ОТЗЫВ

официального оппонента Окоркова Владимира Васильевича на диссертационную работу Лаврищева Антона Викторовича «Изучение поведения стабильного стронция в агроэкосистемах Северо-Запада России», представленную на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук по специальности 06.01.03 – агрофизика

Актуальность темы

Стабильный стронций – элемент 3-го класса опасности. Поступая из почвы в растения, а из них – в организмы животных и человека, он замещает кальций в костной ткани, что приводит к различным заболеваниям костей и суставов.

Источниками поступления стабильного Sr в агроэкосистему являются удобрения и мелиоаранты, получаемые из фосфатного сырья. К ним относятся: суперфосфаты (простой и двойной), фосфоритная мука, азофоска, нитрофоска, фосфогипс, конверсионный мел (КМ) и др. По данным экономико-статистического справочника «Применение удобрений … 1966-1983 гг.» (1986) в Северо-Западном регионе с 1 т минеральных фосфорных удобрений вносилось от 6,64 до 8,30 кг/га стабильного Sr. За эти годы в почву поступило на 1 га пашни в Ленинградской области 56 кг Sr, в Новгородской – 20, Псковской области – 18 кг стабильного Sr.

Особую опасность представляют мелиоранты, вносимые в высоких дозах. Так, при однократном известковании КМ по полной гидролитической кислотности в почву может поступать 90 кг/га Sr (А.В. Литвинович с соавт., 1998). В 80-х годах 20-го столетия широкие исследования велись по влиянию фосфогипса на повышение эффективности известкования дерново-подзолистых почв, разработке состава смесей фосфогипса с известью для этих целей. Использование отходов производства фосфорных удобрений позволяет улучшать экологическое состояние территорий вблизи предприятий-производителей. Однако в настоящее время процессы трансформации вносимого в почву стронция (размеры поглощения растениями, почвой, выноса в грунтовые воды), ПДК Sr в почвах и растениях разработаны в недостаточной мере, отсутствуют регламенты использования стронцийсодержащих удобрений и мелиорантов.

В связи с этим проблема поведения Sr в агроэкосистемах при использовании стронцийсодержащих удобрений и мелиорантов является весьма актуальной.

Степень обоснованности научных положений, достоверности выводов и рекомендаций соискателя, сформулированных в диссертации:

Выводы, научные положения и рекомендации производству по диссертационной работе основываются на экспериментальных данных, полученных в пяти модельных, трех вегетационных опытах, в двух производственных испытаниях и в сравнительно-генетическом исследовании, соответствуют изложенным в работе данным, обоснованы результатами исследований. Опыты проводились в повторности, позволяющей провести статистическую обработку полученных результатов, выявить достоверные различия. Химический анализ почв,

растений и промывных вод выполняли по ГОСТам и общепринятым методикам на сертифицированном оборудовании.

Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

Научная новизна работы состоит в том, что впервые в условиях Северо-Запада РФ проведены комплексные исследования по поведению стабильного стронция при применении стронцийсодержащего мелиоранта (конверсионного мела) в системе: почва – растения – жидкая фаза. В отличие от кальция установлен барьерный характер поступления Sr в генеративные органы зерновых культур. На примере яровой пшеницы показано, что высота барьера сильно варьирует даже в пределах одного вида растений. Впервые установлены и различия в интенсивности вертикальной миграции Ca и Sr в зависимости от содержания и качества гумуса. В высокогумусированной почве миграционная способность кальция в 2 раза выше, чем для стронция, что приводит к сужению отношения Ca/Sr в почве. Определяющая роль в закреплении Sr дерново-подзолистой почвой принадлежит 1-й фракции гуминовых кислот. По сравнению с естественной почвой под лесом длительное применение стронцийсодержащих удобрений и мелиорантов приводит к накоплению стабильного Sr в пахотном слое дерново-подзолистой почвы. Впервые проведено сравнительное изучение существующих отечественных нормативов загрязнения почв и растений стабильным стронцием, показана их недостаточная разработанность и необходимость их совершенствования. Разработаны эмпирические модели растворения ряда известьсодержащих мелиорантов, миграции стронция из мелиорируемой конверсионным мелом дерново-подзолистой почвы и перемещении его в растения, предложены пути по снижению поступления стабильного стронция в почвы и растения.

