

УТВЕРЖДАЮ

И.о. проректора по научной работе

_____ / А. С. Ярмош /

А. С. Ярмош 2021 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет» на диссертационную работу Калиновской Александры Андреевны на тему: «Распределение тяжелых металлов и радионуклидов в почвах природных и агроэкосистем северо-востока Лужской возвышенности», представленную на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 06.01.03 – Агрофизика.

Актуальность избранной темы диссертации А. А. Калиновской определяется необходимостью в знании фоновое содержания нормируемых химических элементов для проведения экологического мониторинга почв биогеносов и сопредельных агроэкосистем. Диссертантом определено фоновое содержание химических элементов, относящихся к тяжелым металлам (Ni, Cu, Cd) и радионуклидам (^{232}Th , ^{226}Ra) в преобладающих почвах биогеносов северо-востока Лужской возвышенности Ленинградской области РФ.

Связь работы с планами соответствующих отраслей науки и народного хозяйства. Диссертационная работа А.А. Калиновской соответствует тематике Федерального проекта «Комплексная система мониторинга качества окружающей среды», выполняемого в рамках национального проекта «Экология» на 2019-2024 гг., а также связана с реализацией Государственных программ Ленинградской области «Развитие сельского хозяйства Ленинградской области» (в ред. Постановлений Правительства Ленинградской области от 27.02.2020 № 80 и от 28.05.2021 № 303).

Новизна исследования и полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации. Соискателем проведен сравнительный анализ содержания тяжелых металлов (Ni, Cu, Cd) и радионуклидов (^{226}Ra , ^{232}Th , ^{137}Cs), в

подзолистых и дерново-подзолистых почвах биogeоценозов северо-востока Лужской возвышенности, сформированных на флювиогляциальных песках, двучленных породах, моренном суглинке, и в аналогичных почвах этой территории, находившихся ранее в сельскохозяйственном использовании, а также определено содержание радионуклидов и тяжелых металлов в аллювиальных почвах. В диссертационной работе была оценена пространственная изменчивость агрохимических свойств почв северо-востока Лужской возвышенности Ленинградской области РФ, и выполнена комплексная оценка взаимосвязи этих свойств почв с содержанием в них тяжелых металлов и радионуклидов.

На основе экспериментальных данных, полученных А.А. Калиновской, возможно создание информационной системы экологического мониторинга, связанного с контролем содержания Ni, Cu, Cd, ^{226}Ra , ^{232}Th и ^{137}Cs в естественных, постагрогенных и занятых в сельскохозяйственном производстве почвах.

Значимость для науки и производства полученных автором диссертации результатов, связана с тем, что на их основе при проведении мониторинга можно установить степень загрязнения почв природных и антропогенных экосистем Ленинградской области тяжелыми металлами и радионуклидами.

Соискателем установлены коррелятивные связи между показателями агрохимической характеристики изученных почв и валовым содержанием в них тяжелых металлов (Ni, Cu и Cd) и величиной удельной активности радионуклидов (^{226}Ra , ^{232}Th и ^{137}Cs). Охарактеризована пространственная неоднородность показателей агрохимической характеристики почв и содержания в них тяжелых металлов и радионуклидов. Выявлено содержание Ni, Cu и Cd в почвах биogeоценозов исследуемой территории.

Оценена степень длительного сельскохозяйственного воздействия на загрязнение почв тяжелыми металлами и радионуклидами методом сравнения свойств почв биogeоценозов и аналогичных постагрогенных почв.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации. На наш взгляд, полученные А.А. Калиновской экспериментальные данные, могут быть использованы в Федеральном государственном бюджетном учреждении «Центр агрохимической службы «Ленинградский»» и в Управлении Россельхознадзора по Санкт-Петербургу, Ленинградской и Псковской областям.

Обоснованность и достоверность научных положений и заключения, приведенных в диссертации, была обусловлена строгим соблюдением методических принципов проведения экологического мониторинга почв, а также аккуратным выполнением аналитических исследований почв и растений, радиоспектрометрического

анализа почв в аккредитованной аналитической лаборатории Санкт-Петербургского государственного аграрного университета по стандартным, аттестованным или общепринятым в почвоведении, агрохимии и радиометрии методам. При этом все полученные экспериментальные результаты подвергались математической обработке методами вариационной статистики.

