

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу **Бураевой Елены Анатольевны «Радиоактивность почв Юга Европейской части России»**, представленную на соискание ученой степени **доктора** биологических наук по специальности 1.5.19. Почвоведение (биологические науки)

**Актуальность темы диссертационного исследования.** Несмотря на многочисленные публикации в области радиоэкологии, радиационной безопасности человека и окружающей среды, остается множество вопросов при решении задач по исследованию процессов переноса радионуклидов в экосистемах. Сложность процессов распределения радионуклидов в природных системах заключается в учете множества факторов, которые влияют на транспорт поллютантов в окружающей среде. К таким факторам относятся свойства почвы (химический и гранулометрический составы почвы, содержание гумуса и уровень pH, химические и физические свойства поллютантов), климатические особенности региона (количество осадков, температура воздуха, скорость и направление ветра), особенности рельефа территории, растительный покров, биотурбация и антропогенное вмешательство.

В регионах Российской Федерации и странах ближнего зарубежья основные исследования радионуклидного состава почв приурочены территориям, пострадавшим в результате аварии на Чернобыльской АЭС (например, Брянская, Калужская, Тульская и Орловская области) и Кыштымской аварии (Восточно-Уральский радиоактивный след), а также к местам испытаний ядерного оружия (Семипалатинский полигон). При этом сведения о содержании (концентрации) естественных и искусственных радионуклидов в объектах окружающей среды в регионах Юга России (Северного Кавказа) либо отсутствуют, либо являются эпизодическими. Поэтому оценка особенностей распределения удельной активности естественных радионуклидов в почвах и породах на отдельных территориях Северного Кавказа является особо актуальной.



**Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций.** В работе использовались данные, полученные в радиоэкологических экспедициях 2000–2021 годов в Ростовской области, Краснодарском и Ставропольском краях, Республиках Северная Осетия – Алания, Адыгея, Карачаево-Черкесия и Кабардино-Балкария. Среди техногенно измененных территорий особое внимание уделялось г. Ростову-на-Дону, 30-километровой зоне наблюдения Ростовской АЭС и природно-техногенной территории Новочеркасской ГРЭС.

Всего в работе было использовано более 50000 измерений мощности эквивалентной дозы гамма-излучения, 1000 почвенных проб (слой 0–10 см), 250 почвенных разрезов, 50 проб травянистых растений, 350 проб атмосферных аэрозолей, 100 проб мхов (объектов бриофлоры), 100 проб грибов и 70 проб подстилки (опада).

Все результаты данной работы отражены в многочисленных публикациях автора (350 работ), в том числе 8 статей в журналах Scopus и Web of Science, 11 статей в изданиях, рекомендованных Диссертационным советом ЮФУ, 43 статьи в изданиях ВАК, получено 65 свидетельств о государственной регистрации баз данных, а также 1 учебник с грифом Министерства образования РФ и 16 учебных и учебно-методических пособий.

**Объем и структура диссертации.** Работа состоит из введения, 8 глав, выводов, списка литературы и 2 приложений, общий объем 470 страниц машинописного текста. Содержит 94 таблицы и 127 рисунков. Список литературы насчитывает 798 источников, из них на иностранном языке 297.

**Научная новизна работы.** К наиболее важным научным результатам работы можно отнести следующее:

1. получен огромный фактический материал, характеризующий уровни и характер распределения мощности эквивалентной дозы (МАЭД) гамма-излучения и концентрации основных естественных ( $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  и  $^{40}\text{K}$ ) и искусственного радионуклида  $^{137}\text{Cs}$  на рекреационных и урбанизированных территориях Ростовской области и Северного Кавказа с учетом степени урбанизации, типа почвы и



наличия промышленных предприятий. Фактически выявлен ряд участков радиоактивных аномалий в селитебных зонах;

2. установлен ряд закономерностей, характеризующих вертикальное распределение  $^{137}\text{Cs}$ , в том числе и с учетом положения участка отбора проб в рельефе, в зональных (черноземы, каштановые почвы и бурая лесная почва) и в интразональных почвах (солонец, солончак, луговые, дерново-силикатные, аллювиальные) степных районов Ростовской области и горных районов Республики Адыгея;

3 дан детальный анализ концентрации (удельной активности)  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  и  $^{40}\text{K}$  в некоторых травянистых растениях, мхах, грибах, подстилке в регионах Северного Кавказа (Юга Европейской части России) на территориях с различной антропогенной нагрузкой. Особый интерес представляют данные о содержании  $^{137}\text{Cs}$  в мхах;

4 к особым достоинствам данной работы следует отнести достаточно детальное рассмотрение процессов формирования радиоактивного загрязнения почвенного покрова горных экосистем.

**Практическая значимость работы.** Результаты данной работы могут использоваться для оценки доз облучения населения от природных источников ионизирующего излучения, а также, несомненно, станут основой для оценки возможного негативного влияния различных промышленных предприятий и инцидентов, в результате которых радионуклиды могут поступить в окружающую среду.