Практическая и теоретическая значимость работы. В работе обобщены результаты исследований по поведению кальция и стабильного стронция в агроценозах при использовании в сельскохозяйственном производстве стронцийсодержащих удобрений и мелиорантов, установлены основные закономерности трансфорации Sr в агроценозах Северо-Запада РФ, которые могут лечь в основу разработки ПДК Sr в почвах и растениях взамен гигиенически слабо обоснованных нормативов. Впервые разработаны эмпирические модели растворения известьсодержащих мелиорантов, миграции стронция из мелиорируемой конверсионным мелом дерново-подзолистой почвы и перемещения кальция и стронция в различные органы растений, разработаны технологии по снижению содержания стронция в почвах и растениях. Впервые установлен барьерный механизм поступления стронция в генеративные органы растений, проведена оценка его высоты.

Доказано высокое мелиоративное действие конверсионного мела, не уступающее влиянию на продуктивность растений традиционных мелиорантов: известняковой и доломитовой муки, гажи.

Полнота отображения полученных результатов в опубликованных работах диссертанта. По материалам диссертации опубликовано 38 печатных работ, в том числе 16 – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, и одной коллективной монографии.

Основные положения диссертационной работы докладывались на 7-й ежегодной конференции «XXI век: Молодежь, образование, экология, ноосфера», 1999; 3-м международном коллоквиуме «Полевые эксперименты – для устойчивого землепользования», 1999; V Всероссийском съезде почвоведов, Ростов, 2008; межрегиональной научно-практической конференции «Почвенные ресурсы Северо-Запада России: их состояние, охрана и рациональное использование», СПбГУ, 2008; VI Съезде Общества почвоведов имени В.В. Докучаева, 2012; международной научной конференции, посвященной 145-летию со дня рождения академика К.Д. Глинки, С.- Петербург, СПбГАУ, 2012; международном агроэкологическом форуме, С.-Петербург, СЗНИИМЭСХ, 2013; the 1st International Congress on Soil Science, Belgrad, Serbia, 2013; на конференциях профессорско-преподавательского состава СПбГАУ 1998, 2006, 2007, 2015, 2016.

Личный вклад соискателя

Работа выполнена в соответствии с тематикой научно-исследовательской работы, проводимой ФГБОУ ВО СПбГАУ в период 2001-2010 гг. Закладка и проведение всех опытов, описанных в диссертации, выполнялись лично автором в составе научного коллектива. Обобщение результатов исследований велось лично при участии научного консультанта А.В. Литвиновича. Химико-аналитические работы выполнены автором в лабораториях ВНИПТИМ, АФИ и СПбГАУ. Общий вклад соискателя в объеме диссертационных исследований составляет не менее 75 %.

Структура и оформление диссертации. Диссертационная работа Лаврищева Антона Викторовича выполнена по одному из актуальных направлений увеличения объемов сельскохозяйственного производства за счет мелиорации кислых почв с получением гигиенически чистой продукции. Диссертация состоит из введения, 7 глав, выводов, предложений производству, списка использованной литературы, приложений. Работа изложена на 272 страницах компьютерного текста, включает 47 таблиц, 60 рисунков. Библиографический список состоит из 328 источников, в том числе из 67 на иностранных языках.

