойл-Пермнефть»	52000	24000	540	-	330	670
НГДУ «Чернушканефть»						
НГДУ «Осинское»	140	30	380	11800	50	150
ОАО «Самаранефтегаз»	не анализировали				1500	8670
ОАО «Саратовнефтегаз»	8200	1700	400	53	210	730
ОАО «Ставропольнефтегаз»	115000	81500	2100	-	380	>3000
ОАО «Татнефть»	117000	3900	220	-	6	300

МЭД гамма-излучения на некоторых объектах газодобычи в 2-4 раза превышает допустимый уровень 250 мкР/час. Особую опасность при газодобыче представляют ремонт и профилактические работы на предприятиях по первичной подготовке газа при вскрытии различного оборудования, так как в этом случае персонал непосредственно контактирует с поверхностями оборудования, загрязненного альфа- и бета-излучающими радионуклидами. Серьезную проблему представляет закрытие подземных емкостей-резервуаров, созданных ядерно-взрывной технологией, например, на Астраханском газоконденсатном месторождении (объект «Вега»), в Оренбургской области (объекты «Магистраль», «Сапфир»).

Естественные и техногенные радионуклиды (ЕРН и ТРН). Типичная концентрация ^{226}Ra для вод нефтяных месторождений составляет $(3-8) \times 10^{-11} \%$, наибольшая отмечена в водах Ново-Грозненского района – $1,83 \times 10^{-8} \%$. Эти воды обычно обогащены изотопами $^{226,228,224}\text{Ra}$ в 10^2-10^4 раз по сравнению с сульфатными и гидрокарбонатными водами. По данным Ю.А. Щуколюкова (1992 г.) концентрации $^{228,230}\text{Th}$ в таких водах могут превышать фон более чем в 100 раз. Подземные воды отдельных нефтеносных провинций могут считаться самостоятельным минеральным сырьем для добычи радия (Вдовенко В.М., Дубасов Ю.В., 1973). ЕРН накапливаются в нефтяных и газовых производственных отходах, когда в технологических процессах растворенные изотопы Ra поднимаются на дневную поверхность с промысловыми водами.

Одной из главных особенностей загрязнения геологической среды в НГК является то, что горные породы, вмещающие месторождения, содержат

материнские радионуклиды (U, Th) в радиоактивном равновесии с ДПР, но при добыче нефти и газа на поверхность извлекаются только дочерние радионуклиды ($^{226,228,224}\text{Ra}$, ^{228}Th , $^{222,220}\text{Rn}$, ^{210}Pb , ^{210}Po), значительно более радиотоксичные, чем материнские. Основными дозообразующими радионуклидами при добыче нефти являются изотопы радия и тория ($^{226,228,224}\text{Ra}$, ^{228}Th), а при добыче газа – изотопы радона, свинца и полония ($^{222,220}\text{Rn}$, ^{210}Pb , ^{210}Po).

Накопление естественных радионуклидов в отходах во многом определяется их химическими свойствами, способами добычи, транспортировки и очистки сырья, длительностью производства. Для Ra химический состав сырья определяет формы его нахождения в растворе. В общем случае растворимость Ra в воде возрастает с увеличением ее минерализации и при наличии высокого или низкого уровня рН. Выпадение Ra в осадок возрастает с уменьшением температуры и давления при поднятии добываемого сырья из недр на поверхность. Процессы извлечения сырья с использованием воды, пара, а также химических добавок и процессы очистки могут влиять на уменьшение или увеличение выпадения осадка и подвижность Ra. Наибольшее количество Ra выносятся с промышленными водами, и увеличение их объема, что характерно для старых месторождений, способствует увеличению содержания ЕРН в образующихся отходах. Растворенные изотопы Ra в зависимости от физико-химических условий образуют соли, соосаждаясь с солями натрия, калия и бария, формируя осадки различной плотности. При этом твердые осадки обнаруживаются практически на всех видах бурового оборудования, насосно-компрессорных трубах и различных трубопроводах. Вязкие осадки могут образовываться в резервуарах, фильтрах, сепараторах, подогревателях и другом оборудовании. Такие твердые и вязкие осадки обычно относят к шламам. Наибольшая концентрация Ra обычно обнаруживается в твердых осадках. Эти соли представляют собой прочные нерастворимые отложения внутри труб, фильтров, стволов скважин и другого водопроводящего оборудования. Активность Ra при этом достигает $n \times 10^3$ кБк/кг. Максимальные значения зафиксированы в штате Мичиган: от 2812 кБк/кг до 5883 кБк/кг по ^{226}Ra . Осыпи твердых осадков с труб и оборудования, а также жидкости после их промывки могут образовывать сыпучие и жидкие радиоактивные отходы. Формирование и накопление твердых осадков, содержащих Ra, обуславливает возникновение еще одной проблемы – эманирования радиоактивных газов.

Вязкие осадки, содержащие ЕРН, состоят из тяжелых углеводородов, плотных эмульсий и незначительных включений продуктов коррозии и твердых осадков, которые в виде суспензии оседают на оборудовании. Накопление ЕРН в виде вязких осадков происходит при совместном осаждении Ra с силикатами и карбонатами в трубах, сепараторах, подогревателях, очистителях, резервуарах и другом оборудовании, проводящем промышленную воду. По данным Министерства энергетики США обычно концентрация Ra в таких осадках не превышает 11 кБк/кг, хотя в штате Мичиган зафиксирована УА ^{226}Ra 244 кБк/кг (Шрамченко А.Д., Чепенко Б.А., 2000). Вследствие рыхлой структуры и высокой проницаемости вязких осадков коэффициент эманирования ^{222}Rn в них достигает 22 %.

