

На правах рукописи

ЗОЗУЛЬ ЮЛИЯ НИКОЛАЕВНА

**КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ РАДИАЦИОННО-
ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ НА РЕЧНОЙ БАССЕЙН МОСКОВСКОГО
РЕГИОНА**

14.00.07 - Гигиена

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук



Москва

2007



Работа выполнена в Государственное унитарное предприятие города Москвы - объединенный эколого-технологический и научно-исследовательский центр по обезвреживанию РАО и охране окружающей среды (ГУП МосНПО «Радон»)

Научные руководители:

доктор биологических наук, профессор
кандидат химических наук

Коренков Игорь Петрович
Лащенова Татьяна Николаевна

Официальные оппоненты:

доктор медицинских наук, профессор
(ГУ НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды им А Н Сысина РАМН)
доктор биологических наук, профессор
(Российская медицинская академия последипломного образования)

Иванов Сергей Иванович

Котов Николай Николаевич

Ведущая организация

ГОУВПО Московская медицинская академия им И М Сеченова

Защита диссертации состоится «29» июня 2007 г в 11 часов
на заседании Диссертационного Совета Д 001 009 01 при ГУ НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды им А Н Сысина РАМН по адресу 119992, г Москва, ул Погодинская, д 10/15

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГУ НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды им А Н Сысина РАМН

Автореферат разослан «25» мая 2007 г

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор биологических наук,
профессор

Н.Н. Беляева

Беляева Наталья Николаевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Стратегия охраны здоровья населения и окружающей среды в настоящее время претерпела существенные изменения, суть которых заключается в комплексном подходе учета многочисленных факторов, влияющих на здоровье человека (Рахманин Ю.А., 1998-2006, Онищенко Г.Г., 2000-2006, Иванов С.И., 2000). В Российской Федерации на протяжении ряда лет продолжают оставаться чрезвычайно актуальными вопросы качества объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Многолетние социально-гигиенические исследования состояния водных объектов показывают, что практически все водоисточники подвергаются антропогенному и техногенному воздействию радиационных и нерадиационных факторов (Моржухина С.В., 2000, Клименко И.А., 2003; Красовский Г.Н., 1990-2006). Сложившаяся ситуация обуславливает необходимость проведения комплексной гигиенической оценки состояния водных объектов, включающей воздействие различных факторов. Особенно это касается таких крупных мегаполисов как г. Москва, где на территории речного бассейна размещено значительное количество предприятий, представляющих угрозу радиационного и токсичного загрязнения окружающей среды (Левчук А.В., 2000).

В настоящее время на территории г. Москвы расположено более 1900 объектов, использующих источники ионизирующего излучения, в числе которых предприятия по обогащению урана и выделению редкоземельных элементов (Радиационно-гигиенический паспорт г. Москвы, 2001-2005). Часть радиационно-опасных объектов, использующих открытые радиоактивные источники, находится в непосредственной близости от поверхностных водоемов и водотоков хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения. В отечественной и зарубежной литературе данные по изучению динамики накопления радионуклидов и тяжелых металлов в поверхностных водных объектах мегаполиса, как правило, отсутствуют.

Общепризнанным инструментом для характеристики влияния факторов окружающей среды на здоровье населения является оценка риска (Онищенко Г.Г., 2002, Рахманин Ю.А., Новиков С.М., Румянцев Г.И., 2002). Отдельные

работы посвящены гигиенической характеристике риска в административных округах г. Москвы, где представлены оценки риска от воздействия химических веществ, загрязняющих атмосферный воздух г. Москвы (Новиков С.М., Шашина Т.А., Скворцова Н.С., 2001-2006) Поэтому исследования по оценке риска возникновения отдаленных последствий водного фактора для здоровья населения на основе содержания долгоживущих радионуклидов техногенного и природного происхождения и тяжелых металлов в водных объектах, почве береговых склонов заслуживают особого внимания.

В связи с этим определение степени потенциальной опасности радиационных объектов и оценка их влияния на речной бассейн являются важнейшими задачами гигиенической науки и санитарной практики

Цель исследования. Целью настоящей работы явилась комплексная радиационно-гигиеническая оценка влияния предприятий, работающих с источниками ионизирующего излучения на объекты речного бассейна Московского региона

Задачи исследования. Для выполнения этой цели были поставлены следующие задачи

1 Разработать классификацию потенциальной опасности радиационных объектов г. Москвы по уровню воздействия на окружающую среду и население

2 Осуществить комплексную радиационно-гигиеническую оценку судоходной части акватории Московского бассейна, включающую определение содержания радионуклидов и тяжелых металлов в водных объектах и береговых склонах

3. Выделить аномальные участки на территории речного бассейна Московского региона и оценить их радиационно-гигиеническое значение

4 Оценить риски возникновения отдаленных последствий воздействия радионуклидов и тяжелых металлов, присутствующих в поверхностных водных объектах и почве прилегающих береговых склонов.

Научная новизна. На основании проведенных исследований выполнена классификация уровней воздействия на окружающую среду и население радиационно-опасных объектов I категории потенциальной опасности

Впервые проведены комплексные исследования по изучению содержания радионуклидов и тяжелых металлов в судоходных объектах акватории Московского региона. Обоснованы критерии оценки содержания элементов в воде и донных отложениях водных объектов и почве береговых склонов. Изучена динамика накопления и определены содержания радионуклидов и тяжелых металлов в зависимости от механического состава донных отложений. Разработаны критерии оценки воздействия радиационных и токсичных факторов на речной бассейн.