В главе 1 «Объекты и методы исследований» из-за сложности и многофакторности процессов, протекающих в агроэкосистемах, автор обосновывает необходимость комплексного изучения поведения стронция при взаимодействии стронцийсодержащих мелиорантов с ППК кислых почв (основной компонент агросистемы), а на отдельных этапах - в контролируемых условиях модельных и вегетационных опытов, проверку результатов исследований в полевых условиях. Вследствие этого экспериментальная база исследований включала 5 модельных, 3 вегетационных опыта, 2 производственных испытания гигиенической оценки и эффективности применения КМ, а также сравнительно-генетические исследования по установлению влияния длительного применения стронцийсодержащих удобрений на содержание Sr в почвах.

Представлены физико-химические свойства дерново-подзолистых почв супесчаного и легкосуглинистого гранулометрического состава. Почвы значимо различаются по содержанию гумуса и ЕКО, величине обменной кислотности (при близкой гидролитической).

Приведен гранулометрический и химический состав КМ. В нем содержится 90 % $CaCO_3$, 0,9 % P_2O_5 и 1,5 % N, 1,5 % Sr, 0,3 % F, незначительные количества Ni, Cu и Zn, отношение Ca:Sr 24:1. Конверсионный мел обладает благоприятными для внесения в почву физическими свойствами.

Для изучения действия КМ на поступление в растения стабильного Sr использовали яровые рапс, вику, пшеницу и ячмень, капусту белокочанную, морковь столовую. Представители этих видов (семейств) широко используются в производстве сельскохозяйственной продукции. Дана краткая характеристика этих видов и сортов.

Подробно описана методика исследования в модельных экспериментах, вегетационных опытах, производственных испытаниях и сравнительно-генетических исследованиях. Дано описание разрезов почв в полевых исследованиях, приведены методы проведения химических анализов и статистической обработки данных.

Во 2-й главе А.В. Лаврищев приводит литературный обзор о содержании и формах соединений стронция в горных породах, в почвах различных регионов и природных водах. Дана характеристика стронцийсодержащих удобрений и мелиорантов. Наиболее высоким содержанием Sr характеризуется простой суперфосфат (1,15-1,20 %), в фосфоритной муке различных месторождений его содержание почти в 3 раза ниже (0,41-0,48 %). Наибольшую опасность в отношении загрязнения почв Sr является конверсионный мел (КМ) и фосфогипс из апатитового сырья, содержащие соответственно 1,5 и 1,8-3,5 % Sr. Сделан вывод, что стронцийсодержащие удобрения и мелиоранты являются потенциальным источником загрязнения почв стронцием. При их применении необходим систематический контроль за содержанием этого элемента в компонентах агроценоза.

В вегетационных опытах диссертантом установлено, что при применении КМ в дозах до 1,5 $Н_Г$ не менее 90 % его растворяется к концу 3-го года исследований. Полное растворение высоких доз КМ $2Н_Г$-$3Н_Г$ достигается на 4-й год после его применения. На основании полученных данных впервые были построены математические модели растворения мелиоранта в почве. При этом динамика нерастворенного $CaCO_3$ была разделена на 2 этапа. На 1-м этапе (в конце 1-го года взаимодействия) растворялась основная часть внесенного КМ, на 2-м (1-3 годы) происходило дорастворение мелиоранта. Для каждого этапа построены отдельные экспоненциальные зависимости размеров нерастворенного мела от года взаимодействия. Коэффициент детерминации и F-статистики свидетельствовали о статистической значимости построенных моделей на уровне 5 %.

А.В. Лаврищев впервые изучил в вегетационных опытах динамику содержания различных форм Ca и Sr в почвах при использовании возрастающих доз КМ. При применении полной дозы КМ (1 $Н_Г$) по его исследованиям произошло увеличение валового содержания Ca в обеих почвах на 27-32 % от исходного, Sr – на 60-63 %, в годы последействия – тенденция снижения их, связанная с поглощением растениями. По-нашему мнению, варьирование связано в большей мере с точностью определения валовых форм этих элементов, так как

их поступление с мелиорантом было более низким, чем было определено на рентгенфлюоресцентном анализаторе.

