

УДК 622.323.012:577.346:574:504.062

**РАДИАЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ В  
СОВРЕМЕННЫХ ПРОЦЕССАХ НЕФТЕДОБЫЧИ**Г.Г. Глухов, В.В. Зукау, Ю.В. Нестерова,  
И.В. ЧиковаТомский политехнический университет  
E-mail: lab31radcontrol@rambler.ru

Рассмотрены вопросы радиоэкологического контроля на нефтедобывающих предприятиях. Показана возможность использования программных продуктов для обеспечения комплексной оценки радиационной обстановки на объектах и территориях нефтедобывающих предприятий. Освещены основные аспекты взаимодействия научно-исследовательских лабораторий с Центрами экологической безопасности предприятий и их значение для эффективного ресурсосбережения в современных процессах нефтедобычи.

**Ключевые слова:**

Радиоэкологический контроль, ресурсосбережение, программный продукт.

Активное развитие нефтедобывающей отрасли связано с развертыванием и расширением нефтеразведочных работ, открытием новых месторождений, строительством новых нефтепромыслов и расширением обслуживающего персонала. Большая часть всех загрязнений окружающей природной среды на территории деятельности нефтедобывающего комплекса происходит при добыче, транспортировке и хранении нефти, а также с отходами нефтедобывающих предприятий. Основная причина загрязнения окружающей среды большинства нефтедобывающих регионов России вызвана природными радионуклидами Ra-226, Th-232 и продуктами их распада, которые содержатся в нефти и попутной воде и в процессе добычи нефти поступают на технологическое оборудование, где отлагаются в виде осадков [1, 2]. На современном уровне развития технологии добычи нефти невозможно избежать подобного явления. В связи с этим возникает необходи-

мость обеспечения радиационного контроля на этапе создания нефтепромыслов, в процессе их эксплуатации и выводе из эксплуатации. Регулярное проведение радиологических обследований, в том числе дозиметрического контроля производственных объектов, позволяет контролировать уровень загрязнения и следить за тем, чтобы уровень мощности дозы излучения на поверхности технологического оборудования не превышал допустимых значений, установленных санитарными правилами по обеспечению радиационной безопасности при обращении с материалами с повышенным содержанием природных радионуклидов [3–6]. Образование осадков с повышенным содержанием природных радионуклидов не только создает угрозу загрязнения окружающей среды, но и представляет потенциальную опасность длительного облучения обслуживающего персонала малыми дозами [7].

**Глухов Геннадий Георгиевич**, канд. хим. наук, ст. науч. сотр., заведующий лабораторией № 31 «Радиационный контроль» Физико-технического института ТПУ.

E-mail:

lab31radcontrol@rambler.ru

Область научных интересов: радиоэкология, радиационная химия.

**Зукау Валерий Викторович**, инженер лаборатории № 31 «Радиационный контроль» Физико-технического института ТПУ.

E-mail: zukau@tpu.ru

Область научных интересов: физика, радиотехника, программирование.

**Нестерова Юлия Владимировна**, мл. науч. сотр. лаборатории № 31 «Радиационный контроль», Физико-технического института ТПУ.

E-mail: yvn@tpu.ru

Область научных интересов: экология, метрология.

**Чикова Ирина Владимировна**, мл. науч. сотр. лаборатории № 31 «Радиационный контроль», Физико-технического института ТПУ.

E-mail: ivch@tpu.ru

Область научных интересов: радиационный контроль, радиационная химия.

Регулировать последствия негативного влияния техногенного воздействия на окружающую природную среду возможно путем проведения полноценного обследования территорий и объектов нефтедобывающего предприятия, объективной оценки степени их загрязнения, а также осуществления радиоэкологического контроля состояния окружающей природной среды с целью минимизации антропогенных воздействий.

Основными задачами радиоэкологического контроля являются:

- исследование территорий, предназначенных для размещения нефтедобывающих предприятий;
- обследование радиационной обстановки на объектах и территории производственной деятельности нефтедобывающих предприятий;
- изучение условий труда персонала, обслуживающего технологический комплекс предприятий нефтедобычи, с целью установления наличия радиационного фактора на рабочих местах и обеспечения радиационной безопасности.

Исследование фонового состояния природной среды территорий, предназначенных для размещения нефтедобывающих предприятий, имеет большое значение для дальнейшей оценки динамики изменений состояния окружающей среды.