Практическая значимость. Предложена классификация радиационно-опасных объектов I категории по уровню воздействия на окружающую среду. Оценено воздействие объектов с «Высоким» уровнем опасности загрязнения окружающей среды и облучения населения на водные объекты Московского региона. Результаты радиационно-экологического мониторинга использованы при разработке «Контрольных уровней содержания радионуклидов в объектах окружающей среды г. Москвы» и методики радиационного контроля «Отбор и первичная подготовка проб водных объектов с использованием мобильного комплекса» (МРК-РЭМ-76-03)

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Классификация радиационно-опасных объектов по уровню опасности загрязнения окружающей среды и облучения населения.
2. Методические основы комплексного исследования влияния радиационных и токсичных факторов на объекты речного бассейна
3. Характеристика радиационно-экологического состояния судоходных путей Московского региона с определением фоновых содержаний радионуклидов в зависимости от механического состава донных отложений
4. Гигиеническая оценка участков повышенного содержания радионуклидов и тяжелых металлов, обусловленных многолетней деятельностью радиационно-опасных объектов

Апробация работы. Основные положения диссертации доложены на Международной студенческой научной конференции «Ядерное будущее. безопасность, экономика и право» (Санкт-Петербург, 2006 г.), 7-ом Международном конгрессе ЭКВАТЭК-2006 «Вода. экология и технология»

(Москва, 2006 г.), Конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, посвященной 45-летию ГУП МосНПО «Радон» «Обращение с радиоактивными отходами Проблемы и решения» (Сергиев-Посад, 2006 г.), Пятой Российской конференции по радиохимии «Радиохимия – 2006» (Дубна, 2006 г.), 4-ой молодежной научно-практической конференции «Ядерно-промышленный комплекс Урала: проблемы и перспективы» (Озерск, 2007 г.)

По теме диссертации опубликовано 9 статей, 4 из которых в ведущих научных журналах России

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 8 глав, выводов и приложений Список литературы содержит 111 источников, из них 18 зарубежных авторов Работа изложена на 137 страницах машинописного текста, включает 37 таблиц, 31 рисунок со схемами, графиками и диаграммами

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Материалы и методы исследований. Для решения поставленных задач была проведена оценка данных по радиационно-опасным объектам г. Москвы и собственных данных радиационно-экологического мониторинга речного бассейна Московского региона, полученных в период 2001-2006 гг.

Объектами исследования являлись почва береговых склонов, вода и донные отложения. Рассмотрены радиационно-опасные объекты (РОО), использующие открытые радиоактивные источники

Для оценки радиационно-экологического состояния водных объектов использован мобильный комплекс радиационного контроля на базе теплохода «Радон» Исследования выполнены с использованием полевых и лабораторных методов определения радиационных, химических и физических параметров объектов окружающей среды Полевые методы исследования включали дозиметрические, радиометрические и спектрометрические методы определения радиационных параметров Отбор проб почвы проведен методом конверта в соответствии со стандартной методикой. Пробы воды отобраны с борта теплохода в соответствии с Методикой радиационного контроля Для отделения присутствующей в воде взвеси использована установка параллельной фильтрации «Мидия» с набором фильтров ФПП-15-1 5 Пробы

донных отложений поверхностного слоя отобраны с использованием пробоотборника типа «Драга», колонки грунта с помощью модифицированного штангового пробоотборника на основе устройства НПО «Тайфун»

Лабораторные методы определения радиационных параметров проб окружающей среды включали использование высокочувствительных радиометрических и спектрометрических приборов с применением радиохимических методов концентрирования и выделения изотопов Суммарная альфа- и бета-активность донных отложений и почвы измерена на низкофоновом полупроводниковом радиометре УМФ-2000, радионуклидный состав гамма-излучателей на сцинтилляционном спектрометре с детектором на основе NaI(Tl) Определение суммарной альфа- и бета-активности проб воды проведено на жидкостном сцинтилляционном анализаторе TRI-CARB 2550 TR/AB, гамма-излучатели с помощью спектрометра на основе HP Ge детектора.

Для анализа химического состава твердофазных объектов использован метод рентгенофлуоресцентной спектрометрии (XRF) на спектрометре PW-2400 (Philips Analytical B.V , Нидерланды) Определение содержания тяжелых металлов в воде выполнено методом индукционно-связанной плазмы с масс-детектированием (ICP-MS) на приборе VG PlasmaQuad (Англия).

Статистическая обработка данных проведена посредством программного обеспечения Microsoft Excel и Statistica for Windows.

Ежегодно обследовались Иваньковское и часть Угличского водохранилища, канал им Москвы с прилегающими к нему водохранилищами, р. Москва в черте города, р. Москва ниже города до устья, р. Ока выше устья р. Москвы и ниже до шлюза Белоомут Методом непрерывной автоматической гамма-съемки определена МЭД ГИ над поверхностью воды судоходных путей Московского региона общей протяженностью 510 км Пешеходной гамма-съемкой обследовано 0,6 км² береговых склонов В 2003 г была выполнена комплексная оценка радиационно-экологического состояния почв Сергиево-Посадского района Московской области площадью до 100 км² При этом отобрано и исследовано 219 проб поверхностной воды, 543 пробы донных отложений, 91 пробы почвы

Оценка радиационных параметров выполнена в соответствии с требованиями радиационной безопасности, изложенными в НРБ-99, ОСПОРБ-99, МУ 2 6 1.1981-05, также использованы утвержденные в 1995 г. «Уровни контроля за содержанием радионуклидов в окружающей среде г. Москвы»

Оценка степени химического загрязнения почвы проведена по валовому содержанию элементов в соответствии с МУ 2 1 7 730-99 "Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест", СанПиН 2 1 7 1287-03, ГН 2 1 7 2041-06, ГН 2 1.7 2042-06. Проведен расчет суммарного показателя загрязнения (Z_c) и коэффициента техногенной концентрации химического элемента (K_c) по отношению к фоновому содержанию Категория химического загрязнения почвы определена на основании превышения ПДК и фонового содержания с учетом класса опасности загрязняющего элемента

При оценке химического загрязнения поверхностных вод руководствовались ГН 2 1 5 1315-03 «Предельно допустимые концентрации химических веществ в воде водных объектов хозяйствственно-питьевого и культурно-бытового водопользования»