В год действия КМ в 3 раза более высокая концентрация подвижного Са в 1-й почве, чем во 2-й, по-нашему мнению, может быть связана и с более высокой обменной кислотностью (2,5 против 0,75 мг-экв/100 г почвы), что обеспечивало более высокую скорость взаимодействия мела с ППК. Очевидно, следует согласиться с мнением автора о возможности пополнения подвижных соединений Са в почве № 1 и за счет минерализации корневых остатков трав.

Концентрация подвижного Sr в обеих почвах в год внесения КМ варьировала от 9,2 до 66,2 мг/кг почвы (2,6-29,9 % от валового содержания). Она возрастала по мере проведения эксперимента из-за увеличения размеров растворения мела и роста ионной силы жидкой фазы. Последнее заметно снижало коэффициент активности двухвалентных катионов и увеличивало переход Sr в жидкую фазу.

Из результатов исследований вытекает, что содержание подвижного Sr возрастает на размеры внесенного с мелиорантом Sr. Они подтверждают положение о том, что подвижные формы стронция в первую очередь обусловливаются вносимым мелиорантом. Это было установлено и в прецизионном опыте № 2.

Весьма информативны и данные по динамике содержания водорастворимых форм Са и Sr в вегетационном опыте № 1. На 1-й почве (более агрегированной) в год действия КМ из-за гидролиза CO_3^{2-} по 1-й ступени происходит нейтрализация OH^--ионами обменной кислотности, составляющей половину $H_Г$, с вхождением ионов Са и Sr в обменное состояние. Этот процесс протекает при низкой концентрации ионов Са в жидкой фазе и соответственно в водной вытяжке (6,6-26,6 мг/кг почвы). Весьма низка и концентрация Sr (0,1-0,5 мг/кг). При дальнейшем повышении концентрации Са от продолжающегося растворяться мелиоранта, а также наличия нитрата кальция (в КМ 1,5 % азота), происходит взаимодействие ионов Са и Sr с функциональными группами ПК с одновременным вытеснением ионов водорода (внутриагрегатных), которые в условиях эксперимента нейтрализуются ионами гидроксила. Этот 2-й этап более медленный и ведет к полному растворению мела, повышению концентрации в жидкой фазе двухвалентных катионов Са и Sr, ионной силы почвенного раствора. А последнее благоприятствует и повышению концентрации ионов Sr в ней. Во 2-й менее агрегированной почве с низкой обменной кислотностью эти два этапа протекают одновременно.

В главе 3 «Миграционная способность Са и Sr в дерново-подзолистых почвах» после литературного обзора по изучению миграционной способности Sr, размеры которой носят противоречивый характер, представлены данные по вымыванию Са и Sr из мелиорируемой КМ (1 $H_Г$) и нативной почвы. Фонд подвижных соединений Sr в нативной почве составил 0,12 % от валового содержания и был вымыт примерно одной нормой годовых осадков (около 600 мм). Из мелиорируемой почвы за 8 промываний (2,5 нормы годовых осадков) с фильтратом удалено 54 % внесенного с КМ Са и 25 % Sr, за 16 промываний - соответственно 43 и 23 %. Кальций вымывался из почвы в 2 раза интенсивнее, чем

Sr. Было выявлено, что из более гумусированной почвы за 8 промываний было удалено 25 % внесенного Sr, а из слабо гумусированной – 41 %. Предположено, что Sr закрепляется в составе гумуса или его производных. Результаты изучения также показали, что в присутствии растений пшеницы по сравнению с почвой без них доля вымываемого стронция для 1-й почвы снизилась в 2,2 раза, для 2-й – почти в 3,0 раза. Растения сдерживали миграцию Sr из-за выделения соединений, связывающих стронций. В элюатах определены размеры углерода водорастворимого органического вещества, которые были на порядок ниже количества выщелачиваемого Sr. Сделан вывод, что основная масса корневых выделений связывала стронций в составе малоподвижных органоминеральных комплексов.

Диссертантом были разработаны математические модели, адекватно описывающие динамику процесса выщелачивания Ca и Sr после 1-го и 2-го известкования.