В Западной Сибири средний природный уровень радиационного фона находится в пределах 0,06...0,1 мкЗв/час. Среднее значение уровня фона на исследуемых нефтедобывающих предприятиях, который определяется радиоактивностью используемых материалов для отсыпки территории, находится в пределах 0,08...0,12 мкЗв/час.

Фоновый радиационный уровень территории предприятий соизмерим с природным уровнем радиационного фона и не учитывается как основной радиационно-опасный фактор. Основную радиационную нагрузку на обслуживающий персонал технологического оборудования несут отложения радиоактивных осадков на технологическом оборудовании товарных парков и установок подготовки нефти.

Радиоактивные осадки на технологическом оборудовании нефтедобывающих предприятий являются основным объектом радиоэкологического контроля.

Остановимся более подробно на природе радиоактивности осадков. Она связана с наличием в них радионуклидов Ra-226, Th-232 и продуктов их распада. Удельная активность осадков достигает до  $4 \cdot 10^8$  Бк/кг [8]. Содержание же материнских радионуклидов U-238 и Th-232 в радиоактивных отложениях солей не превышает фоновых значений. Гипотеза для объяснения процесса, при котором происходит увеличение содержания изотопов радия в пластовых и закачиваемых водах при нефтедобыче, представлена в работе [8]. Обогащение вод изотопами радия рассматривается как результат перераспределения радиоактивного агента между различными фазами нефтяного пласта при вытеснении нефти водой. Материнские радионуклиды U-238 и Th-232 (продукты распада Ra-226 и Ra-228) в пластовых водах нефтяных месторождений содержатся в небольших количествах.

Радионуклиды U-238 и Th-232 содержатся непосредственно в нефти и вмещающих породах. В результате радиоактивного распада U-238 и Th-232, содержащихся в нефти и процессов выщелачивания из минерального скелета вмещающих пород в нефтях постоянно образуются изотопы радия. В стационарном состоянии, в котором находится нефть в природных ловушках, обмена радием между нефтью и подпирающими водами практически нет, за исключением зоны водонефтяного контакта. Поэтому радий присутствует в нефти в избытке по сравнению с тем состоянием, при котором вся масса нефти контактировала бы с водой.

В процессе разработки пластовые и закачиваемые воды интенсивно поступают в нефтяные пласты. Поверхность раздела фаз (нефть и вода) резко увеличивается, начинается обмен частицами между фазами и радий уходит в поток фильтрующих вод. В результате вытеснения нефти водой наступает равновесие распределения радия между водой и нефтью. Содержание радия в пластовой воде  $C_{Ra,B}$  при этом равно [8]:

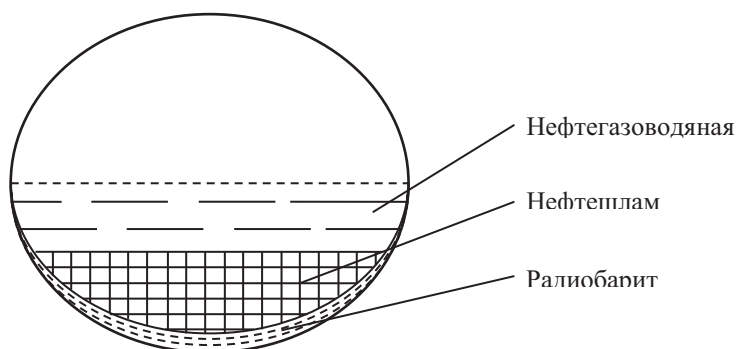
$$C_{Ra,B} = C_{Ra,H} / K_p,$$

где  $C_{Ra,H}$  – содержание радия в безводной нефти (примерно  $2,8 \cdot 10^2$  Бк/м<sup>3</sup>);  $K_p$  – равновесный коэффициент распределения радия между нефтью и водой ( $K_p = 2,9 \cdot 10^{-4}$ ).

Из приведенного соотношения следует, что содержание радия в воде становится равным  $\sim 10^6$  Бк/м<sup>3</sup>.

В водах нефтяных месторождений радий всегда присутствует совместно со своим близким химическим аналогом – барием, и они обычно находятся в растворенном состоянии. Если в воде повышается содержание сульфат-ионов, то происходит соосаждение радия и бария в виде радиобарита  $Ba(Ra)SO_4$ . Повышение концентрации сульфат-ионов наблюдается при заводнении пластов как закачиваемыми, так и пластовыми водами. Когда воды с повышенным содержанием радия начинают поступать в скважины через интервалы перфорации или обтекать в процессе фильтрации стенки неперфорированной скважины, происходит выпадение радиобарита на поверхности цементного кольца скважины. При подъеме жидкости по стволу скважины происходит выпадение радиоактивных солей в электроцентробежных насосах, насосно-компрессорных трубах и поверхностных резервуарах.