Ra и другие ЕРН, находящиеся в растворенном состоянии, обычно сбрасываются с промышленной водой. Примерно 91 % промышленной воды снова закачивается в скважины для повышения продуктивности или же в специальные скважины для захоронения, оставшиеся 9 % промышленных вод сбрасываются на земную поверхность или в открытые водные источники. Изучение концентраций изотопов Ra в промышленной воде, сбрасываемой в Мексиканский залив, дает общую среднюю величину $19,94 \text{ Бк/дм}^3$ по $^{226+228}\text{Ra}$. При прибрежной и морской добыче нефти большая часть промышленной воды сбрасывается в прилегающие воды. Промышленное оборудование, непосредственно контактирующее с промышленной водой, может содержать большое количество ЕРН и ТРН, и его выведение из эксплуатации создает дополнительные проблемы, так как требует радиационного контроля, оценки, дезактивации и возможного захоронения в качестве РАО. Производственное оборудование в газовой отрасли на внутренних поверхностях может быть покрыто тонкими пленками ^{210}Pb (дочерний продукт распада ^{222}Rn). В свою очередь ^{210}Pb распадается, образуя ^{210}Bi и высокоактивный радиотоксичный альфа-излучающий изотоп ^{210}Po . Дозиметрическое обнаружение ^{210}Pb в промышленном оборудовании является сложной задачей ввиду его ядерно-физических характеристик. По данным Арагонской Национальной лаборатории ОА Рп в природном газе может достигать $5,6 \times 10^4 \text{ Бк/м}^3$. Конденсаты, экстрагированные из натурального газа в жидком виде, содержат значительные количества ^{222}Rn и ^{210}Pb . В шламе и в отложениях стабильного свинца УА ^{210}Pb достигает $n \times 10^6 \text{ Бк/кг}$. По данным Е.И. Крапивского и др. (2002 г.) общее количество отходов оценивается в пределах до 200 млн. тонн. Большинство из них хранится в открытом виде.

Рассмотрим некоторые особенности объектов НГК, обрабатываемых с использованием ядерно-взрывных технологий. Так, парк подземных емкостей объекта «Вега» был создан в предполагаемом контуре Астраханского газоконденсатного месторождения, позднее часть подземных емкостей была заполнена газовым конденсатом и продуктами продувки скважин. В настоящее время УА ^{137}Cs в грунтах на прилегающей территории достигает 250 кБк/кг , то есть выше уровня отнесения к РАО, при этом МЭД составляет 120 мкР/час .

Следует отметить, что ядерные взрывы проводились не только на известных полигонах, но и в более чем 100 других испытательных пунктах, многие из которых использовались многократно. Опубликованная информация об уровнях активности, радионуклидном составе радиоактивных веществ, конфигурации и размерах сформированных взрывами подземных полостей, проницаемости их стенок на настоящий момент крайне скудна (Яблоков А.В., 2009). При взрывах образуются родственной биоте ^{14}C и чрезвычайно подвижный ^3H . Везде, где были проведены исследования, ^3H обнаруживался в сотнях метров от боевых скважин. Наличие водных потоков, перемещающихся по зонам глубинных разломов, то есть в областях, где в основном проводились ядерные взрывы (глубины порядка 1000 м), со скоростью от n до $n \times 10^2 \text{ м/год}$, способствует интенсивному выносу и перераспределению радиоактивных элементов. Это касается средне- и долгоживущих радионуклидов, которые в «благоприятных» условиях могут мигрировать на сотни километров от области взрыва.

Общая активность образованных при взрывах рН уменьшится до сравнительно безопасных значений лишь через 500 лет. Следует отметить, что радиоактивное загрязнение долгоживущими радионуклидами (^{129}I , $^{239+240}\text{Pu}$, ^{14}C) останется в местах проведения «мирных» ядерных взрывов практически навсегда.

На других объектах ТЭК, таких как добыча и переработка угля, торфа, объектах электроэнергетики, также происходит концентрирование ЕРН и поступление их в сферу жизнедеятельности человека. Так, уровни радиоактивного загрязнения регенерата из фильтров водоочистки на ТЭЦ-3 г. Твери достигали по ^{226}Ra почти 1000 кБк/кг, что соответствует РАО средней активности. В процессе эксплуатации объекта АООТ «Ставропольэнерго» было произведено концентрирование ЕРН в амбарах на Каясулинском геотермальном полигоне, при этом уровни МЭД достигали 490 мкР/ч, загрязнение осадков по УА альфа-излучающих рН составляло 577 кБк/кг. Объемы пластовой воды значительно различаются между производственными установками и в течение времени разработки месторождения. Эмиссия радионуклидов в НГК осуществляется по нескольким направлениям: перемещение с промышленными сточными водами на полигоны захоронения вблизи поверхности – по региону $n \times 10^6$ м³/год; миграция при сбросах на поверхность земли и в водные источники; миграция при протечках промышленных трубопроводов; миграция из мест организованного хранения (земляных амбаров, шламонакопителей, отстойников и т.д.); вынос в виде остаточного содержания в продукции (нефть, газ, битум); аэрозольные выбросы (через факелы и т.п.). Персонал и население на объектах НГК подвергаются облучению, связанному с наличием ЕРН и ТРН, различными путями. Внешнее гамма-облучение возможно при высокой активности радионуклидов на внутренних и внешних поверхностях оборудования, при извлечении осадков и работе с радионуклидными источниками (геофизические исследования скважин и др.). Вдыхание пыли, бета-облучение кожи и органов зрения происходят при контакте с осадками в открытом виде. Риск для работников возрастает при дезактивации оборудования и захоронении радиоактивных отходов. Общий риск для населения обусловлен вдыханием Rn, потреблением загрязненной воды и пищи. Неправильное захоронение РАО, содержащих ЕРН, а также их концентрирование в окружающей среде, связанное с разливами промышленных вод, нефтешламов, рассеянием твердых отходов и другими процессами, могут приводить к загрязнению воды и почвы и вызывать увеличение концентраций Rn в помещениях. Повышается индивидуальный риск для здоровья тех людей, которые на протяжении жизни потребляют значительное количество морепродуктов, добытых вблизи мест сброса промышленных вод.

Таким образом, радиационная и радиоэкологическая опасность обращения с минеральным сырьем в НГК определяется образованием, концентрированием и рассеянием высокоактивных производственных отходов в виде твердых и вязких осадков, разливов пластовых вод и нефтешламов с накоплением высокотоксичных изотопов радия, тория, радона до 10^6 , что показано на примерах Соколовогорского промысла ОАО «Саратовнефтегаз», ОАО «Татнефть», ОАО «Ставропольнефтегаз» и других.