В главе 4 «Закрепление стронция в почвенном поглощающем комплексе» диссертант развивает и уточняет положения о разной миграционной способности Ca и Sr, полученные в модельных и вегетационных опытах, в производственных условиях. Показано, что целинная и пахотная дерново-подзолистые почвы близкого исходного генезиса, существенно отличаются по содержанию подвижного Sr. Если концентрация подвижного стронция в целинной почве колебалась от 0,4 до 0,9 мг/кг воздушно-сухой почвы, то при длительном сельскохозяйственном использовании таких же почв – от 8,1 (низкий уровень загрязнения) до 18,2 мг/кг Sr (умеренно-опасный уровень).

Выявлена средней силы положительная связь между содержанием гумуса и концентрацией подвижного Sr в образцах, отобранных из пахотной дерново-подзолистой почвы. Коэффициент корреляции между этими параметрами 0,42.

Диссертантом получены оригинальные данные о ведущей роли в закреплении Sr 1-й фракции ГК. В не известкованной почве на ее долю, составляющую 0,4 % от массы почвы, приходилось 50 % всего почвенного Sr. В известкованной почве доля стронция в 1-й фракции ГК составила 21,2 % от его валовых запасов в почве.

Глава 5 посвящена накоплению кальция и стронция растениями при известковании дерново-подзолистых почв конверсионным мелом. В разделе 5.1 представлен обзор литературы о физиологической роли Ca и Sr в жизни растений. Роль Ca в питании и метаболизме растений неоспорима, а Sr изучена недостаточно.

Диссертантом показано, что на поступление Sr в растения оказывают влияние дозы применения КМ, стадия растворения мелиоранта, степень гумусированности почвы. В вегетационном опыте № 1 не выявлено закономерностей в накоплении Sr, связанных с биологическими особенностями растений.

В год применения КМ (вегетационный опыт № 2) содержание Sr в рапсе варьировало в пределах 22-230 мг/кг сухой массы (отношение Ca/ Sr 125-435). На 4-й и 5-й годы без известкования концентрация Sr составляла 100 и 487 мг/кг, в известкованных вариантах обеих почв увеличилась до 1690 мг/кг. Отношение Ca/ Sr варьировало от 36 до 7-8, коэффициент дискриминации Sr

кальцием был менее 1, особенно при высоких дозах КМ. Это связано с тем, что с ростом подвижного Са коэффициент биологического поглощения рапсом Са снижался значительно быстрее, чем соответствующий коэффициент для Sr. Вовлечение Sr корневых остатков в биологический круговорот, увеличение ионной силы жидкой фазы способствовали росту подвижных форм Sr в почве и их интенсивному поглощению рапсом. Коэффициент корреляции между содержанием подвижного Sr в почве и его концентрацией в рапсе составил 0,87 в год применения мела и 0,90 – на 3-й и 4-й годы его последействия.

А.В. Лаврищевым в вегетационном опыте № 2 с зерновыми культурами (3-й год взаимодействия КМ) установлено наличие защитных механизмов, способствующих сдерживанию поступления Sr из вегетативных органов в зерно. Максимальное значение величины барьера у ячменя составило 29 единиц. Высота барьера варьировала в широком диапазоне даже в пределах одного биологического вида. У 7 сортов яровой пшеницы, выращенных в одинаковых условиях, высота барьера изменялась от 40 до 471 ед. в вариантах без известкования и от 27 до 652 ед. в вариантах, произвесткованных КМ в количестве, соответствующем 1,5 величине $Н_Г$.

Пороговая концентрация подвижных форм стронция в известкуемой почве, при которой защитные механизмы не в состоянии снизить рост концентрации Sr в генеративных органах (зерне), является индивидуальным показателем растений на сортовом уровне. У ярового ячменя Суздалец она составила 97 мг/кг почвы, что соответствовало применению мела в дозе 1,6 $Н_Г$.