Осадки, скопившиеся на технологическом оборудовании скважин, различаются по своим физико-химическим характеристикам. В основном осадки на 90...95 % состоят из радиобарита –  $Ba(Ra)SO_4$  с незначительными примесями других соединений. Распределение осадка в аппаратах горизонтального типа представлено на рис. 1.



**Рис. 1.** Распределение осадка в аппаратах горизонтального типа

Помимо отложений радиоактивных осадков на технологическом оборудовании большую опасность для персонала представляют долгоживущие радионуклиды, образующиеся в результате распада радона (свинец-210, висмут-210 и полоний-210), которые при попадании даже в небольшом количестве вместе с пылью и аэрозолями в легкие человека сильно повышают риск заболевания раком легких.

Аккредитованной лабораторией в системе аккредитации радиационного контроля на техническую компетентность и независимость с 1998 г. проводится ежегодное обследование радиационной обстановки объектов и территории производственной деятельности нефтедобывающих предприятий Сибири, включающее следующие измерения:

- измерения мощности дозы гамма-излучения от естественных радионуклидов;
- измерения эффективной удельной активности проб с определением в них содержания природных радионуклидов;
- измерения эквивалентной равновесной объемной активности дочерних продуктов распада радона и торона в воздухе операторных – рабочих мест персонала.

Измерения осуществляются сотрудниками лаборатории по методикам [9, 10] с использованием современных дозиметрических приборов, таких как ДКГ-07Д «Дрозд», ДКГ-02У «Арбитр», и специализированных радиометрических установок РЭУС-П-4, УРС-06/07.

Проводимые измерения позволяют оценивать реальную обстановку территорий и объектов производственной деятельности предприятия.

Специально для центров экологической безопасности (ЦЭБ) нефтедобывающих предприятий разработаны программные продукты (базы данных) радиационного обследования.

Внедрение программных продуктов в ЦЭБ нефтедобывающих предприятий обеспечивает быстрый и оперативный доступ к результатам измерений, объектам, картам, схемам и протоколам за весь период радиационного обследования.

Данный программный продукт является удобным средством для статистической обработки информации, внедрен и апробирован на предприятиях.

На рис. 2 представлено окно формирования запроса на получение информации о радиационном обследовании из электронной базы данных на примере предприятия ОАО «Томскнефть» ВНК.

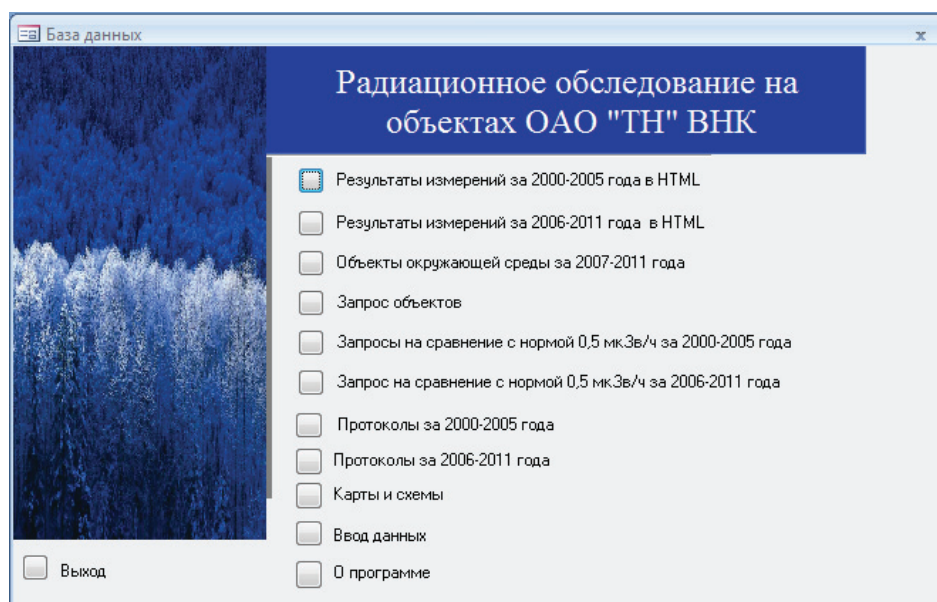


Рис. 2. Окно формирования запроса на получение информации о радиационном обследовании из электронной базы данных

Одной из функций, выполнение которой обеспечивает данный программный продукт, является выбор из окна формирования запроса пункта «Результаты измерений по годам в Html», который дает возможность получить информацию за определенный период времени. В следующей вкладке из предложенных вариантов можно выбрать определенный год и, нажав на кнопку, получить Интернет-страницу, вид которой представлен на рис. 3.