При оценке химического загрязнения донных отложений в виду отсутствия федеральных норм и критериев загрязненности использован региональный норматив «Нормы и критерии оценки загрязненности донных отложений в водных объектах Санкт-Петербурга», в котором установлена классификация качества донных отложений, содержащая 4 класса загрязненности, определены целевой, предельный, проверочный уровни и уровень вмешательства. На основе понятия «стандартных» донных отложений предложен метод пересчета концентраций загрязняющих веществ для приведения их к концентрации в стандартных донных отложениях

Оценка риска здоровью населения выполнена в соответствии с рекомендациями Всемирной Организации Здравоохранения, Р 2 1 10 1920-04, НРБ-99. При расчете риска воздействия радиационного фактора использован интерактивный программный комплекс Risk Assessment Information System (США), размещенный на сервере <http://rais.ornl.gov>, воздействия тяжелых металлов - программный продукт TERA 3.0 "Инструменты для оценки риска,

связанного с окружающей средой", разработанный и предоставленный ГУ НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды им. А. Н. Сысина РАМН.

Результаты исследований и их обсуждения. Предварительно проведено сравнение результатов измерений полевых и лабораторных гамма-спектрометров, которое показало хорошую сходимость при измерении удельных активностей радионуклидов ^{40}K и ^{232}Th . По удельной активности ^{226}Ra полевые гамма-спектрометры дают завышенные результаты более чем на 30 % за счет влияния продуктов распада радона. Определение ^{137}Cs в полевых условиях шпуровым методом не является оптимальным, поскольку данный радионуклид на 90 % сконцентрирован в поверхностном слое почвы.

С целью определения фоновых содержаний радионуклидов и тяжелых металлов были исследованы условно чистые почвы Сергиево-Посадского района Московской области, где отсутствует антропогенная и техногенная нагрузка. С учетом класса химической опасности и величины суммарного показателя загрязнения исследуемые почвы отнесены к категории «чистая».

Таблица 1

Рекомендуемое содержание радионуклидов и тяжелых металлов для комплексной оценки радиационно-экологического состояния почвы

Параметр исследования	Среднее содержание	Фоновое содержание*	Предельно допустимая концентрация
^{137}Cs , Бк/кг	10±4	10	-
^{40}K , Бк/кг	660±20	660	-
^{232}Th , Бк/кг	40±2	40	-
^{226}Ra , Бк/кг	30±2	30	-
Cr, мг/кг	45±3	45	50
V, мг/кг	85±5	85	150
Co, мг/кг	15±2	10	50
Ni, мг/кг	25±2	25	80
Cu, мг/кг	20±2	20	40
Zn, мг/кг	55±4	55	100
Sr, мг/кг	120±2	120	900*
Zr, мг/кг	460±22	460	440*
Ba, мг/кг	610±15	610	1600*
Pb, мг/кг	25±2	25	32

* рекомендуемое для дерново-подзолистых почв, представленных средним и тяжелым суглинком

Среднее содержание природных радионуклидов соответствует региональным фоновым значениям в почвенно-растительном слое. Максимальные значения отмечены в пробах почвы с высоким содержанием глинистой фракции, Бк/кг: ^{226}Ra – 41, ^{40}K – 950, ^{232}Th – 57. Среднее значение удельной активности ^{137}Cs на поверхности почвы составляет 10 ± 4 Бк/кг, на глубине 0,2 м – 4 ± 2 Бк/кг, что обусловлено глобальными и чернобыльскими выпадениями. Статистическая обработка массива данных позволила определить средние значения, которые были предложены в качестве фоновых содержаний тяжелых металлов в дерново-подзолистых почвах Московского региона, представленных средним и тяжелым суглинком (табл. 1). Рекомендованы расчетные оценочные ПДК стронция, бария и циркония в почве.

На этапе оценки потенциальной опасности загрязнения окружающей среды в результате деятельности РОО города получено, что наибольшую радиоэкологическую опасность представляют предприятия и учреждения, использующие открытые радиоактивные источники и оказывающие прямое воздействие на окружающую среду посредством сброса/выброса разрешенной активности, а также в результате возможных аварийных ситуаций. Проанализированы данные по изотопному составу и годовому расходу используемых открытых радиоактивных источников. Предложено для РОО I категории потенциальной опасности выделить 5 уровней воздействия, характеризующих опасность загрязнения окружающей среды и облучения населения (Табл. 2)

Таблица 2
Уровни воздействия радиационно-опасных объектов I категории
потенциальной опасности на окружающую среду

Уровень воздействия	Опасность загрязнения окружающей среды и облучения населения	Суммарная приведенная к группе Б годовая активность сброса/выброса, Бк	Доза внутреннего облучения, мЗв/год
I	Высокая	$>10^{15}$	>90
II	Повышенная	$10^{13}\text{--}10^{15}$	$0,9\text{--}90$
III	Средняя	$10^8\text{--}10^{13}$	$9,0\text{--}9,0\cdot10^{-1}$
IV	Низкая	$10^3\text{--}10^8$	$<1\cdot10^{-6}$
V	Безопасная	$<10^3$	$<1\cdot10^{-6}$

Уровни воздействия определены по величине дозы внутреннего облучения населения при максимально возможной активности сброса/выброса. Потенциальная активность сброса/выброса оценена по годовой суммарной активности используемых на предприятии открытых радиоактивных источников, приведенной к активности группы Б.

Выявлено, что РОО I уровня воздействия, представляющие «Высокую» опасность загрязнения окружающей среды и облучения населения, расположенные в Северо-Западном и Южном административных округах г. Москвы, находятся в непосредственной близости к водным объектам.

Для оценки влияния РОО г. Москвы на речной бассейн Московского региона выполнена радиационно-гигиеническая характеристика его судоходной части. Статистические параметры МЭД ГИ над поверхностью воды представлены в таблице 3. При сравнении МЭД ГИ судоходных объектов по критерию Колмагорова-Смирнова получены статистически значимые различия ($p < 0,001$). Наименьшие значения МЭД ГИ, полученные для р. Волги и водохранилищ канала им. Москвы, определяются в основном мощностью дозы космического излучения (для наших широт - 0,033 мкЗв/ч). Максимальные значения обусловлены геометрией измерения, наличием гранитного и железобетонного обрамления при небольшой ширине русла водного объекта (канал, река в городе). Наибольшая величина МЭД ГИ получена по участку р. Москвы в черте города 0,074 (0,016) мкЗв/ч.