Диссертантом созданы математические модели возрастания концентрации Са и Sr в соломе и в зерне в зависимости от дозы мелиоранта. Увеличение Са и Sr в соломе и Са в зерне описывалось параболической зависимостью от дозы и линейной от параметров – коэффициентов многочлена второй степени. Поступление Sr в зерно имело существенно нелинейную зависимость от параметров. С повышением подвижного Sr до критической величины его концентрация в зерне слабо возрастала из-за роста величины защитного барьера. Последующий рост подвижного Sr в почве приводил к резкому снижению высоты защитного барьера и соответствующему увеличению содержания стронция в зерне. 3-й пологий участок содержания Sr в зерне отвечал отсутствию активного защитного барьера.

В главе 6 «Экологические аспекты использования конверсионного мела» А.В. Лаврищев обобщил литературные данные, свидетельствующие о том, что повышенные концентрации стронция в организмах животных и человека приводят к различным заболеваниям костей. Механизм возникновения их связан с заменой ионов кальция стронцием в костной ткани благодаря близости их химических свойств. Эти заболевания носят локальный характер и приурочены к биогеохимическим стронциевым провинциям. Однако менее серьезные заболевания могут возникнуть при мелиорации почв фосфогипсом и конверсионным мелом.

Диссертантом на основании собственных исследований приведена оценка существующих нормативов содержания стабильного Sr в почвах и растениях и сопоставление их между собой. Они следующие:

1) валовое содержание Sr в почвах должно быть меньше 500-600 мг/кг, а отношение валовых Ca:Sr > 10:1;
2) по содержанию подвижного стронция, извлекаемого ацетатно-аммиачным буфером с pH 4,8;
3) показатель Ca/Sr отношения в растениеводческой продукции. Его величины для разных уровней загрязнения у различных исследователей заметно различаются;
4) по абсолютным величинам содержания стронция в кормах.

Результаты исследования диссертанта показали, что существующие нормативы слабо гигиенически обоснованы и не могут быть использованы для оценки качества растительной продукции.

Диссертантом предложен и апробирован прием, снижающий переход Sr в растения, основанный на смешивании КМ с известковыми материалами, не содержащими стронций. Проверка его выполнялась как в 2-х вегетационных опытах, так и в модельном опыте с проростками пшеницы.

В главе 7 изучены мелиоративные свойства КМ. Диссертантом установлено, что под действием мела происходит улучшение физико-химических свойств дерново-подзолистых почв: повышение pH_{KCl}, снижение обменного алюминия и обменной кислотности, гидролитической кислотности. Эти изменения возрастали с увеличением доз КМ. С длительностью действия мелиорантов установлено небольшое ухудшение параметров физико-химического состояния мелиорируемых почв, особенно заметное для почвы с более высокой емкостью обмена (по абсолютной величине). Это происходило в результате дорастворения мелиоранта и нейтрализации внутриагрегатных кислотных групп (дополнительные источники подкисления почвы). По данным табл. 7.3 в год действия и 1-й год последействия для 1-й почвы коэффициент использования доз мела (0,2; 0,5 и 1,0 $Н_Г$) на снижение $Н_Г$ варьировал от 0,48 до 0,62, для смеси с доломитовой мукой в силу её более слабой растворимости – в пределах 0,40-0,41. Для 2-й почвы (менее агрегированной) для полной и половинной доз мелиорантов коэффициент использования варьировал от 0,46 до 0,65 (наиболее низкий - для смеси КМ с ДМ, наиболее высокий - для смеси КМ с гажой). Коэффициент использования доз КМ по 0,1 и 0,2 $Н_Г$ изменялся от 0,91 д 1,14, т.е. гидролиз CO_3^{2-} для слабо агрегированной почвы при небольших дозах мела протекал в процессе взаимодействия по обеим ступеням.

Применение КМ способствовало снижению содержания подвижных форм Mn и Fe. Чем выше доза внесения отхода, тем меньше Mn и Fe извлекается из почв раствором ацетатно-аммонийного буфера.

