

## ОТЗЫВ

**Официального оппонента на диссертацию Карпенко Евгения Игоревича «Комплексная оценка радиационного воздействия объектов ядерной энергетики на окружающую среду и человека», представленную в диссертационный совет Д 006.068.01 при ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии» на соискание ученой степени доктора биологических наук по специальности 03.01.01 – «Радиобиология».**

**Актуальность исследования.** В Российской Федерации регулирование радиационного воздействия на человека и окружающую среду основано на антропоцентрической концепции, в которой главный принцип – максимально возможное ограничение дозовой нагрузки на человека. В настоящее время активно развивается также экоцентрический подход к радиационной защите человека и окружающей среды. Экологический или интегрированный подход обобщает эти две концепции и отражает современные тенденции в развитии научных взглядов на совместную эволюцию общества и биосферы. Диссертация Карпенко Е.И. посвящена разработке и апробированию этого принципиально нового подхода для оценки воздействия предприятий ядерного энергетического комплекса разного типа на человека и окружающую среду.

**Соответствие диссертации паспорту научной специальности.** В соответствии с формулой специальности 03.01.01 «Радиобиология», охватывающей проблемы радиочувствительности видов (п.5), принципы и методы радиационного мониторинга, проблемы радиационной безопасности (п.10), хроническое действие радиации (п.11), в диссертационном исследовании представлены результаты по оценке воздействия предприятий ядерного энергетического комплекса на человека и окружающую среду по данным выполненных радиоэкологических исследований и на основе нормализованных выбросов при длительном функционировании предприятий в штатном режиме. Также дана оценка хронического воздействия радиации на биоту и человека с определением «критических» референтных видов биоты и основных дозообразующих радионуклидов в районах расположения данных предприятий разного типа.

**Научная новизна полученных результатов.** Автором работы впервые дана радиоэкологическая оценка воздействия различных предприятий ядерного энергетического комплекса на основе экологического подхода. Выявлены «критические» референтные виды биоты, основные дозообразующие радионуклиды для предприятий разного типа и дана оценка вклада предприятий в их облучение. Оценена «неэквидозность» воздействия на человека и биоту в районах размещения предприятий по добыче и обогащению урановой руды, атомных электростанций с различными видами реакторов, предприятий по переработке отработанного ядерного топлива. Дано радиоэкологическое обоснование основной парадигмы о защищенности биоты, когда защищен человек и рассмотрены ситуации, когда эта концепция может быть использована в практической деятельности.

**Теоретическая и практическая значимость.** Результаты диссертационной работы являются теоретической основой для оценки последствий воздействия предприятий ядерного энергетического комплекса, включая предприятия по добыче и обогащению урановой руды, атомные электростанции с разными видами реакторов, предприятия по переработке отработанного ядерного топлива на человека и окружающую среду. Материалы исследований и разработанные методы использовались для экологической экспертизы строительства Балтийской АЭС, новых блоков Белоярской АЭС и расширения Сибирского химического комбината. Результаты исследований вошли в основу создания атласа радиоэкологической обстановки в 30-ти км зоне АО «СХК».

**Соответствие содержания автореферата содержанию диссертации.** Автореферат информативен и хорошо отражает содержание диссертации. По теме диссертации опубликовано 68 печатных работ, в том числе 15 статей в журналах, рекомендованных ВАК Российской Федерации. Материалы, вошедшие в диссертационную работу, были представлены на различных международных и российских конференциях, посвященных проблемам радиоактивного загрязнения окружающей среды.

**Структура и объем диссертационной работы.** Работа состоит из введения, 6 глав, заключения, выводов и списка использованной литературы, включающего 196 источников, из которых 104 на иностранном языке. Диссертация изложена на 317 страницах, содержит 61 таблицу и 109 рисунков.

Во ВВЕДЕНИИ автор обосновал актуальность научной работы, сформулировал новизну, теоретическую и практическую значимость исследований, описал степень разработанности проблемы. Сформулированы цель и задачи исследования, представлены степень раскрытия темы, перечень основных положений, выносимых на защиту, методы исследования, сведения об апробации результатов исследования и личном вкладе диссертанта в работу.