2. Моделирование воздействия радиационных факторов на персонал и население на объектах нефтегазового комплекса

В настоящее время технологии обеспечения радиационной безопасности на предприятиях НГК не учитывают ряд радиационно опасных факторов. Так, на нефтегазовых месторождениях Ставропольского края проблема обеспечения радиационной безопасности стала особенно актуальной после увеличения обводненности добываемой продукции при переходе месторождений на III и IV стадии разработки. Первые исследования по оценке радиационно-экологической обстановки на территории ОАО «Роснефть-Ставропольнефтегаз» были выполнены в 1991 г.

На предприятии выделено 10 радиационно опасных объектов: четыре цеха по добыче нефти и газа, цех поддержания пластового давления, база производственного обеспечения, Нефтекумское управление по переработке нефти и газа и др. Радиационная опасность обусловлена наличием природных источников ионизирующего излучения в виде отложений солей, содержащих ЕРН. После организации в 1994 г. центральной СРБ были начаты работы по радиометрическому обследованию всех объектов в структурных подразделениях ОАО «Роснефть-Ставропольнефтегаз». Обследовались не только узлы действующего оборудования, но и все трубы, которые использовались при изготовлении различных вспомогательных конструкций. С целью исключения необоснованного облучения персонала от вспомогательного оборудования и конструкций было изъято и передано на хранение на специализированную площадку более 100 т различного оборудования и фрагментов обвязки. Увеличение объемов капитального ремонта скважин привело к заметному увеличению поступления загрязненных труб на площадку.

К концу 2001 г. на площадке находилось 75 тыс. труб и более 2000 различных патрубков и муфт, а к концу 2005 г. – уже свыше 97 тысяч единиц оборудования с отложениями солей ЕРН общим объемом почти 9200 м^3 и суммарной активностью свыше $3,5 \times 10^{10}$ Бк. Очистка и дезактивация оборудования привела к образованию радиоактивных отходов: только за период с апреля 2000 г. по сентябрь 2001 г. было очищено почти 2800 труб и получено 13,5 т радиоактивных солей. За это же время было захоронено почти 12 тонн РАО. При средней эффективной УА солей 130 кБк/кг суммарная активность всего объема захоронения составила $1,6 \times 10^9$ Бк.

Другой важнейшей проблемой на предприятии являлся сброс промышленной сточной воды на поля испарения. Так, в 2000 г. на поля испарения после процесса обезвоживания и обессоливания нефти было сброшено $9 \times 10^5 \text{ м}^3$ сточной воды, в которой концентрация ^{226}Ra составила $0,8 \text{ Бк/дм}^3$. Растворенный ^{226}Ra в изменяющихся физико-химических условиях осаждается на дно полей испарения, что приводит к радиоактивному загрязнению последних и формированию техногенных концентраций ЕРН. Повышение объемов закачки воды в геологические пласты приводит, с одной стороны, к сокращению площадей полей испарения, а с другой стороны – к высыханию

отдельных карт и созданию условий пылевого и газоаэрозольного рассеяния ЕРН (Река В.Я. и др., 2007).

Из 320 га сухих полей испарения около 20 % являются радиоактивно загрязненными. Мощность дозы гамма-излучения здесь составляет 0,5–1,5 мкЗв/ч, достигая в отдельных точках 4–6 мкЗв/ч, в тех случаях, когда грунт относится к категории РАО. Эффективная УА грунта достигала 5-10 кБк/кг. Десятилетиями остаются неочищенными и нерекультивируемыми большие площадные радиоактивные загрязнения местности в регионах нефтегазодобычи, что приводит к постоянному негативному радиационному воздействию на людей и биосферу. Например, на территории нефтепромыслов Ставрополя масштабы этих загрязнений были столь велики, что они фиксировались мелкомасштабной аэрогамма-съемкой, на которой выявлялись такие отдельные объекты радиоактивного загрязнения, как склады списанного оборудования, отстойники, пункты сбора нефти, поля испарения сбрасываемой пластовой воды. Это приводит к эрозионному и ветровому переносу ПРН на сельскохозяйственные угодья и населенные пункты территории не только Ставрополя, но и Кубани.

В начале эксплуатации месторождений ООО «Лукойл-Нижневожскнефть» концентрации ЕРН в исходной пластовой воде не представляли серьезной опасности. Однако при дальнейшей добыче нефти ряд процессов и явлений привел к концентрированию ЕРН и ТРН в составе нефтешламов в различных емкостях и на оборудовании, а также в виде отложений на внутренней поверхности трубопроводов, насосов и арматуры. Начатые в 1993 г. исследования обнаружили радиоактивное загрязнение некоторых производственных объектов. В 1999 – 2000 гг. были получены данные по загрязнению нефтяного флюида ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K , а также ^{137}Cs .

Как правило, радиационный контроль и мониторинг включают только три составляющие: определение гамма-фона, плотности потока R_n с поверхности и содержания изотопов R_n в воздухе помещений. При обследовании технологического оборудования не проводят измерений уровней загрязнения поверхностей альфа- и бета-излучающими радионуклидами, что является серьезной ошибкой, так как при дальнейшем расчете доз облучения персонала ингаляционное поступление этих радионуклидов, в число которых может входить высокотоксичный ^{210}Po , не будет учтено.

Предложенные автором модели воздействия радиационных и радиэкологических факторов на персонал нефтедобывающих предприятий позволили учесть указанные проблемы НГК и установленные закономерности миграции и перераспределения радионуклидов в технологических процессах, включая обращение с РАО. Согласно теоретической модели, процесс добычи нефти можно условно разделить на несколько последовательных ступеней, отнесенных к соответствующим зонам производимых работ и связанных с воздействием различных радиационных факторов (рис. 1).