Оценка содержания диссертации, ее завершенность в целом, замечания по оформлению. Работа состоит из введения, 3-х глав, заключения, списка использованных литературных источников и приложения. Она изложена на 135 страницах (приложение занимает ещё 24 страницы), иллюстрирована 2 рисунками, содержит 30 таблиц. Число использованных литературных источников — 219, из них англоязычных — 42.

Во «Введении» были четко обоснованы актуальность, степень разработанности темы, теоретическая и практическая значимость работы, сформулированы цель, задачи и научная новизна исследований.

Первая глава была посвящена литературному обзору современных научных представлений о свойствах и поведении тяжелых металлов и радионуклидов, проанализированы данные, характеризующие источники загрязнения агроландшафтов тяжелыми металлами и радионуклидами, дан теоретический анализ результатов научных исследований по выявлению факторов, воздействующих на поведение тяжелых металлов в почве, рассмотрены вопросы нормирования содержания загрязняющих веществ в почве.

Вторая глава содержала описание объектов исследования — почвенных разностей Лужской возвышенности. В ней изложена методология почвенно-экологических исследований, химического и радиометрического анализа почв и растений. Для описания почвенного покрова территории было заложено 23 почвенных разреза, включая прикопки. Образцы почв, были отобраны из каждого почвенного горизонта и проанализированы в лаборатории в соответствии с общепринятыми и аттестованными методами, а также методами ГОСТ с целью определения показателей агрохимической характеристики почв: содержания углерода органических соединений, обменной и гидролитической кислотности, суммы поглощенных оснований, содержания подвижного фосфора и калия в почве, валового содержания железа. Валовое содержание Ni, Cu и Cd было определено атомно-абсорбционным методом, а содержание ^{226}Ra , ^{232}Th и ^{137}Cs оценивалось по удельной активности — гамма-спектрометрическим методом.

В третьей главе были представлены результаты исследований.

В подглаве 3.1 автор диссертационной работы представила результаты почвенного обследования территории Лужской возвышенности. Показано, что на обследуемой

территории преобладают дерново-подзолистые и подзолистые иллювиально-железистые почвы, сформированные на флювиогляциальных песках. Их доля на территории составляла 39 %. Часть этих почв приурочена к естественным ландшафтам, часть — к землям сельскохозяйственного назначения. Дерново-подзолистые почвы, сформированные на двучленных породах, занимали 31 % обследуемой территории. Автор работы объединила эти почвы в одну выборку, так как профиль почв подзолистого типа на флювиогляциальных песках и на двучленных породах, сформированных на кроющей толще легкого гранулометрического состава. Для описания агрохимической характеристики исследуемой почвы были разделены на 4 категории: 1) почвы естественных экосистем, сформированные на флювиогляциальных песках и двучленных породах; 2) постагрогенные почвы, сформированные на флювиогляциальных песках и двучленных породах; 3) постагрогенные почвы, сформированные на красно-буром моренном суглинке; 4) аллювиальные почвы.

В подглаве 3.2 были описаны показатели агрохимической характеристики почв выделенных групп. Привено их сравнение. Автором была проведена статистическая обработка значений показателей агрохимической характеристики почв. Найдена пространственная вариабельность этих показателей. В частности, определены средние значения каждого показателя в четырех выделенных группах почв, стандартные отклонения этих показателей, а также коэффициент вариации признака. Показатели агрохимической характеристики почв, относящихся ко всем четырем группам, характеризуются сильной вариабельностью. Наименьшая вариабельность была характерна для обменной кислотности почвы, при этом минимальный коэффициент вариации этого показателя имели кислые аллювиальные почвы. Наибольшая вариабельность была выявлена в отношении содержания подвижных соединений калия и фосфора в почвах земель сельскохозяйственного назначения.

Сельскохозяйственное использование автоморфных почв и своеобразие условий формирования аллювиальных почв обуславливают большую вариабельность содержания органического вещества, подвижных форм фосфора и калия, валового содержания железа и, наоборот, определяют кислотно-основные свойства почв. Значения коэффициентов вариации показателей агрохимической характеристики почв в пределах почвенного профиля сильно отличались.