Результаты диссертационной работы могут использоваться в образовательном процессе при подготовке студентов естественно-научных направлений. Особо следует отметить, что диссертантом в ходе выполнения диссертационного исследования подготовлены и опубликованы учебник, учебные и учебно-методические пособия.

### **Замечания**

1 Стр. 8 «...При оценке распределения в экосистемах такой *вероятностной* величины, как активность радионуклидов...». Некорректное утверждение,



поскольку вероятностным процессом является процесс распада единичного ядра, но не радиоактивного вещества. Похожее утверждение присутствует и далее, стр.114 *«Не стоит исключать и вклад вероятностной природы испускания гамма-квантов, например, при альфа- и бета-распадах природных радионуклидов и искусственного радиоцезия, содержащихся в наземных экосистемах»/*

2 В части литературного обзора, посвященной радиоактивности поверхностных экосистем приведены ссылки на очень внушительный список литературы, но не приведено численных значений концентраций искусственных и естественных радионуклидов в различных компонентах наземных экосистем, что крайне затрудняет анализ получаемых результатов.

3 Стр.43. Некорректное выражение «...грибы, поскольку они проявляют свойство **сорбции** водорастворимых соединений из почвы», правильное использовать слово «поглощение».

4 При анализе международных публикаций по различной тематике (отлично, что такой анализ проведен) было бы целесообразно строить график, используя значения не абсолютного количества статей, а значения, нормированные на общее количество публикаций в мире.

*В целом по литературному обзору общее замечание следующее – было бы целесообразно сформулировать выводы, соотнеся их с основными положениями, выносимыми на защиту.*

5 Общее замечание по главе 4. Основной целью работ, представленных в данной главе, является оценка среднего уровня гамма-фона. Однако, этот результат хотя является важным, но достаточно очевидным. Вместе с тем, практически на всех исследованных территориях выявлены значения, существенно превышающих средний фон (до 0,51 мкЗв/час), что явно свидетельствует о наличии радиоактивных аномалий в зоне проживания населения. Желательно было бы, именно этим участкам, уделить повышенное внимание и попытаться выяснить причину их появления. Соответственно, в выводах целесообразно отметить данные факты.



6 Стр.152. «Так как на территории Национального парка Алания нет значимого влияния урбанизации и промышленности, подобные значения МАЭД гамма-излучения можно считать фоновыми (эталонными)»... Не уверен в корректности использования термина «эталонный»

7 Стр. 214. «Оценка удельной активности различных пород Республики Адыгея показала, что максимальные концентрации естественных радионуклидов характерны для магматических (гранитоидов) и метасоматических (родингиты) горных пород, минимальные – для осадочных пород (аргиллиты, песчаники, глины, известняки)». К сожалению, данные результаты практически никак не представлены в тексте диссертации, тогда как, именно эти результаты, являются основополагающими для оценки содержания ЕРН в почвах (результаты представлены в Приложении, на которое имеется ссылка).

8 Было бы целесообразно гораздо подробнее рассмотреть результаты исследования распределения радионуклидов в верхнем слое почвы высокогорных регионов Северного Кавказа (раздел 5.3), особенно результаты по  $^{137}\text{Cs}$ , тем более что разброс в концентрациях достигает 20 раз. Именно в этом направлении, я бы рекомендовал работать далее.

9 Очень важным результатом является практически отсутствие повышенных концентраций  $^{137}\text{Cs}$  в почвах на участках пониженного рельефа. Считаю это очень важным результатом, но недостаточно осмысленным. Более того «очевидное» предположение о важности механизма смыва  $^{137}\text{Cs}$  может оказаться мифом.

10 Интересным результатом является факт выявления  $^{241}\text{Am}$  отдельных образцах мхов, стр.309. Однако сказано, «что определен  $^{241}\text{Am}$  глобального происхождения». С данным утверждением вряд ли можно согласиться, так как концентрации  $^{241}\text{Am}$  в почвах находятся на уровне  $n \cdot 10^{-2}$  Бк/кг почвы, то есть на уровне концентраций, крайне сложно обнаруживаемых при использовании стандартных методов. Соответственно, если он обнаружен, то его концентрации должны быть существенно выше глобальных и тогда «глобальным» его назвать нельзя.



11 В тексте диссертации практически отсутствует какая-либо информация о использованных методиках расчета доз (за исключением одной формулы в разделе 3.6.2). Более того, используя эту формулу невозможно получить приведенные результаты. Соответственно оценить их не представляется возможным.