Смесь нефти, газа и пластовой воды, откачиваемая из скважин (зона А), поступает на сборные пункты нефти, где происходит первичное многоступенчатое разделение перечисленных компонентов за счет отстаивания в буллитах и резервуарах (зоны Б, В, Г). Попутный газ по трубопроводу

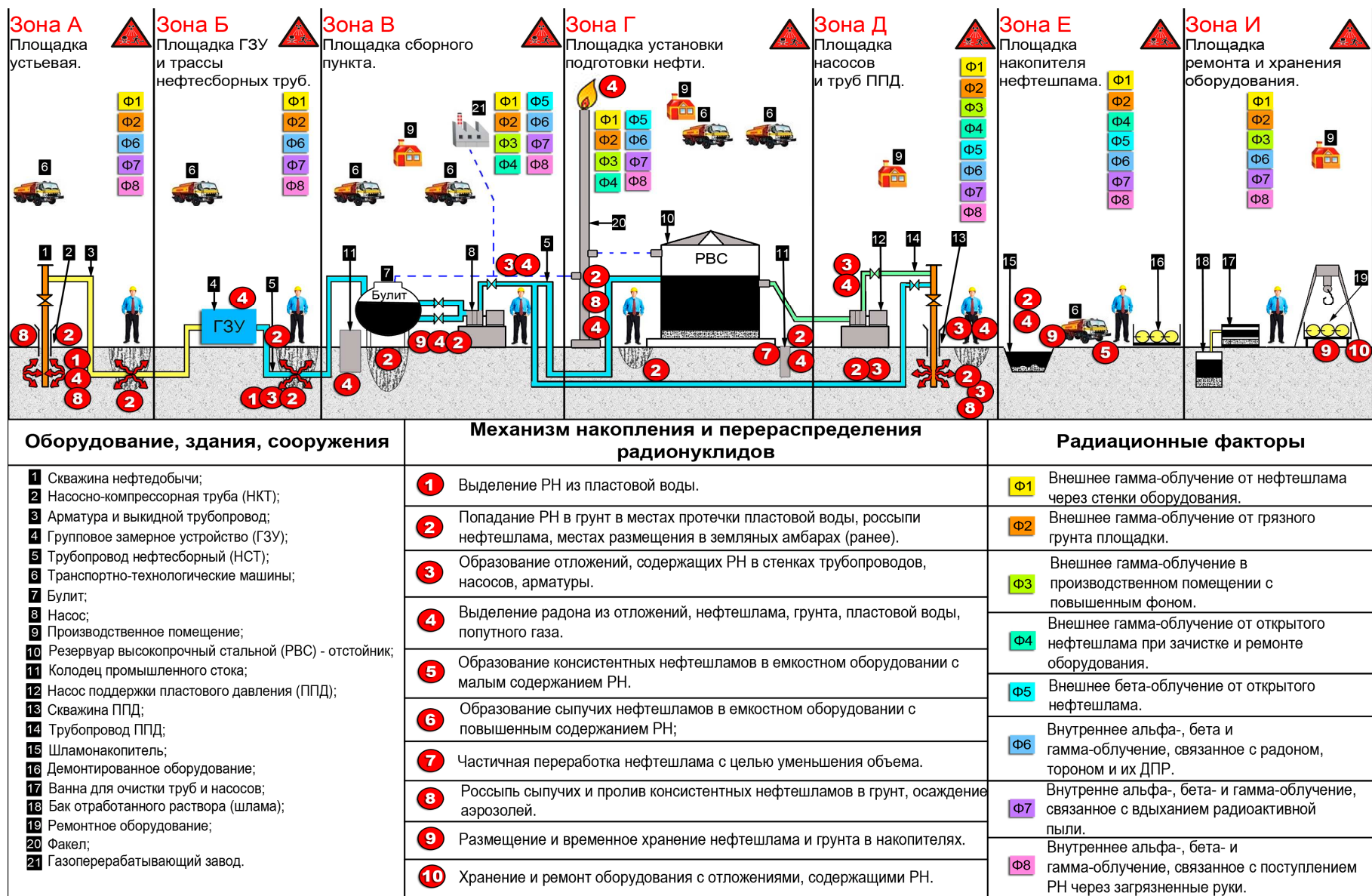


Рис. 1. Технологические ступени добычи нефти и связанные с ними модели воздействия радионуклидов на персонал НГК

направляется на газоперерабатывающий завод. Отделяемая пластовая вода через специальные скважины закачивается обратно в пласт для поддержки пластового давления (зона Д). В каждом буллите и резервуаре из пластовой воды и нефти оседают тонкодисперсные частицы, составляющие нефтешлам, который после зачистки оборудования временно складывается на площадках-накопителях (зона Е). Буллиты непрерывно эксплуатируются в течение 2 – 3 лет, после чего отключаются от схемы и очищаются от накопившегося нефтешлама. Очистка резервуаров от нефтешлама производится через каждые 5 – 7 лет непрерывной работы. В зависимости от соотношения органической и минеральной фаз плотность нефтешлама может колебаться от 1,5 до 3 т/м³. В процессе накопления в буллитах, резервуарах и хранилищах нефтешлам расслаивается с выделением органической составляющей в верхней его части, а радионуклиды концентрируются в минеральной части (нижние слои). Минеральная часть расслоенного нефтешлама разделяется на четыре класса. Наиболее обогащенный радионуклидами нефтешлам 4 класса может быть использован для извлечения редких и радиоактивных элементов и хранится, как правило, в закрытых секциях площадки-накопителя. Нефтешлам 1, 2 и 3 классов в соответствии с требованиями НРБ-99/2009 может применяться в качестве строительного материала и хранится обычно в открытых секциях. В дальнейшем расслоенный нефтешлам может быть использован для получения полезных продуктов: парафина, битума, асфальтенов, редких и радиоактивных элементов.

Ремонт и хранение оборудования осуществляется на специальных площадках (зона И). При этом насосы и трубы с накопившимся в них нефтешламом сортируются после радиационного контроля, и загрязненное выше контрольного уровня оборудование герметизируется заглушками для предотвращения высыпания радиоактивного нефтешлама и вывозится в накопитель для очистки (деактивации) от радионуклидов.

С учетом предложенной модели воздействия радиационных и радиоэкологических факторов на персонал предприятий НГК должна производиться оценка всех указанных факторов Ф1 – Ф8 в зонах А – И. Суточное поступление радиоактивных веществ в буллиты и резервуары может быть оценено с помощью следующей формулы [кБк/сут]:

$$A = \frac{P_1 \cdot M \cdot C}{P_2},$$

где P_1 – текущий расход пластовой воды, м³/сут;

P_2 – общий расход пластовой воды за время работы до предыдущей выгрузки нефтешлама, м³;

M – масса нефтешлама, выгруженного в предыдущую остановку, кг;

C – удельная эффективная активность радионуклидов в выгруженном в предыдущую остановку нефтешламе, кБк/кг.