Полученные Лаврищевым А.В. в вегетационном опыте данные свидетельствовали, что достоверные прибавки воздушно-сухой массы рапса по сравнению с фоном получены даже в вариантах с внесением низких доз КМ (0,2 $Н_Г$ – на почве № 1 и 0,1 $Н_Г$ – на почве № 2). Для последних различия могли быть обусловлены разными величинами $К_{ИСП}$ этих доз мелиоранта. В год последействия мела достоверный прирост воздушно-сухой массы вики установлен во всех вариантах использования КМ, но на бедной почве они возрастали с увеличением доз мелиорантов.

В вегетационном опыте эффект от известкования зависел от доз мела, различий естественного плодородия почв и более слабой фитотоксичности Al, Mn и Fe на почве с высоким содержанием гумуса. В полевых условиях прибавки от известкования могут быть более высокими в связи с улучшением физико-химических свойств подпахотных горизонтов. В силу этого корневые системы растений могут проникать и в подпахотные горизонты и использовать из них влагу и элементы питания.

Далее следуют выводы, предложения производству, заключение, список использованной литературы и приложения.

Главное достоинство работы Лаврищева А.В. состоит в изучении скорости растворения известьсодержащих мелиорантов, в оценке эффективности известкования и экологических последствий применения конверсионного мела в агроэкосистемах, связанных с поведением стабильного стронция и загрязнением им мелиорируемых почв, с условиями получения гигиенически полноценной продукции. В вегетационных опытах установлено, что время полного растворения конверсионного мела зависит от его дозы и колеблется от 1 до 4 лет после применения. При использовании КМ с ростом его доз в почвах увеличивается содержание валового, подвижного и водорастворимого Sr. Концентрация подвижного Sr возрастает на величину, совпадающую с количеством внесенного с мелом стронция. С повышением доз внесения КМ в продукции увеличивается концентрация стабильного стронция. Это увеличение зависит от биологических особенностей выращиваемых растений и гумусированности почв, растет с длительностью взаимодействия мела с почвой. При оценке степени загрязнения почв и растений по существующим нормативам установлена их недостаточная разработанность и необходимость создания более адекватных критериев нормирования стабильного Sr в почвах и растениях.

Впервые диссертантом разработаны эмпирические модели растворения известьсодержащих мелиорантов, поведения Sr в агроэкосистемах, установлена концентрация подвижных форм Sr в дерново-подзолистой почве, при которой защитные механизмы не в состоянии предотвратить рост концентрации стронция в зерне ячменя.

Оригинальны исследования диссертанта по определяющей роли гумуса (1-й фракции гуминовых кислот) в связывании и закреплении Sr в почве.

Для практики сельскохозяйственного производства закономерности поведения стабильного Sr в агроэкосистемах рекомендуется использовать при разработке научно-обоснованных критериев уровня ПДК в почвах и растениях. Их применение позволит получать гигиенически полноценную продукцию, предотвращать загрязнение агроэкосистем стабильным Sr. Этой цели может служить и мониторинг содержания стабильного Sr в почвах и растениях, применение стандартной известняковой и доломитовой муки.

В результате исследований диссертант пришел к выводу о возможности использования КМ в качестве эффективного известкового материала после удаления из него стабильного Sr. Снижению загрязнения почв и растений стабильным стронцием способствовало и применение смесей КМ с известняковой и доломитовой мукой.

Диссертация изложена грамотно, работа иллюстрирована таблицами и графическим материалом. Материалы диссертации известны ученым и специалистам, так как апробированы в выступлениях на различных конференциях, в многочисленных статьях, в т.ч. в 16 – в журналах перечня ВАК и монографии.

Представленные на защиту положения базируются на высокой научно-методической основе. Намеченные к разработке вопросы всесторонне охвачены и глубоко экспериментально обоснованы.