После усреднения коэффициентов вариации показателей агрохимической характеристики почв в гумусовом горизонте всех исследуемых почв, была получена следующая последовательность эдафических факторов по степени возрастания их вариабельности: pH_{KCl} (10 %) < V (24 %) < H_r (31 %) < S (35 %) < $C_{орг.}$ (54 %) < Fe (55 %) < подвижные соединения калия (87 %) < подвижные соединения фосфора (96 %) (pH_{KCl} —

водородный показатель солевой вытяжки, V — степень насыщенности основаниями, H_r — гидролитическая кислотность, S — сумма обменных оснований, $C_{орг.}$ — углерод органических соединений, Fe — валовое содержание железа в почве).

В подглаве 3.3 было рассмотрено содержание тяжелых металлов Ni, Cu и Cd в почвах Лужской возвышенности. Содержание указанных металлов приведено в почвенном профиле всех изучаемых почв. Установлено пространственное распределение содержания этих металлов в почвах четырех групп. Установлена высокая переменность содержания всех изучаемых тяжелых металлов в разных группах почв. Сельскохозяйственное использование существенно не увеличивало содержание Ni и Cu в почвах подзолистого типа. Средние значения содержания тяжелых металлов в аллювиальных почвах были заметно выше, чем в почвах автоморфных ландшафтов: Ni — в 2–28 раз, Cu — в 2–8 раз, Cd — в 10–14 раз.

Показатели агрохимической характеристики почв Лужской возвышенности, были собраны в единую выборку для установления тесноты связи между свойствами почв и содержанием в них тяжелых металлов методом корреляционного анализа. Показано, что валовое содержание Ni, Cu и Cd в почвах Лужской возвышенности имело достоверную прямую линейную взаимосвязь с величинами суммы обменных оснований, гидролитической кислотности, содержания углерода органических соединений, подвижного калия, валового содержания железа в почве, и не зависело от значений обменной кислотности почвы и содержания в ней подвижного фосфора.

В подглаве 3.4 было охарактеризовано содержание тяжелых металлов, Ni, Cu и Cd в дикорастущих представителях растительного сообщества биоценозов Лужской возвышенности, произрастающих непосредственно в местах закладки почвенных разрезов. Максимальное накопление никеля было отмечено в кладонии бесформенной (*Cladonia deformis* (L.) Hoffm.), произрастающей около разреза дерново-слабоподзолистой песчаной иллювиально-железистой почвы на флювиогляциальных песках, а наибольшее содержание меди и кадмия — в иве белой (*Salix alba* L.), встречающейся в непосредственной близости от места заложения разреза аллювиальной лугово-болотной среднесуглинистой почвы. Проведен корреляционный анализ между содержанием тяжелых металлов в растениях и в почве, на которой они произрастали.

В разделе 3.5 было рассмотрено распределение естественных радионуклидов: ^{226}Ra и ^{232}Th , а также искусственного радионуклида ^{137}Cs в почвах Лужской возвышенности. Удельная активность ^{232}Th имела коэффициент вариации 25,8–31,7 % в разных почвах, удельная активность ^{226}Ra — 22,3–38,1 %. Содержание естественного радионуклида ^{232}Th в почвах Лужской возвышенности зависело от почвообразующей породы. При этом, в

гумусовом горизонте почв удельная активность тория-232 возрасла в ряду: почвы подзолистого типа, сформированные на флювиогляциальных песках и двучленных породах (18,6 Бк/кг) < дерново-подзолистые почвы на моренном суглинке (38,6 Бк/кг) < аллювиальные почвы (53,6 Бк/кг). Корреляционный анализ зависимости значений удельной активности ^{232}Th от показателей агрохимической характеристики почв показал, что распределение этого радионуклида в почве достоверно зависело от всех отмеченных в работе показателей агрохимической характеристики почв, кроме содержания подвижного фосфора. Были выявлены прямые тесные существенные линейные корреляционные зависимости между удельной активностью ^{232}Th в почвах и величинами суммы обменных оснований и содержанием подвижного калия.

Радиоактивный изотоп радона (^{226}Ra) отсутствовал только в верхних горизонтах почв подзолистого типа или находится в незначительных количествах, по сравнению с его содержанием в иллювиальном горизонте, в аллювиальных почвах, наоборот, содержание радионуклида снижалась вниз по профилю. Значения удельной активности ^{226}Ra в почвах достоверно коррелировали с величинами гидролитической кислотности почвы.