Важной задачей при оценке радиационной и радиоэкологической безопасности хранения РАО является прогнозирование миграции радионуклидов в окружающую среду. Комплекс исследований при этом в общем виде включает: бурение разведочных и наблюдательных скважин для

изучения радиометрических и гидрогеологических параметров вмещающих пород; получение фильтрационных свойств вмещающих пород в естественных условиях; проведение радиохимического анализа проб воды; изучение в лабораторных условиях взаимодействия реальных радиоактивных растворов с реальными вмещающими породами в статических условиях и в динамике (с использованием фильтрационных или диффузионных моделей); проведение полевых исследований для определения защитных свойств геологических барьеров.

В качестве 4 принципов безопасности хранилищ РАО следует считать:

1. Принцип независимости безопасности от контроля: изоляция отходов от окружающей среды после снятия активного контроля не должна зависеть от воздействий будущих поколений на целостность системы захоронения.

2. Принцип воздействия на будущие поколения: обращение с РАО должно быть таким, чтобы предсказуемое воздействие на здоровье будущих поколений не превышало установленных в настоящее время уровней; расчетные значения воздействия после закрытия объекта должны иметь дозовые ограничения.

3. Принцип оптимизации: радиологическое воздействие на население, которое может быть вызвано захоронением отходов, должно быть настолько низким, насколько это возможно с учетом экономических и социальных факторов.

4. Принцип стандартов радиологической защиты: оцененное радиологическое воздействие на население должно соответствовать дозовым ограничениям. На практике и по экспертным оценкам срок службы инженерных барьеров (период, в течение которого они выполняют свои защитные функции) для цементной матрицы составляет 15 лет, для фундамента и стен монолитной конструкции – 150 лет, для гидроизоляции – 5 лет.

Необходимо учитывать также, что в результате деятельности человека в процессе проектирования, эксплуатации или консервации хранилища могут произойти события, влияющие на срок службы его инженерных барьеров (Река В.Я. и др., 2006). Анализ экспериментальных данных показывает, что инженерные барьеры могут удерживать радионуклиды от выноса в окружающую среду, как минимум, 74 года (в отсутствие буферного заполнителя и цементации), а при более благоприятных условиях – свыше 150 лет.

Таким образом, на основе установленных особенностей миграции и перераспределения радионуклидов по технологическим ступеням и зонам производимых работ, условий образования и утилизации производственных радиоактивных отходов созданы модели воздействия естественных и техногенных радиационных факторов на персонал, население и окружающую среду в районах деятельности нефтегазодобывающих предприятий.

3. Разработка комплекса мероприятий по обеспечению радиационной безопасности на объектах НГК, создание информационно-обучающих систем и портативного комплекса радиационной информации и оценки радиационной обстановки

Исходя из практических условий и возможностей предприятий, представленных выше теоретических моделей, основных задач и объектов контроля, автором предлагается следующий аппаратно-методический комплекс, нацеленный на получение достоверных и объективных результатов оценки радиационной и радиоэкологической ситуации на предприятиях НГК, ее прогнозирования и создания системы мероприятий по обеспечению радиационной и радиоэкологической безопасности.

Объем контроля радиационной обстановки на объектах должен включать: определение основных радиационно опасных факторов и сопоставление их с контрольными уровнями; проверку мест временного хранения нефтешламов, содержащих значительное количество летучих органических веществ (измерение потока радона); проверку радиационной обстановки в местах временного хранения и ремонта оборудования; проверку совместимости по химическому составу закачиваемой в скважины воды с пластовой водой; получение данных по радионуклидному составу и удельной активности нефти, газа, пластовой воды, отложений на насосно-компрессорных трубах; документальную проверку отсутствия источников ионизирующих излучений и радиоактивных веществ во вновь пробуренных скважинах при выполнении геофизических работ; проверку радиационной обстановки в районе земляных амбаров при сбросе пластовой воды на земную поверхность и др. Места измерений радиационно опасных факторов **в нефтегазодобывающем управлении** определяются согласно предложенной модели. Прямыми измерениями определяются следующие факторы: 1. внешнее гамма-излучение от нефтедобывающего и перерабатывающего оборудования через его стенки; 2. внешнее гамма-излучение от загрязненного нефтью грунта площадки; 3. внешнее гамма-излучение в производственном помещении с повышенным фоном; 4. внешнее гамма-излучение от открытого нефтешлама, радиобаритных отложений при зачистке и ремонте оборудования; 5. внешнее бета-излучение от открытого нефтешлама и радиобаритных отложений; 6. внутреннее альфа-, бета- и гамма-облучение персонала от $^{222,220}\text{Rn}$ и их ДПР персонала; 7. внутреннее альфа-, бета- и гамма-облучение персонала от вдыхаемой пыли; 8. внутреннее альфа-, бета- и гамма-облучение персонала РН через загрязненные руки; 9. уровни альфа- и бета-излучения от внутренних поверхностей оборудования при его вскрытии.

Наиболее значимыми факторами радиоэкологического воздействия НГК на геологическую среду и население являются: 1) Утечка или пролив загрязненных пластовых вод могут повлечь за собой формирование радиоактивных техногенных ореолов в почвах и поступление радионуклидов в поверхностные, грунтовые и подземные воды, используемые для хозяйственно-питьевых целей. 2) В районах проведения подземных ядерных взрывов в мирных целях загрязнение геологической среды определяется миграцией долгоживущих осколочных продуктов деления (^{90}Sr , ^{137}Cs) и трансурановых элементов (^{238}Pu , ^{239}Pu ,

^{240}Pu , ^{241}Pu , ^{241}Am) с подземными водами. 3) Промысловые радиоактивные воды перемещаются в полигоны захоронения, обычно располагающиеся выше продуктивного горизонта на 1 – 2 км. Эта операция приближает к дневной поверхности значительные количества радионуклидов, и в случае связи с верхними водоносными горизонтами может загрязнить источники водопользования различного назначения: минеральные, лечебные, хозяйственные, питьевые, технические. 4) На нефтегазовых месторождениях отдельные залежи могут быть приурочены к структурам с естественными аномалиями: урановым оруденением, радиевой и ториевой минерализацией вод, разрывными нарушениями, которые могут в процессе добычи нефти и газа инициировать активное поступление радионуклидов на дневную поверхность. 5) Миграция радионуклидов из мест протечек и разгерметизации промысловых трубопроводов, прокладываемых на глубине 1,5÷2 м, приводит к загрязнению зоны аэрации и верхних водоносных горизонтов. 6) Пылевое и газоаэрозольное рассеяние радионуклидов с высыхающих полей испарения и отдельных карт.