12 К сожалению, в тексте диссертации часто присутствуют малодоказательные утверждения, часто приводимые как бы мимоходом, впроброс, например:

а) стр. 117 *«Дополнительным фактором может быть несколько большая запыленность надпочвенного слоя воздуха»*... Учитывая, что средняя запыленность воздуха в среднем не превышает  $10 \text{ мг/м}^3$ , вряд ли это может быть дополнительным фактором. К сведению, предельно допустимая концентрация взвешенных частиц PM10 составляет -  $0,04 \text{ мг/м}^3$ ;

б) стр. 126 *«Это можно объяснить тем, что загруженность автотранспортом в г. Ростов-на-Дону гораздо выше, чем в г. Волгодонске»*...Этим утверждением обосновывается повышенное значение МАЭД в г.Волгодонск, вряд ли с ним можно согласиться;

в) стр.172 *«...так и одним из важных недостатков гамма-спектрометрического метода – высокой инструментальной погрешностью измерения удельной активности радионуклидов (до 20-40%)»* Выражение некорректно, так как при достаточном времени измерения и активности статистическая погрешность измерений этим методом может быть менее 1 %;

г) стр.173 *«...Кочки, ямки, бугорки могут создавать значительные градиенты температуры и влаги, что приводит к значительным перераспределениям данного активного щелочного металла»*. Далее на стр. 232 *«Обильные ливни способствуют стремительному промыванию данного водорастворимого радионуклида вглубь почвенного профиля»*. Далее на стр.274 *«Все соединения цезия водорастворимы, что в условиях промывного водного почвенного режима усиливает миграцию данного радионуклида как по профилю, так и на склоновых участках»*. Далее на стр. 315 *«...щелочные металлы калий и цезий обладают схожими химическими свойствами, легко растворяются в воде и, соответственно,*



активно мигрируют в почве». Следует учесть, что в почве цезий, как правило, прочно связан и доля его водорастворимых и обменных форм не превышает 1%;

д) стр.199 «В отдельных точках отбора фиксируются повышенные удельные активности ЕРН, связанные с загрязнениями почвы **нефтепродуктами** и иными поллютантами с повышенным содержанием ЕРН». Нефтепродукты не содержат повышенных концентраций ЕРН;

е) стр.301 «Стоит отметить, что минимальные коэффициенты вариации радионуклидов в почвах в пределах контрольного участка для всех КУ (табл. 7.4) получены для  $^{232}\text{Th}$ , что может быть обусловлено как химическими свойствами данного элемента, так и с его низкими (по сравнению с содержанием  $^{226}\text{Ra}$  и  $^{40}\text{K}$ ) удельными активностями в материнских породах». Некорректное утверждение, опровергаемое результатами этой же работы. Концентрации  $^{232}\text{Th}$  и  $^{226}\text{Ra}$  как раз, как правило, в почвах схожи;

ж) стр. 304 «При этом методики подготовки растительных проб, как правило, не предполагают отмывание растений (кроме корней) от пыли и почвы (Михайловская и др., 2020; Ugbede, Okhuomariyi and Osahon, 2021; Ramadan et.al., 2021b; Semioshkina and Voigt, 2021; Sabyasachi Rout et.al., 2021; Larionova et.al., 2021; Velasco and Anjos, 2021)». Как правило, при исследовании корневого переноса методика предполагает тщательное отмывание растений. По крайней мере так указано в статье Larionova et.al.

К замечаниям общего характера следует отнести избыточное, с моей точки зрения, количество ссылок. Огромное количество ссылок на собственные работы, по всей видимости, это идет от требований подтверждать ссылками на опубликованные работы представляемую в диссертационной работе информацию. Однако, можно было выбрать иной способ их представления, выбрав 1-3 наиболее значимых работ.

Второе важное замечание – это неиспользование возможности представления результатов с использованием картографического материала. Представление



данных по исследованным территориям хотя бы в виде изолиний, наверняка, позволило бы более глубоко оценить результаты.

**Общее заключение.** Несмотря на вышеуказанные замечания и погрешности и учитывая объем и значимость полученного научного материала, можно сделать следующее заключение, что по своей актуальности, современным методам исследования, объему фактического материала и качеству его обработки, научной новизне и практической значимости полученных результатов диссертационная работа и автореферат отвечают требованиям «Положения о присуждении ученых степеней в ЮФУ» (№270-ОД от 29.09.2023 г.), предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор, Бураева Елена Анатольевна, заслуживает присуждения ученой степени доктора биологических наук по специальности 1.5.19. Почвоведение (биологические науки).

**Официальный оппонент: Лукашенко Сергей Николаевич**, доктор биологических наук по специальности 03.01.01 – Радиобиология, главный научный сотрудник лаборатории радиохимии и аналитической химии ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»

«08» октябрь 2023 года

Киевское шоссе д.1, к.1, Калужская область, г.о.Обнинск г.Обнинск, 249035

Подпись Лукашенко С.Н. удостоверяю

Ученый секретарь НИЦ «Курчатовский институт» - ВНИИРАЭ



Санжарова С.И.