Таблица 3

Статистические характеристики МЭД ГИ над поверхностью воды по судоходным объектам Московского региона, мкЗв/ч

Статистический параметр	р Волга	канал им. Москвы	р Москва, город	р Москва до устья	р Ока	Регион
Медиана	0,046	0,052	0,069	0,067	0,063	0,063
Нижний quartиль	0,042	0,043	0,063	0,063	0,057	0,053
Верхний quartиль	0,053	0,062	0,083	0,073	0,067	0,070
Среднее (стандартное откл.)	0,049 (0,014)	0,056 (0,020)	0,074 (0,016)	0,070 (0,019)	0,063 (0,008)	0,064 (0,017)
Минимальное	0,02	0,02	0,04	0,04	0,03	0,02
Максимальное	0,09	0,17	0,17	0,22	0,09	0,17
Число наблюдений	5021	3630	2899	4613	5717	18880

Содержание радионуклидов в поверхностных водах Московского региона низкое, что характерно для большинства поверхностных вод европейской части России, не подверженной радиоактивному загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС. Среднее значение объемной суммарной альфа-активности поверхностных вод 0,04 (0,02) Бк/л, в 70% проб – ниже предела определения. Величина объемной бета-активности колеблется от 0,01 до 0,55 Бк/л, среднее значение 0,12 (0,06) Бк/л. В значимых содержаниях в водных объектах присутствуют природные ^{40}K , ^{226}Ra , ^{232}Th и техногенные ^{137}Cs и ^{90}Sr (Табл. 4). Максимальные содержания ^{90}Sr (0,0067 Бк/л), ^{226}Ra (0,005 Бк/л) и ^{228}Ra (0,0011 Бк/л) отмечены в водохранилищах Канала им. Москвы (Икшинское, Пестовское и Химкинское). Участок р. Москвы в черте города характеризуется наибольшим содержанием ^{137}Cs (0,0017 Бк/л). При этом активности радионуклидов на 2-3 порядка ниже установленных гигиенических нормативов для питьевой воды. Значимых активностей ^3H в воде реки не обнаружено.

Таблица 4

Радиационные параметры поверхностных вод

Водный объект	$\Sigma\beta$, Бк/л	Активность взвеси, Бк/л				Активность раствора, Бк/л			
		^{137}Cs	^{40}K	^{226}Ra	^{232}Th	^{137}Cs	^{90}Sr	^{226}Ra	^{228}Ra
р. Волга	0,09	0,0007	0,009	0,0011	0,0006	0,0002	0,0072	0,0023	0,0009
Канал им. Москвы	0,09	0,0006	0,009	0,0011	0,0008	0,0004	0,0067	0,0039	0,0011
р. Москва, город	0,14	0,0013	0,013	0,0009	0,0010	0,0004	0,0044	0,0024	0,0005
р. Москва (ниже Бесед)	0,20	0,0006	0,010	0,0008	0,0008	0,0003	0,0039	0,0016	0,0005
р. Ока	0,12	0,0007	0,011	0,0010	0,0009	0,0003	0,0057	0,0020	0,0010
Среднее по региону	0,12	0,0007	0,010	0,0010	0,0008	0,0003	0,0059	0,0021	0,0009

Примечание: погрешность определения не более 30% при доверительной вероятности 0,95

Исследование донных отложений, показало, что во всех пробах присутствуют природные ^{40}K , ^{226}Ra , ^{232}Th , в 30 % проб техногенный ^{137}Cs с активностью более 2 Бк/кг, активность ^{90}Sr менее 1 Бк/кг.

По механическому составу донных отложений в зависимости от преобладающей фракции выделены четыре основные типа: «Ил», «Ил+Песок», «Песок+Ил», «Песок». Изменение удельной активности радионуклидов по типам отражено на рис. 1. В донных отложениях типа «Песок» активности природных радионуклидов ($A_{\text{эфф}}$) и техногенного ^{137}Cs минимальны, «Ил» — максимальны. Активности в типах «Ил+Песок» и «Песок+Ил» занимают промежуточное значение и показывают, что с увеличением содержания ила увеличивается удельная активность донных отложений. Содержание в них ^{137}Cs достоверно выше, чем в песках, и ниже, чем в илах. Удельная активность природных ^{226}Ra и ^{232}Th в песчаных отложениях в 2,5 раза ниже, чем в илах.

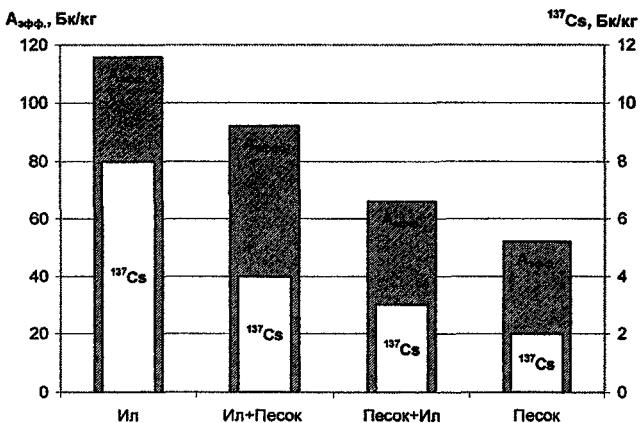


Рис. 1 Удельная активность радионуклидов в зависимости от типа механического состава донных отложений.

На основании массива данных для каждого из судоходных объектов Московского региона определены средние значения удельной активности радионуклидов в зависимости от типа донных отложений. Полученные значения предложено использовать в качестве фоновых для оценки антропогенного воздействия на водный объект.