Места измерений радиационных и радиозоологических факторов при добыче природного газа включают: насосы для откачки жидкостей из башен; компрессоры; криогенное оборудование; осушители; продуктовые башни и колонны; скрубберы, сепараторы и др. Прямыми измерениями определяются следующие факторы: 1. внешнее гамма-излучение от газодобывающего и перерабатывающего оборудования через его стенки; 2. внешнее гамма-излучение от загрязненного грунта площадки; 3. внешнее гамма-излучение в производственном помещении с повышенным фоном; 4. внешнее гамма-излучение от открытых отложений при зачистке и ремонте оборудования; 5. внешнее бета-излучение от вскрытого оборудования; 6. внутреннее альфа-, бета- и гамма-облучение $^{222,220}\text{Rn}$ и их ДПР персонала; 7. внутреннее альфа-, бета- и гамма-облучение персонала радионуклидами от вдыхаемой пыли; 8. внутреннее альфа-, бета- и гамма-облучение персонала радионуклидами через загрязненные руки; 9. уровни альфа- и бета- излучения от внутренних поверхностей оборудования при его вскрытии; 10. удельная альфа- и бета-активность отложений на внутренних поверхностях газового оборудования. Определяется также удельная активность ^{210}Po и ^{210}Pb .

Методики выполнения измерений и радиационного контроля должны разрабатываться для каждого предприятия НГК в отдельности, с учетом его специфики. Так, в работе приведены методики дозиметрического контроля, включая контроль территорий и производственных отходов, для конкретных объектов нефтедобывающего предприятия ОАО «Самаранефтегаз». С учетом этого опыта и согласно рекомендациям Международной комиссии по радиационным единицам и измерениям, надо отметить, что имеющиеся на предприятиях в настоящее время методики должны быть пересмотрены и уточнены с использованием международной системы операционных величин для внешнего излучения, опирающейся на понятия поглощенной дозы и коэффициента качества излучения, а также современных подходов к оценке неопределенности результатов измерений. Помимо дозиметрии и соответствующего аппаратного комплекса рассмотренные методики контроля должны включать способы отбора проб, спектрометрические, радиохимические и другие методы, подробно изложен-

ные, например, в работах А.Е. Бахура (2008 г.), И.А. Соболева и Е.Н. Беляева (2002 г.).

Методологически не обеспечены вопросы оценки доз для лиц из числа населения, использующих личные колодцы, скважины, или проживающих в районе действующих объектов НГК и на реабилитированных территориях. Соответственно для этих целей последовательно необходима разработка нормативных документов: от методик НГК до внесения предложений в Федеральный закон «О радиоактивных отходах». На этой основе создан аппаратурно-методический комплекс контроля радиационной и радиоэкологической безопасности и обоснована система мероприятий по ее обеспечению.

Необходим также полный переход на международный стандарт в современной аппаратуре, при этом назначение приборов может быть как узконаправленным, так и предполагать возможность решения целого ряда задач.

Обеспечение безопасности персонала нефтегазового комплекса и населения на прилегающих территориях с учетом интересов будущих поколений является основной задачей комплексного радиационного и радиоэкологического контроля любого предприятия, относящегося к нефтегазовому комплексу или ТЭК в целом. В настоящее время имеется ряд проблем, в том числе освещенных выше, связанных с аппаратурным и методическим обеспечением контроля, текущей и прогнозной оценки состояния радиоактивной безопасности на предприятиях и прилегающих к ним территориях. Существуют технические, и даже методологические проблемы при определении необходимости лицензирования обращения с естественными источниками излучения. Одним из неразрешенных вопросов в настоящее время является недостаточно проработанная нормативно-правовая база вовлечения в хозяйственный оборот территорий, где ранее были проведены подземные ядерные взрывы. Современная ситуация на таких объектах практически не вписывается в систему регулирования ядерной и радиационной безопасности, основанную на федеральных законах «О радиационной безопасности населения» и «Об использовании атомной энергии» и предусматривающую возложение всей ответственности за обеспечение ядерной и радиационной безопасности персонала, населения и окружающей среды на организацию, эксплуатирующую соответствующий опасный объект. Такая организация, согласно закону, должна обладать необходимой компетентностью в области обеспечения радиационной безопасности, то есть, иметь квалифицированный персонал, материальные и иные ресурсы, быть стабильной и устойчиво работающей. В этом случае компетентность организации и другие ее характеристики проверяются и подтверждаются лицензией Ростехнадзора. Эти и другие сложности, например, отсутствие квалифицированного персонала, зачастую не позволяют предприятию справиться с поставленными перед ним задачами.

С учетом этого разными исследовательскими коллективами при непосредственном участии автора были разработаны и реализованы 8 информационно-обучающих систем в виде электронных баз данных, направленных на обеспечение радиационной и радиоэкологической

безопасности, как на природных объектах нефтегазового комплекса, так и на техногенных объектах, образованных при подземных ядерных взрывах.

Электронные базы данных освещают практически все вопросы, связанные с нормативами содержания ЕРН в нефти, газе, пластовой воде и образующихся отходах, источниками и механизмами образования отходов; с механизмами миграции отходов в технологических процессах и радиоактивным загрязнением оборудования и окружающей среды; с методами и способами сбора, хранения и захоронения РАО; с радиационным контролем и мониторингом при добыче и переработке нефти и газа; с выведением радиационно опасных объектов из эксплуатации и многие другие. Базы данных содержат электронные варианты методик выполнения измерений и радиационного контроля, большого количества печатных работ, в том числе с участием автора, других исследовательских материалов, а также ссылки на необходимые литературные источники. На базы данных получены свидетельства Роспатента.

На этой методической основе исследовательским коллективом, при непосредственном участии автора, был разработан и запатентован в Роспатенте Портативный комплекс радиационной информации и оценки радиационной обстановки (ПКРИ и ОРО, рис. 2).