В главе 1 «Воздействие предприятий ядерной энергетики на окружающую среду и человека» дана характеристика предприятий Госкорпорации Росатом, как источников радиоактивного загрязнения окружающей среды. Это бывшее уранодобывающее предприятие ЛПО «Алмаз», Белоярская и Балтийская АЭС, предприятие по переработке отработавшего ядерного топлива - Сибирский химкомбинат. Автором выполнен анализ радиологической обстановки в районах расположения данных предприятий. Автор дает описание нормативных документов, принципов радиационной защиты человека и окружающей среды. В рамках диссертационной работы предложен методологический подход, в основу которого входит оценка воздействия предприятий ядерного энергетического комплекса на биоту и человека для одинаковых сценариев выбросов и сбросов. Для сравнительной оценки использован подход, основанный на анализе отношения доз облучения человека и биоты к критическим дозам или дозовым пределам.

Глава 2 «Проведение радиологических исследований в районе размещения предприятий ядерного энергетического комплекса» содержит описание полевых радиологических исследований наземных и водных экосистем в районах размещения исследуемых предприятий, представлены поэтапная программа исследований и приборное обеспечение для выполнения камеральных работ. В районах размещения исследуемых предприятий выполнялись: сбор, анализ и систематизация данных о радиационной обстановке в зоне их наблюдения; создание базы радиологических данных; выбор и описание пробных площадок для детальных исследований; отбор проб приземного слоя воздуха, компонентов наземных и водных экосистем, рациона кормления животных, а также производимой сельскохозяйственной продукции; подготовка и анализ отобранных проб на содержание радионуклидов. В данной главе представлены карты-схемы отбора проб в районах размещения предприятий.

В главе 3 «Методы и средства оценки доз облучения населения и биоты в результате функционирования предприятий ЯТЦ» представлен краткий обзор современных программных средств, необходимых для адекватной оценки доз облучения населения и биоты при хроническом воздействии ионизирующего излучения. Дается описание методов и анализ международных подходов по оценке дозовых нагрузок на население и биоту по данным радиологического мониторинга и на основе характеристик атмосферных выбросов. Автор работы проводит сравнение двух программных пакетов ERICA TOOL и RESRAD-BIOTA, предназначенных для оценки доз облучения биоты.

В главе 4 «Описание объектов исследования: характеристики предприятий ядерной энергетики Российской Федерации» приведена подробная характеристика бывшего ура-

нодобывающего предприятия ЛПО «Алмаз», Белоярской и Балтийской АЭС и Сибирского химического комбината. В данной главе дается описание истории предприятий, представлены природно-климатические характеристики районов размещения исследуемых радиационно-опасных объектов, количественные характеристики сбросов и выбросов.

Глава 5 «Радиоактивное загрязнение природных сред в районах расположения изучаемых предприятий ядерной энергетики» содержит результаты проведенных радиоэкологических исследований в районах размещения исследуемых объектов. Автором работы проведен анализ по содержанию радионуклидов в компонентах экосистем. На основе полученных данных автором будут выполнены оценки доз облучения человека и биоты. Для каждого исследуемого предприятия автором выполнен сравнительный анализ содержания радионуклидов в окружающей среде. Автор дает сравнительный анализ содержания радионуклидов в компонентах окружающей среды в районах расположения Балтийской и Белоярской АЭС. Показано что среднее значение содержания естественных радионуклидов сохраняется на уровне фоновых значений, а содержание искусственных радионуклидов в окружающей среде района расположения Балтийской АЭС ниже, чем на территории, прилегающей к Белоярской АЭС. Исследовано содержание  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в почвах и растениях 30 км зоны Сибирского химического комбината. Максимальное значение содержания  $^{137}\text{Cs}$  в поверхностных водах зарегистрировано в р. Томь, а  $^{90}\text{Sr}$  в оз. Мальцево.

Автором дана оценка миграционной способности радионуклидов в районах размещения исследуемых предприятий. В зависимости от региона размещения предприятий ядерного энергетического комплекса миграционная способность радионуклидов в системе почва-растения может отличаться в 3-5 раз.

В завершающей главе 6 «Сравнительный анализ воздействия предприятий ядерной энергетики на окружающую среду и человека» автор проводит оценку и сравнительный анализ воздействия исследуемых предприятий на человека и биоту. Расчет дозовых нагрузок на человека и биоту выполнялся с учетом данных выполненного радиоэкологического обследования исследуемой территории и информации о выбросах радиационно-опасных объектов.