Сравнение радиационных параметров донных отложений судоходных объектов Московского региона выполнено для донных отложений типа «Ил», обладающих наибольшей сорбционной способностью и поглотительной

активностью (рис. 2). Установлено, что донные отложения р. Волги характеризуются ($p<0,001$) наименьшими средними значениями удельной активности ^{226}Ra и ^{232}Th , отложения р. Москвы в черте города наибольшей средней удельной активностью ^{226}Ra , отложения р. Москвы ниже границы города отличаются ($p<0,05$) наименьшей удельной активностью ^{137}Cs .

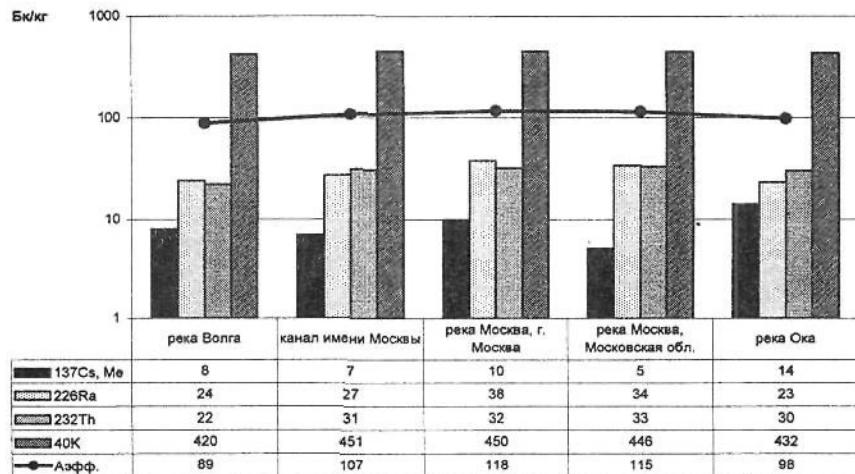


Рис. 2 Фоновые значения удельной активности радионуклидов в донных отложениях типа «Ил».

Оценка радиационно-экологического состояния судоходной части Московского региона показала, что участок р. Москвы в черте города характеризуется наибольшей величиной МЭД ГИ над поверхностью воды и удельной активностью ^{137}Cs и ^{226}Ra в донных отложениях.

Изменение в период 2001 – 2006 гг. удельной активности радионуклидов в донных отложениях р. Москвы в черте города представлено на рис. 3. При уровне статистической значимости $p<0,05$ наибольшим значением $A_{\text{эфф.}}$ природных радионуклидов отличается 2001 г. В период 2002-2006 гг. (по ^{137}Cs 2003-2006 гг.) статистически значимых изменений в активности донных отложений судоходных объектов г. Москвы не отмечено.

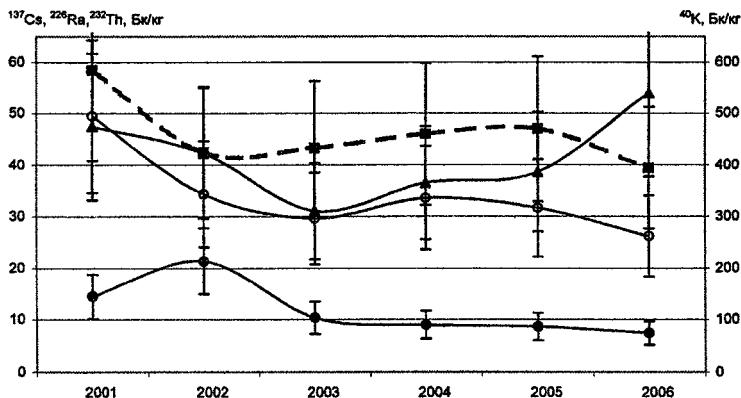


Рис 3 Динамика изменения удельной активности донных отложений р. Москвы в черте города (тип «Иль») с погрешностью измерения 30%.

Изменение удельной активности ^{137}Cs и ^{226}Ra по течению р. Москвы в черте города с указанием типа донных отложений представлено на рисунке 4.

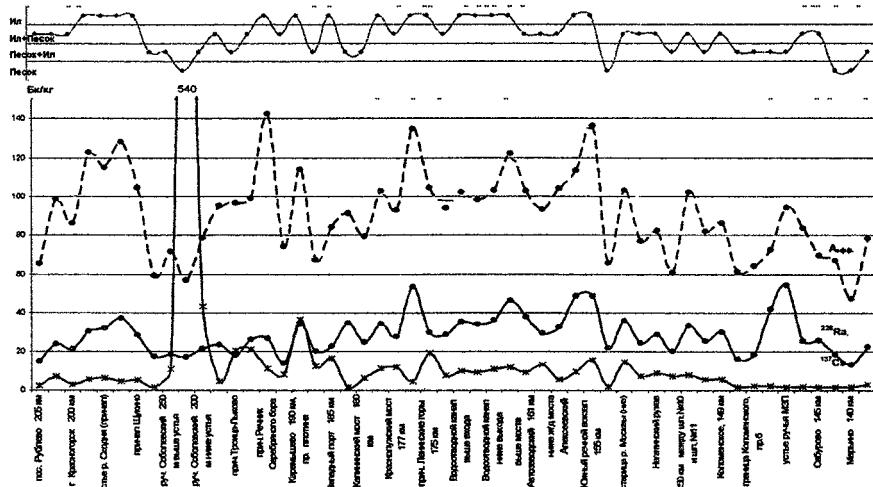


Рис 4 Характер изменения удельной активности радионуклидов и состава донных отложений по течению р. Москвы в черте города.

На фоне изменения механического состава выделяются участки с повышенным содержанием радионуклидов. Максимальное значение удельной активности ^{137}Cs отмечено в устье Соболевского ручья (в 250 раз выше фона, тип «Песок»). Наибольшие активности ^{226}Ra отмечены в устье р. Сетунь (2 фона, «Ил»), в застойной зоне старицы р. Москвы (2 фона, «Ил») и в районе размещения Московского завода Полиметаллов (3 фона, «Ил+Песок»).