В состав комплекса входит портативный компьютер (коммуникатор или ноутбук), монитор альфа-, бета-, гамма – и нейтронного излучения РМ1401К (или дозиметр РМ-1203М), позволяющий проводить соответствующие измерения в соответствии с МВИ предприятий, а также информационная система, включающая в себя программные продукты, выполненные в Microsoft Excel и Microsoft Access («Программа радиационный (дозиметрический и радиометрический) контроль Предприятия (Организации)»; программа учета доз облучения «Dozcontrol expert», предназначенная для учета индивидуальных доз облучения персонала организации в электронном виде).



Рис. 2. Портативный комплекс радиационной информации и оценки радиационной обстановки

В портативный комплекс входят программы: пересчёта единиц измерения, активности на данный момент времени, расчета защиты от ионизирующих излучений, расчета активности радона разными методами, учёта источников излучений и приборов, тест программы ЭВМ для проверки знаний персонала и др.

ПКРИ и ОРО разработан в нескольких вариантах: с использованием ноутбука или коммуникатора с возможностями подключения к ним РМ1401К, универсального монитора карманного типа, обеспечивающего выполнение всех процедур радиационного контроля с передачей данных измерений через инфракрасный порт или радиоканал связи в компьютерную сеть для последующей обработки и анализа. РМ1401К является также переносным спектрометром для идентификации спектров радионуклидов и обработки информации. В портативный комплекс также входит запатентованная информационная система радиационной информации и оценки радиационной обстановки, представленная в виде CD-дисков и электронных архивов. Эта информационная система, реализованная с использованием новых технологий в портативном приборе, предназначенном для непосредственных полевых измерений, позволит специалистам и руководству предприятий НГК и ТЭК оперативно решать множество рассмотренных выше задач, включая обучение персонала.

Таким образом, обоснованы научно-методические критерии и разработан портативный аппаратный комплекс оценки и контроля радиационной обстановки как на природных объектах нефтегазодобычи, так и техногенных, образованных при подземных ядерных взрывах. Комплекс включает 8 информационно-обучающих систем и направлен на обеспечение радиационной и радиоэкологической безопасности.

Заключение

Основываясь на полученных в ходе исследований результатах можно дать следующие выводы и рекомендации, относящиеся к системе радиационной и радиоэкологической безопасности нефтегазовой отрасли.

1. Радиационная и радиоэкологическая опасность на предприятиях нефтегазового комплекса России связана с масштабным перераспределением естественных и техногенных радионуклидов в ходе технологических процессов и формированием больших объемов радиоактивных производственных отходов.

2. Накопление ЕРН в производственных отходах НГК (на практике российских и зарубежных предприятий) достигает 10^6 .

3. Основными естественными радионуклидами, имеющими чрезвычайно высокие концентрации в материалах, сопутствующих добыче нефти и газа, являются изотопы $^{226,228}\text{Ra}$, ^{228}Th , ^{210}Pb , ^{222}Rn .

4. Среди техногенных радионуклидов наиболее опасными на объектах нефтегазового комплекса следует считать ^{90}Sr , ^{137}Cs и трансурановые элементы $^{238-241}\text{Pu}$, ^{241}Am .

5. Основной проблемой, создаваемой техногенным концентрированием естественных и техногенных радионуклидов в нефтегазовом комплексе и в ТЭК в целом, является проблема обращения с радиоактивными производственными отходами.

6. Производственные отходы, содержащие ЕРН, на объектах НГК России имеют широкий диапазон значений эффективной активности: от единиц до нескольких сотен кБк/кг. Основными по объему радиоактивными отходами на предприятиях ТЭК являются загрязненное ЕРН и ТРН нефтегазодобывающее оборудование, отложения на оборудовании, пластовая вода, дезактивационные растворы, сливные воды и растворы, зола и золошлаковые отходы.

7. Модели воздействия радиационных факторов на персонал нефтедобывающего предприятия учитывают все ступени добычи нефти, отнесенные к соответствующим зонам производимых работ, а также рассматривают процессы образования радиоактивных отходов, схемы утилизации нефтешламов, миграции радионуклидов из мест хранения радиоактивных отходов. На этой основе возможны оценка и прогнозирование доз облучения персонала предприятий.

8. Предложенный аппаратно-методический комплекс обеспечивает получение достоверных и объективных результатов оценки радиационной и радиоэкологической ситуации на объектах НГК и ТЭК в целом, ее прогнозирование и создание системы мероприятий по ее обеспечению с учетом практических условий и возможностей предприятий, а также представленных теоретических моделей.

9. Анализ современной нормативной базы в НГК России позволил автору выработать некоторые предложения по ее усовершенствованию, в том числе на основе зарубежного опыта.

10. Разработанные при непосредственном участии автора, реализованные в виде электронных баз данных и запатентованные информационно-обучающие системы позволяют обеспечивать контроль радиационной и радиоэкологической безопасности на предприятиях НГК, включая техногенные объекты, образованные при подземных ядерных взрывах.

11. Контроль радиационной и радиоэкологической безопасности на предприятиях НГК, как в измерительной, так и в нормативно-методической его части, может быть обеспечен разработанным при непосредственном участии автора и запатентованным портативным комплексом радиационной информации и оценки радиационной обстановки.

Основываясь на полученных в ходе исследований результатах, можно рекомендовать использование электронных баз данных и ПКРИ и ОРО для специалистов нефтегазовой отрасли и ТЭК в целом в их практической деятельности. Результаты проведенных опытных измерений с использованием ПКРИ и ОРО отражены в базах данных «Информационно-методическая по радиационному контролю и информационной безопасности» и «Обеспечение радиационной безопасности в топливно-энергетическом комплексе», имеющих свидетельства Роспатента.