Цех	Объект	Установка	Среднее значение дозы, мкЗв/ч	Предельное значение дозы, мкЗв/ч	Протоколы	Период проверки
ЦПТН-7	УТН "Малореченское"	РРС-3000 №1	0,07	0,17	<a href="#">2010/09/17_СРК-19-ШПН-7 УТН Малореч.хб</a>	17 сентября 2010
ЦПТН-7	УТН "Малореченское"	РРС-3000 №2 (не)	0,09	0,19	<a href="#">2010/09/17_СРК-19-ШПН-7 УТН Малореч.хб</a>	17 сентября 2010
ЦПТН-7	УТН "Малореченское"	РРС-3000 №3	0,12	0,29	<a href="#">2010/09/17_СРК-19-ШПН-7 УТН Малореч.хб</a>	17 сентября 2010
ЦПТН-7	УТН "Малореченское"	РРС-3000 №4	0,13	0,27	<a href="#">2010/09/17_СРК-19-ШПН-7 УТН Малореч.хб</a>	17 сентября 2010
ЦПТН-7	УТН "Малореченское"	СН-1	0,09	0,17	<a href="#">2010/09/17_СРК-19-ШПН-7 УТН Малореч.хб</a>	17 сентября 2010
ЦПТН-7	УТН "Малореченское"	СН-2	0,11	0,19	<a href="#">2010/09/17_СРК-19-ШПН-7 УТН Малореч.хб</a>	17 сентября 2010
ЦПТН-7	УТН "Малореченское"	СН-3	0,14	0,23	<a href="#">2010/09/17_СРК-19-ШПН-7 УТН Малореч.хб</a>	17 сентября 2010

Рис. 3. Результаты измерений в формате Html

На рис. 3 видно, что переходы в данном программном продукте реализованы от большего к меньшему: от области к району, от района к месторождениям, от месторождений к объекту.

Программный продукт включает в себя, на наш взгляд, важную функцию, позволяющую автоматически сортировать и отбирать те объекты, мощность дозы гамма-излучения которых превышает нормативное значение 0,5 мкЗв/ч [3, 4].

На рис. 4 представлен вид всплывающего окна, содержащего объекты с неблагоприятной радиационной обстановкой за интересующий год.

**Объекты с неблагоприятной радиационной обстановкой за 2010 год**

УПСВ-02	ЦППН-2	Важкое месторождение		Нижевартовский район	Тюменская область
Установка:	Среднее значение МЭД, мкЗв/ч	Предельное значение МЭД, мкЗв/ч	Протокол:	Дата проверки	
НГС-1	0,30	0,76	<a href="#">2010Гпр8_АРК-01 ЦППН-2 УПСВ</a>	16 апреля 2010	