При интерпретации результатов столкнулись с проблемой использования критериев оценки. Фактические значения радиационных параметров поверхностных водных объектов Московского региона составляют 10^{-3} УВ для питьевой воды и на порядок ниже фоновых значений «Уровней контроля „1995г“». На основании массива данных радиационных параметров поверхностных водных объектов Московского региона были уточнены имеющиеся и рассчитаны новые фоновые значения, предложенные в качестве критериев оценки (Табл. 5).

Таблица 5

Рекомендуемые критерии оценки радиационных параметров
поверхностных водных объектов Московского региона

Компонент среды	Параметр контроля	Фоновое содержание
Вода поверхностных водных объектов	$\Sigma\alpha$, Бк/л	0,04
	$\Sigma\beta$, Бк/л	0,1
	^{137}Cs , Бк/л	$0,1 \cdot 10^{-2}$
	^{90}Sr , Бк/л	$0,6 \cdot 10^{-2}$
	^{226}Ra , Бк/л	$0,3 \cdot 10^{-2}$
	^{40}K , Бк/л	$1,1 \cdot 10^{-2}$
	^{232}Th , Бк/л	$0,1 \cdot 10^{-2}$
Донные отложения поверхностных водных объектов	$\Sigma\beta$, Бк/кг	385
	^{137}Cs , Бк/кг	6
	^{226}Ra , Бк/кг	20
	^{232}Th , Бк/кг	20
	^{40}K , Бк/кг	370
	$A_{\text{эфф}}$, Бк/кг	90

Внедрение рекомендуемых критериев в практику позволит разработать контрольные уровни для оценки существующей активности радионуклидов в

воде и донных отложениях поверхностных водных объектов Московского региона, что повысит эффективность радиационного контроля

Определение химических параметров судоходных объектов г. Москвы показало, что реакция среды (pH) в воде в летний период оставалась слабощелочной, изменяясь от 7,5 до 8,5 при среднем значении $8,2 \pm 0,2$. Количество взвешенных веществ составляло в среднем 4 мг/л. Содержание тяжелых металлов в пробах воды реки на входе в город, в районе Московского завода Полиметаллов и на выходе из города, а также в притоках (р. Сходня, р. Городня) не превышало ПДК в водных объектах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. В целом вода реки на протяжении города по содержанию тяжелых металлов соответствует требованиям, предъявляемым к воде объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.

Содержание тяжелых металлов, присутствующих в значимых количествах в донных отложениях, представлено в табл. 6.

Таблица 6
Содержания тяжелых металлов в донных отложениях р. Москвы

Элемент	Минимальное	Максимальное	Среднее	Стандартное отклонение	K_c
Mn, мг/кг	387	2313	1052	624	1,4
Cr, мг/кг	18	215	98	59	2,0
V, мг/кг	23	105	56	24	1,4
Co, мг/кг	4	25	14	7	1,8
Ni, мг/кг	13	119	49	31	2,0
Cu, мг/кг	19	286	86	53	4,6
Zn, мг/кг	35	810	262	194	5,7
Rb, мг/кг	30	85	49	15	1,0
Sr, мг/кг	61	204	131	43	1,3
Zr, мг/кг	167	591	283	69	0,9
Ba, мг/кг	173	364	289	58	1,2
Y, мг/кг	14	578	72	160	1,2
Pb, мг/кг	15	111	43	28	2,7
Cl, мг/кг	133	304	219	44	1,0

По классу химического загрязнения «чистыми» являются донные отложения в районе Рублево, в Химкинском водохранилище и в Троице-Лыковской пойме. Донные отложения ниже Карамышевской плотины по течению реки классифицируются как «сильно загрязненные» (содержание меди выше проверочного уровня). По K_c , относительно фонового содержания элементов в донных отложениях реки в районе п. Рублево, превышенны содержания цинка, меди. Наибольшая степень загрязнения наблюдается в донных отложениях вдоль территории Московского завода Полиметаллов ($Z_c=53$), классифицируемых как «опасно загрязненные».

Радиационно-гигиеническая оценка водных объектов г. Москвы выявила локальные участки с повышенными значениями радиационных и химических параметров вблизи РОО I категории потенциальной опасности, представляющих «Высокую» опасность загрязнения окружающей среды и облучения населения.

Соболевский ручей впадает в р. Москву с левого берега и несет сточные и дренажные воды с территории Северо-Западного округа, где расположены РОО с «Высокой» опасностью загрязнения окружающей среды и облучения населения.

Пешеходная гамма-съемка берегового склона ручья выявила ряд локальных участков радиоактивного загрязнения (УРЗ) с МЭД ГИ 1,8-3,0 мкЗв/ч. Удельная активность ^{137}Cs в почве в сотни раз превышает среднее для города значение 10 Бк/кг, достигая 2000 Бк/кг.

В воде ручья максимальное значение суммарной альфа-активности 0,82 Бк/л при средней 0,1 Бк/л, суммарной бета-активности 1,74 Бк/л при средней 0,39 Бк/л, что превышает нормы радиационной безопасности питьевой воды. Максимальная активность ^{137}Cs составила 0,45 Бк/л, что ниже УВ=1,1 Бк/л (НРБ-99). В единичных случаях отмечалось присутствие ^3H с максимальной активностью 30200 Бк/л, составляющей 3 УВ (НРБ-99).