В почвах Лужской возвышенности был обнаружен радионуклид ^{137}Cs искусственного происхождения. Им загрязнено 48 % обследуемой территории с удельной активностью 7,8–952 Бк/кг почвы. В почвах подзолистого типа присутствие ^{137}Cs отмечалось только в верхней части профиля — до глубины 39 см. Максимальное количество радио-цезия было характерно для аллювиально-болотной почвы, расположенной в пойме реки Оредеж. Распределение искусственного радионуклида ^{137}Cs в почвах достоверно зависело от величины обменной кислотности почвы.

Диссертация написана хорошим научным языком, оформлена аккуратно и представляет собой завершенное научное исследование, выполненное на актуальную тему и на высоком научном уровне, характеризуется научной новизной и практической значимостью. Выводы соответствуют поставленным задачам и в них обобщены результаты исследований, представленных в данной научно-квалификационной работе.

Замечания по работе:

1. Слово сочетание «природных и агроэкосистем» не совсем корректно.
2. В работе не указаны предприятия, в которых целесообразно было бы внедрять полученные соискателем экспериментальные данные, научные коллективы, которым следует продолжить или развить соответствующие исследования.
3. Не приведены авторы названия семейств, родов и видов растений.
4. Автором не обоснован выбор тяжелых металлов, а именно Ni, Cu, Cd и радионуклидов (отсутствует ^{40}K), которые использовались для проведения исследований

распределения этих химических элементов в почвах Лужской возвышенности Ленинградской области РФ.

5. В аллювиальной почве отмечено очень высокое содержание ^{137}Cs , однако не дана оценка опасности загрязнения, не показана пространственная вариабельность содержания радионуклидов в исследуемых разрезах. Вряд ли можно объяснить высокое содержание ^{137}Cs в разрезе поступлением из почв водосбора реки.

6. Глава «Объекты и исследования» не содержит конкретные характеристики объектов. Не понятно, по какой классификации дано типовое название почв. Глава, посвященная литературному обзору избыточна (44 страницы из 110). Результаты изложены на 50 страницах. Показаны методы оздоровления почв от радионуклидов, применяемых в агроценозах. Но в диссертации почвы агроценозов не рассматриваются. Не указан возраст залежей, представленных постагрогенными почвами, а это важный показатель для оценки ТМ и радионуклидов.

Соответствие автореферата основным положениям диссертации. Содержание автореферата соответствует основным положениям диссертации.

Подтверждения опубликованных основных результатов диссертации в научной печати. Основные результаты научных исследований по теме диссертации были изложены А.А. Калиновской в ряде печатных работ, четыре из которых опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК РФ. Содержание печатных материалов соответствует данным, представленным в диссертации.

Заключение о соответствии диссертации Калиновской А. А. критериям, установленным «Положением о порядке присуждения ученых степеней». Диссертация Калиновской Александры Андреевны «Распределение тяжелых металлов и радионуклидов в почвах природных и агроэкосистем северо-востока Лужской возвышенности» является самостоятельным законченным научным исследованием, которое содержит решение задач, связанных с установлением пространственной неоднородности распределения тяжелых металлов (Ni, Cu, Cd) и радионуклидов (^{226}Ra , ^{232}Th , ^{137}Cs) в почвах Лужской возвышенности Ленинградской области РФ и с определением взаимосвязи между показателями агрохимической характеристики почв и как содержанием тяжелых металлов, так и значениями удельной активности радионуклидов в почвах, имеющих большое значение для развития агроэкологии в нашей стране, что соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор заслуживает

присуждения искомой ученой степени кандидата биологических наук по специальности 06.01.03 – Агрофизика.

Отзыв ведущей организации о диссертации Калиновской А.А. «Распределение тяжелых металлов и радионуклидов в почвах природных и агроэкосистем северо-востока Лужской возвышенности», представленной на соискание ученой степени кандидата биологических наук, обсужден на заседании кафедры почвоведения и экологии почв Института наук о Земле Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет», протокол № 5 от 27 октября 2021 г.

Отзыв подготовили доктора сельскохозяйственных наук профессора кафедры почвоведения и экологии почв Института наук о Земле Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет» Апарин Борис Фёдорович и Попов Александр Иванович.

199034, г. Санкт-Петербург, Университетская наб., 7/9.

Телефон: 8 (812) 328-20-00, b.aparin@spbu.ru, a.i.popov@spbu.ru

Научная специальность: 03.02.13 – Почвоведение

Заведующий кафедрой почвоведения
и экологии почв Института наук о Земле
Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный университет»,

доктор географических наук

А. В. Русаков