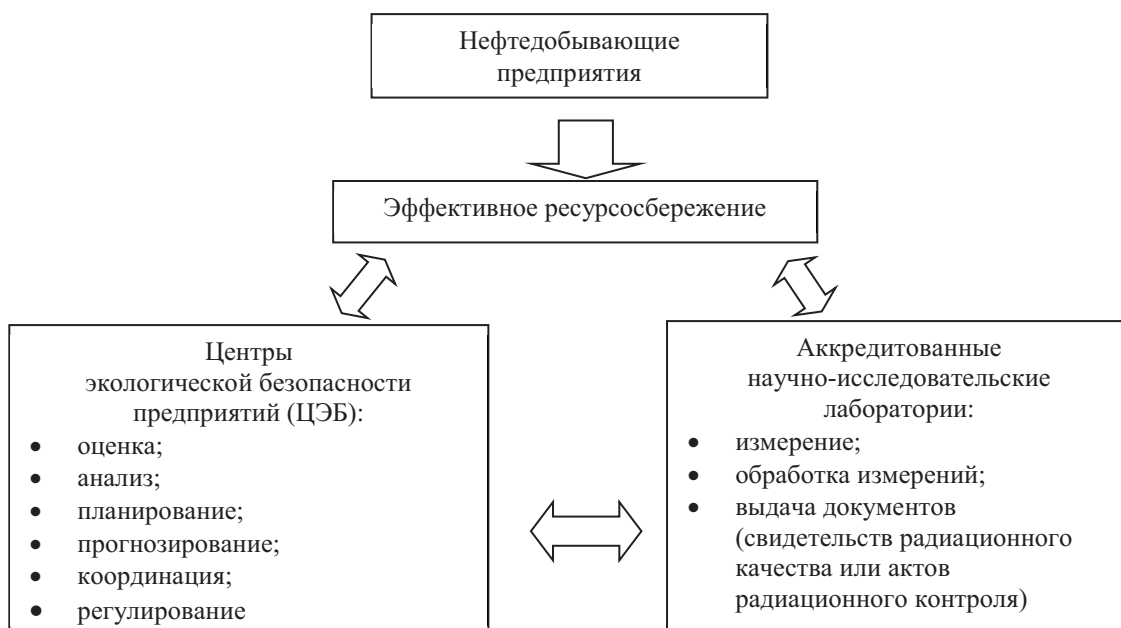
УПСВ-05	ЦППН-2	Важкое месторождение		Нижевартовский район	Тюменская область
Установка:	Среднее значение МЭД, мкЗв/ч	Предельное значение МЭД, мкЗв/ч	Протокол:	Дата проверки	
РК	0,35	0,84	<a href="#">2010Гпр8_АРК-01 ЦППН-2 УПСВ</a>	16 апреля 2010	
НГС-2	0,24	0,70	<a href="#">2010Гпр8_АРК-01 ЦППН-2 УПСВ</a>	16 апреля 2010	

**Рис. 4.** Объекты с неблагоприятной радиационной обстановкой

База данных содержит полную информацию о состоянии радиационной обстановки на объектах и территориях производственной деятельности нефтедобывающего предприятия, при необходимости позволяет использовать данную информацию для проведения мониторинга, качественной оценки и прогнозирования дальнейшей деятельности предприятия.

Для обеспечения эффективного ресурсосбережения в нефтяной отрасли необходимо тесное сотрудничество научно-исследовательских лабораторий с центрами экологической безопасности нефтедобывающих предприятий.

Взаимодействие научно-исследовательских лабораторий с центрами экологической безопасности представлено в виде схемы на рис. 5.



**Рис. 5.** Взаимодействие научно-исследовательских лабораторий с ЦЭБ



Таким образом, работу научно-исследовательских лабораторий можно считать неотъемлемым элементом в процессе эффективного сбережения и использования ресурсов на нефтедобывающих предприятиях.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белюсенко Н.А., Соловьянов А.А. Состояние и контроль радиационно-экологической безопасности в ТЭК России // Безопасность труда в промышленности. – 1997. – № 3. – С. 16–20.
2. Тахаутдинов Ш.Ф., Сизов Б.А., Дияшев Р.Н., Зайцев В.И. Проблема радиоактивных осадков на технологическом оборудовании // Безопасность труда в промышленности. – 1995. – № 2. – С. 36–39.
3. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009): Санитарные правила и нормативы. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. – 100 с.
4. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010): Санитарные правила и нормативы. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2010. – 83 с.
5. СанПиН 2.6.6.1169-02. Обеспечение радиационной безопасности при обращении с производственными отходами с повышенным содержанием природных радионуклидов на объектах нефтегазового комплекса Российской Федерации.
6. СанПиН 2.6.1.1291-2003. Санитарные правила по обеспечению радиационной безопасности на объектах нефтегазового комплекса России.
7. Романюк С.С. Состояние обеспечения радиационной безопасности на нефтегазопромыслах // АНРИ. Научно-информационный журнал. – 2002. – Вып. 2 (29). – С. 41–45.
8. Хуснуллин М.Х. Геофизические методы контроля разработки нефтяных пластов. – М.: Недра, 1989. – 190 с.
9. МВК № 8.1(10)-06 «Методика дозиметрического контроля объектов на предприятиях НГК». Методика прошла метрологическую экспертизу и аттестацию (28.02.2006 г.) в ГНМЦ «ВНИИФТРИ» с выдачей Свидетельства № 45090.6Б307 и внесена в Реестр системы САРК.
10. МВК № 5.6(12)-09 «Методика дозиметрического контроля объектов, содержащих ЕРН». Методика прошла метрологическую экспертизу и аттестацию (22.04.2009 г.) в ГНМЦ «ВНИИФТРИ» с выдачей Свидетельства № 45090.9Г555 и внесена в Реестр системы САРК.

Поступила 27.04.2012 г.