Основным загрязняющим радионуклидом донных отложений является ^{137}Cs , в отдельных пробах отмечены ^{235}U , ^{134}Cs , ^{60}Co , ^{241}Am , что свидетельствует о реакторном источнике сброса. Распределение активности ^{137}Cs в поверхностном слое донных отложений имеет очаговый характер, в верхнем

течении ручья составляет 70 – 90 Бк/кг (превышение фона в 10 раз), понижается до уровня фона в среднем течении и вновь возрастает в устье ручья. Послойный анализ донных отложений показал увеличение активности ^{137}Cs с глубиной от 10-кратного превышения фона на поверхности до максимума 5000 Бк/кг в слое 30-35 см. Превышение средней удельной активности ^{137}Cs обнаружено во всех исследуемых компонентах среды (почва, донные отложения, вода, трава, водоросли)

Результаты исследования показали, что накопление ^{137}Cs происходит на выдвинутой в русло р. Москвы авандельте ручья. На расстоянии 2 км ниже ручья по течению реки в донных отложениях типа «Ил» наблюдается превышение фона по активности ^{137}Cs в 4 раза (не более 45 Бк/кг).

ГП «Московский завод полиметаллов» (далее МЗП) расположен по правому берегу р. Москвы в 500 м от уреза воды (Южный административный округ). На предприятии производилась редкоземельная продукция из сырья с повышенным содержанием природных радионуклидов, в настоящее время работы прекращены.

Пешеходная гамма-съемка выявила несколько локальных УРЗ с МЭД ГИ 1,1 - 9,7 мкЗв/ч. Над поверхностью воды р. Москвы МЭД ГИ изменялась от 0,08 до 0,16 мкЗв/ч, что выше средней 074 (0,016) мкЗв/ч. Почвы с удельной активностью ^{226}Ra (до 138 Бк/кг, что в 8 раз выше среднего для г. Москвы) и ^{232}Th (до 610 Бк/кг, что выше среднего в 28 раз), превышающей порог 50 Бк/кг и подлежащие обязательной рекультивации, спускаются диагональным «языком» вниз по склону к р. Москве. По степени химического загрязнения почва центральной части склона и ниже отстойников относится к категории загрязнения «чрезвычайно опасная». Содержание ряда химических элементов превышает ПДК (As достигает 78 ПДК, Sb – 193 ПДК, Zn – 10 ПДК, Pb – 3 ПДК). Максимальная величина $Z_c = 474$ получена за счет Sb и Y, содержание последнего в 400 раз выше, чем в осадочных породах. Согласно СанПиН 2.1.7.1287-03 рекомендуется проводить мероприятия по снижению уровня загрязненности и связыванию токсикантов в почве, а также осуществлять контроль за содержанием их в воде местных водоисточников.

В донных отложениях вдоль территории МЗП удельные активности ^{226}Ra и ^{232}Th превышают фоновые наибольшая активность ^{226}Ra 93 Бк/кг (3 фона, «Ил+Песок»), ^{232}Th 35 Бк/кг (2 фона, «Песок») По степени химического загрязнения донные отложения классифицируются как «опасно загрязненные», содержание Cu и Zn превышает уровень вмешательства, превышение фона составляет 26Y, 14Zn, 6Cu, 4Nb, 3Cr, 3Co, 3Ni Значимых содержаний Sb и As не отмечено.

Опытный химико-технологический завод ГУП ВНИИ химической технологии (ОХТЗ), расположенный вдоль р. Лихоборки (Северный административный округ), специализировался на проведении полупромышленных испытаний переработки полиметаллических урансодержащих руд. В настоящее время производственный процесс с радиоактивными рудами прекращен в полном объеме.

По результатам пешеходной гамма-съемки берегового склона выявлено 8 УРЗ с МЭД ГИ до 2,7 мкЗв/ч (семь локальных УРЗ на левом берегу и один $S=2,5 \text{ m}^2$ на правом) Основным загрязняющим радионуклидом является ^{226}Ra с максимальной активностью в почве 4100 Бк/кг (в 240 раз выше среднего), в донных отложениях 1160 Бк/кг (в 58 раз выше фона) Результаты послойного анализа донных отложений р. Лихоборки вдоль правого берега, прилегающего к территории ОХТЗ, показали, что максимальная активность 1160 Бк/кг приходится на глубину 20-25 см Ниже территории ОХТЗ по течению р. Лихоборки активность ^{226}Ra в почве и донных отложениях соответствует фону

На основе представленных радиационных и химических параметров объектов окружающей среды г. Москвы с учетом многосредового суммарного воздействия проведена предварительная оценка индивидуального пожизненного риска для здоровья населения.

В условиях нормальной эксплуатации РОО индивидуальный пожизненный риск возникновения отрицательных эффектов не превышает предела $5,0 \cdot 10^{-5}$.

При нарушении технологического режима эксплуатации РОО основным фактором, влияющим на состояние здоровья, является радиационный. Наибольший вклад в величину риска вносит МЭД ГИ ($5,3 \cdot 10^{-5}$), пероральное поступление ^{232}Th и ^{226}Ra из почвы ($1,8 \cdot 10^{-6}$) и донных отложений ($3,3 \cdot 10^{-7}$) Канцерогенный риск воздействия радиационного фактора почвы ($2,3 \cdot 10^{-6}$)

соответствует воздействию химического ($1,5 \cdot 10^{-6}$), в донных отложениях ($5,2 \cdot 10^{-7}$) на порядок превышает его ($6,5 \cdot 10^{-8}$)

Индекс опасности, рассчитанный для почвы - 0,17 и донных отложений - 0,003, ниже 1 и характеризует пренебрежимо малую опасность развития неканцерогенных эффектов

По классификации ВОЗ индивидуальный пожизненный риск для здоровья, обусловленный воздействием радиационных и химических факторов в районе расположения МЗП характеризуется низким уровнем для берегового склона ($10^{-4} - 10^{-6}$) и минимальным для донных отложений (менее 10^{-6}).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного исследования