Замечания и пожелания

1. Основные исследования диссертантом проведены в модельных и вегетационных опытах. Недостаток модельных опытов – игнорирование свойств подпахотных горизонтов в трансформации передвигающихся в грунтовые воды соединений стронция и большие различия концентрации ионов в жидкой фазе в моделях и в полевых условиях.

В вегетационных опытах продукты обмена накапливаются, происходит пополнение содержания стронция из-за минерализации растительных остатков. С длительностью действия мела эти процессы приводят к росту концентрации жидкой фазы, её ионной силы, что в значительной мере снижает коэффициент активности двухвалентных ионов Sr, снижает их поглощение твердой фазой и увеличивает коэффициент биологического поглощения Sr. С повышением концентрации подвижных Ca и Sr коэффициент биологического поглощения Ca снижается в большей степени, чем стронция. Эффект различий в растениях емкостей для поглощаемых Ca и Sr.

2. Высокая концентрация Sr в растениях рапса, вики может быть связана с ранней уборкой этих культур (фаза цветения). В этот период поглощаемые растениями макро- и микроэлементы содержатся в более высоких концентрациях. Из-за эффекта разбавления к концу вегетации культур их концентрация обычно становится более низкой. Далее, из-за защитных механизмов в семенах этих культур концентрация стронция может быть в несколько раз ниже, чем в вегетативной массе, что было установлено диссертантом на ячмене. Это указывает на важность подбора культур при мелиорации кислых почв КМ в 1-е годы мелиорации и в зависимости от целей их использования.

3. Для снижения поступления стронция в возделываемые культуры кроме предложенного диссертантом приема внесение конверсионного мела следует выполнять частями, например, по 0,5 $Н_Г$. Повторное известкование можно проводить через 5-7 лет. За этот период отток осадков в грунтовые воды будет приближаться к годовой норме их выпадения. Кроме того, известкование КМ можно сочетать с внесением органических удобрений.

4. В диссертации имеются опечатки, точность представления $НСР_{05}$ (табл. 7.5) не совпадает с точностью определения прибавок. В табл. 7.3 не ясны причины резкого возрастания гидролитической кислотности на почве № 2 на 2-й год последействия мела.

Указанные замечания и пожелания не снижают высокой значимости исследований диссертанта и могут быть учтены в дальнейшей работе.

Заключение

Все вышеизложенное позволяет заключить, что диссертационная работа Лаврищева Антона Викторовича «Изучение поведения стабильного стронция в агроэкосистемах Северо-Запада России» является завершенной научно-исследовательской работой, имеющей несомненное большое практическое и теоретическое значение при решении проблемы получения гигиенически полноценной продукции при использовании для мелиорации кислых почв стронцийсодержащих мелиорантов, в т.ч. конверсионного мела, и фосфорных удобрений. Диссертация Лаврищева А.В. соответствует критериям п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор Лаврищев Антон Викторович заслуживает присуждения ученой степени доктора сельскохозяйственных наук по специальности 06.01.03 – агрофизика.

Доктор сельскохозяйствен[redacted] отделом агрохимии и экологии ФГБНУ «Владимирски[redacted]адимир Васильевич Окорков

11 ноября 2016 года

Подпись Окоркова В.В. за[redacted]

ученый секретарь ФГБНУ [redacted]»

[redacted] Елена Викторовна Викулина

«Сведения об официальных оппонентах»:

1. Окорков Владимир Васильевич
2. Доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник
3. Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Владимирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства», отдел агрохимии и экологии
4. Заведующий отделом
5. Специальность 06.01.03 – агрофизика
6. 601261, Владимирская обл., Суздальский р-н, п. Новый, ул. Центральная, 3
7. Телефон 8-961-110-79-72
8. Адрес электронной почты: e-mail: okorkovvv@yandex.ru

«Сведения об официальных оппонентах» заверяю:

ученый секретарь ФГБНУ «Владимирский НИИСХ»

Елена Викторовна Викулина