К «критическим» видам референтных организмов для районов размещения исследуемых объектов ядерного энергетического комплекса относятся водоплавающие птицы, крупные и мелкие млекопитающие. Показано, что для предприятия по добыче и обогащению урановой руды основными дозообразующими радионуклидами являются  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{230}\text{Th}$ ,  $^{210}\text{Pb}$  и  $^{210}\text{Po}$ . Для Белоярской АЭС к дозообразующим радионуклидам были отнесены  $^{41}\text{Ar}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ , а для Балтийской АЭС -  $^{14}\text{C}$ ,  $^3\text{H}$ ,  $^{88}\text{Kr}$ .

Здесь же автор отмечает существенную «неэквидозность» облучения человека и биоты в одинаковых радиоэкологических ситуациях. Таким образом, автор делает заключение о том, что нарушение «эквидозности» характерно для радиоэкологических ситуаций, связанных с «радиационным наследием», тогда как для современных радиационно-опасных объектов дозы, рассчитанные на человека, практически во всех случаях меньше, чем дозы на биоту.

В результате сравнительного анализа индексов радиационного воздействия для человека и биоты автор делает вывод о том, что для одних и тех же радиологических ситуаций, индексы радиационного воздействия, рассчитанные для человека, превышают индексы радиационного воздействия для многих референтных видов биоты, кроме исследуемой территории в районе расположения ЛПО «Алмаз» и АО «СХК».

### **Замечания к работе:**

Смысл термина «миграционная способность радионуклидов» шире, чем интенсивность поглощения их растениями из почвы, как его трактует автор. В данном случае речь идет о биологической доступности радионуклидов.

Есть ошибка при описании формулы (32), использующейся для расчета внешней дозы. Вместо концентрации радионуклида  $i$  в среде обитания указана его концентрация в референтном организме.

При анализе ERICA Tool автор не указал один очень важный недостаток этого пакета, а именно – использование при расчетах коэффициентов перехода, без учета их варьирования для одного и того же вида в разы под воздействием различных факторов. Например, для наземных экосистем – это гидроморфность почв, а для водных – химический состав вод.

Вывод 6. При оценке роли природных и техногенных факторов, как определяющих степень радиационного воздействия предприятий ядерного энергетического комплекса на человека и биоту, вряд ли стоит быть столь категоричным отдавая приоритет техногенным факторам. Надо рассматривать их влияние в комплексе. Природные факторы могут в несколько раз усиливать или ослаблять это воздействие. Например, так гидроморфность почвы и ее обогащенность органическими веществами или определенными химическими элементами влияют на биологическую доступность радионуклидов, а следовательно и на формирование дозовой нагрузки на организмы пищевых цепей.

Приведенные замечания не умаляют достоинств работы. Она построена на обширном фактическом материале, актуальна, оригинальна. Теоретические положения подхода апробированы в ходе исследований на конкретных объектах.

### Заключение

Диссертационное исследование Карпенко Е.И. является завершенной научно-квалификационной работой. По актуальности, научной новизне, уровню исследований, обоснованности и достоверности выводов диссертация Е.И. Карпенко «Комплексная оценка радиационного воздействия объектов ядерной энергетики на окружающую среду и человека» соответствует всем критериям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора биологических наук, установленным в «Положении о порядке присуждения ученых степеней», утвержденном постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 с дополнениями от 21 апреля 2016 года № 335, а автор – Карпенко Евгений Игоревич заслуживает присуждения ему ученой степени доктора биологических наук по специальности 03.01.01 – «Радиобиология».

Отзыв подготовил ведущий научный сотрудник кафедры радиэкологии и экотоксикологии факультета Почвоведения ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», (адрес: 119991, Москва, Ленинские Горы, тел.: 8-495-939-50-09; e-mail: [svmamikhin@mail.ru](mailto:svmamikhin@mail.ru)), доктор биологических наук



Мамихин Сергей Витальевич

«22» апреля 2020 г.

Декан факультета Почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова  
член-корреспондент РАН



Шоба С.А.