1. Разработана классификация уровней воздействия на окружающую среду радиационно-опасных объектов I категории потенциальной опасности. По потенциальной активности аварийного сброса/выброса определены 5 уровней воздействия, характеризующие опасность загрязнения окружающей среды и облучения населения от «Безопасной» до «Высокой»
2. При анализе радиационных параметров судоходных водных объектов Московского региона в период 2001-2006 гг установлено, что в Москве в черте города статистически значимо выделяется по величине МЭД ГИ над поверхностью воды, удельной активности ^{137}Cs и ^{226}Ra в донных отложениях
3. Определены критерии оценки радиационных параметров донных отложений. Для оценки антропогенного воздействия предложены фоновые значения активности радионуклидов в зависимости от типа механического состава донных отложений.
4. Проведена комплексная радиационно-гигиеническая оценка водных объектов г. Москвы. Установлено, что вода соответствует требованиям, предъявляемым к водоемам хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (радиационные параметры значительно ниже гигиенических нормативов для питьевой воды, содержания тяжелых металлов не превышает ПДК). Радиационные параметры донных отложений в целом соответствуют фоновым при наличии локальных участков с повышенной активностью ^{137}Cs и

^{226}Ra , обусловленных деятельностью РОО. По содержанию тяжелых металлов донные отложения реки в центре города и ниже по течению классифицируются как «сильно загрязненные» с повышенным содержанием цинка, меди и свинца

5. При радиационно-гигиенической оценке водных объектов и береговых склонов в районе расположения РОО с «Высокой» опасностью загрязнения окружающей среды и облучения населения выявлено:

- содержание радионуклидов в почве достигает 28-кратного превышения фоновых значений по ^{222}Th , 240 по ^{226}Ra , 200 по ^{137}Cs ; в донных отложениях кратность превышения фона составляет до 58 по ^{226}Ra , 500 по ^{137}Cs ;
- химическими загрязнителями в почве являются мышьяк (до 78 ПДК), сурьма (до 193 ПДК), цинк (до 10 ПДК), свинец (до 3 ПДК); в донных отложениях в 4,5 раза повышенено фоновое содержание меди, в 6,5 раз цинка;
- уровень индивидуального пожизненного риска для здоровья, обусловленного воздействием радиационных и химических факторов, классифицирован как «Низкий»; канцерогенный риск воздействия радиационного фактора почвы соответствует воздействию химического, в донных отложениях на порядок превышает его, индекс опасности, рассчитанный для почвы и донных отложений, характеризует пренебрежимо малую опасность развития неканцерогенных эффектов.

Комплексная оценка воздействия радиационно-опасных объектов на речной бассейн Московского региона показала, что основное негативное воздействие радиационно-опасных предприятий г. Москвы в настоящее время определяется наличием ряда локальных участков, преимущественно расположенных вблизи радиационно-опасных объектов I категории с «Высокой» опасностью загрязнения окружающей среды и облучения населения. Локальные участки характеризуются превышением фоновых содержаний радионуклидов (не превышает МЗУА НРБ-99) и тяжелых металлов (с превышением ПДК). Данный факт обуславливает необходимость организации дополнительных монитор-постов постоянного действия в рамках радиационно-экологического мониторинга г. Москвы

Список основных работ, опубликованных по теме диссертации:

- 1 Бондаренко В.М., Зозуль Ю.Н., Коренков И.П. Влияние атмосферных факторов и физико-механических параметров грунтов на поле радона. Журнал «Вестник Санкт-Петербургской государственной медицинской академии им И.И. Мечникова», 2003, №4(4), с. 81-85
- 2 Баринов А.С., Зозуль Ю.Н., Коренков И.П., Лашенова Т.Н., Лакаев В.С. Сравнительная оценка полевых и лабораторных гамма-спектрометрических методов радиационного контроля. Журнал «Гигиена и санитария», 2006, №2, с. 77-79
- 3 Лашенова Т.Н., Зозуль Ю.Н. Определение фонового содержания радионуклидов и тяжелых металлов в почве. Журнал «Атомная энергия», 2006, т 100, вып 3 , с. 231-236
- 4 Шатохин А.М., Красоткин В А , Никифорова С.Е , Умняшова Е.Е , Зозуль Ю.Н. Изучение закономерностей распределения ^{137}Cs и естественных радионуклидов в донных отложениях водной экосистемы Московского региона Журнал «Медицина труда», 2006, №10, с. 25-29.
- 5 Зозуль Ю.Н. Оценка содержания радионуклидов в почве в районе расположения радиационно-опасного объекта // Материалы международной студенческой научной конференции «Ядерное будущее: безопасность, экономика и право» – СПб., 2006, с 231-233
- 6 Коренков И П, Шмонов М Г , Зозуль Ю.Н., Ермаков А.И, Шатохин А М Оценка радиационно-экологического состояния Московского гидробассейна // Материалы 7-го Международного конгресса ЭКВАТЭК-2006 «Вода экология и технология» – М , 2006, с 339-340
- 7 Зозуль Ю.Н. Радиационно-экологическое состояние водных путей Московского региона // Материалы конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, посвященной 45-летию ГУП МосНПО «Радон» «Обращение с радиоактивными отходами. Проблемы и решения». - Сергиев-Посад, 2006, с 64-67
- 8 Дмитриев С А , Зозуль Ю.Н., Коренков И П , Лашенова Т Н , Пантелейев В И. Оценка воздействия радиационно-опасного объекта на окружающую среду // Материалы 5-ой Российской конференции по радиохимии «Радиохимия – 2006» - Дубна, 2006, с. 243-244
- 9 Коренков И П., Лашенова Т Н., Зозуль Ю.Н., Ермаков А.И , Шмонов М Г Комплексное исследование радиационно-экологического состояния водных путей Московского региона // Материалы 4-ой молодежной научно-практической конференции «Ядерно-промышленный комплекс Урала: проблемы и перспективы» - Озерск, 2007 с. 140-142

ЗОЗУЛЬ ЮЛИЯ НИКОЛАЕВНА

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ РАДИАЦИОННО-
ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ НА РЕЧНОЙ БАССЕЙН МОСКОВСКОГО
РЕГИОНА

Автореферат на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Подписано в печать - **24.05.07.**

Заказ № **302.**

Печать офсетная Бумага для множит аппарата Формат бумаги 60x80 1/16
Объем 1,5 пл Тираж 80 экз.

Типография МИИТа, 127994, Москва, ул. Образцова, 15