Список опубликованных работ по теме диссертации

1. Нозик М.Л., Ярына В.П. Контрольные источники: учет и эксплуатация // АНРИ. – 2004. – № 3. – С. 65-70.
2. Река В.Я., Нозик М.Л. Организация и осуществление государственного надзора за радиационной безопасностью радиационно опасных объектов: Учебное пособие. – М.: НОУ УМЦЭиС, 2004 – 123 с.
3. Казюков О.С., Нозик М.Л. Современные требования к средствам измерений радиационного контроля, размещаемым на кораблях и подводных лодках ВМФ // АНРИ. – 2005. – № 2. – С. 15-18.
4. Река В.Я., Нозик М.Л. Нестеров А.С. Обеспечение безопасности при эксплуатации радиационных источников: Учебное пособие. – М.: УМЦЭиС, 2005. – 238 с.
5. Река В.Я. Нозик М.Л., Радченко В.Е. О состоянии подготовки руководящего состава и работников за обеспечением радиационной безопасности // Глобальные проблемы безопасности современной энергетики: Материалы международной конференции. – М.: Издательство МНЭПУ, 2006. – С. 287-293.
6. Река В.Я., Нестеров А.С., Нозик М.Л. Обеспечение радиационной безопасности при эксплуатации изделий, аппаратов, установок, оборудования и другой техники, содержащей радиоактивные вещества: Учебное пособие. – М.: МАКС Пресс, 2007. – 238 с.
7. Река В.Я., Нозик М.Л., Скугаров В.И., Баринов А.С. Обеспечение безопасности при обращении с радиоактивными отходами: Учебное пособие. – М.: МАКС Пресс, 2007. – 114 с.
8. Река В.Я., Нозик М.Л., Чепенко Б.А. Обеспечение радиационной безопасности при обращении с радиоактивными отходами в ТЭК: Учебное пособие. – М.: МАКС Пресс, 2007. – 268 с.
9. Левчук А.В., Нозик М.Л. Классификация и категорирование радиационных и радионуклидных источников медицинского назначения: Учебное пособие. – М.: МАКС Пресс, 2008. – 47с.
10. Река В.Я., Нозик М.Л., Радченко В.Е. Основы надзора, эксплуатации, лицензирования радиационных источников и пунктов хранения: Учебное пособие. – М.: НТЦ ЯРБ, 2008. – 80 с.
11. Река В.Я., Семченко Л.Л., Нозик М.Л., Емельяненко И.А. Надзор за обеспечением РБ при отдельных видах деятельности и работ: Учебное пособие. – М.: МАКС Пресс, 2008. – 135 с.
12. Левчук А.В., Нозик М.Л. Классификация и категорирование радиационных и радионуклидных источников медицинского назначения // АНРИ. – 2009. – № 4. – С. 37-43.
13. Нозик М.Л. Анализ основных показателей для оценки состояния радиационной безопасности и радиационно-экологической безопасности на объектах топливно-энергетического комплекса // Разведка и охрана недр. – 2010. – № 8. – С. 45-50.
14. Нозик М.Л., Соколов А.А. Перечень вопросов Ростехнадзора для проверки знаний персонала и ответы на них: Учебное пособие. – М.: МАКС Пресс, 2010. – 123 с.

15. Нозик М.Л. Радиационные факторы, влияющие на безопасность объектов топливно-энергетического комплекса // АНРИ. – 2010. – № 3. – С. 59-66.
16. Администратор радиационной безопасности [База данных] / Нозик М.Л., Река В.Я., Радченко В.Е. – Свидетельство Роспатента № 2003620242. – М.: НОУ УМЦЭиС, 2003. – 650 Мбт.
17. Программа радиационный (дозиметрический и радиометрический) контроль Предприятия (Организации) [Программа для ЭВМ] / Нозик М.Л., Река В.Я., Радченко В.Е. – Свидетельство Роспатента № 2003612694 – М.: НОУ УМЦЭиС, 2003. – 2 Мбт.
18. Дозиметрист (Радиометрист) [База данных] / Михайлов М.В., Река В.Я., Нозик М.Л. Трохан А.А., Радченко В.Е. – Свидетельство Роспатента № 2004620217. – М.: НОУ УМЦЭиС, 2004. – 270 Мбт.
19. Радиоизотопные приборы [База данных] / Река В.Я., Радченко В.Е., Нозик М.Л. – Свидетельство Роспатента № 2004620083. – М.: НОУ УМЦЭиС, 2004. – 600 Мбт.
20. Нозик М.Л. Личный бытовой стандарт-пробоотборник: [Полезная модель] / Свидетельство Роспатента / НОУ УМЦЭиС. – М., 2005.
21. Радиобиолог [База данных] / Высоцкий Р.А., Нозик М.Л., Радченко В.Е. – Свидетельство Роспатента № 2005620171. – М.: НОУ УМЦЭиС, 2005. – 450 Мбт.
22. Электронный справочник по радиационной безопасности [База данных] / Радченко В.Е., Нозик М.Л. – Свидетельство Роспатента № 2005620170. – М.: НОУ УМЦЭиС, 2005. – 550 Мбт.
23. Обеспечение радиационной безопасности в топливно-энергетическом комплексе. [База данных] / Нозик М.Л., Чепенко Б.А., Река В.Я., Радченко В.Е. – Свидетельство Роспатента № 2006620122. – М.: НОУ УМЦЭиС, 2006. – 600 Мбт.
24. Информационно-методическая по радиационному контролю и информационной безопасности [База данных] / Грубич А.О., Река В.Я., Чепенко Б.П., Радченко В.Е., Нозик М.Л., Ярына В.П., Чубарова Л.В., Калмыков М.В., Казакова С.В., Москаленко В.А. – Свидетельство Роспатента № 2007620405. – М.: НОУ УМЦЭиС, 2007. – 650 Мбт.
25. Радиационный контроль металлолома [База данных] / Радченко В.Е., Нозик М.Л. – Свидетельство Роспатента № 2008620364. – М.: НОУ УМЦЭиС, 2008. – 600 Мбт.
26. Экологическая, технологическая и атомная безопасность для Предприятий, использующих ядерные материалы, радиоактивные вещества и радиоактивные отходы [База данных] / Блинков В.Н., Лабькин И.С., Беляков О.А., Костюков О.Е., Нозик М.Л., Радченко В.Е. – Свидетельство Роспатента № 2008620419. – М.: ОАО «ЭНИЦ», 2008. – 540 Мбт.

Подписано в печать 15.11.2010 г.
Формат 60×90 1/16. Усл. печ. л. 1,1

Отпечатано на ризографе.

Тираж 100. Заказ № 33

РИС «ВИМС»

119017, г. Москва, Старомонетный пер. дом 31