

ВЛИЯНИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ НА НАКОПЛЕНИЕ ^{90}Sr ЗЕРНОМ ОВСА

Ю. В. Путятин, И. М. Богдевич, И. С. Станилевич,
Е. С. Третьяков, В. А. Довнар

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Почва-растение – начальное звено экологического цикла переноса радионуклидов из внешней среды к человеку. Интенсивность потоков перехода радионуклидов из почвы в растения зависит от тех свойств почвы, которые влияют на процессы их поглощения и закрепления. Одним из таких свойств является кислотность почвенного раствора. Внимание ученых уже довольно давно было обращено к извести как потенциальному средству снижения поступления радионуклидов в продукцию растениеводства. Исследования по этой теме были стимулированы одной из первых тяжелых аварий на Южном Урале, произошедшей в 1957 г., где в природную среду было выброшено большое количество ^{90}Sr [1, 2].

Физико-химическое состояние радионуклидов в почве и, в первую очередь, количество их мобильных форм являются определяющим фактором в процессах миграции радиоцезия и радиостронция в почвенном профиле и по биологическим цепочкам. ^{90}Sr сорбируется твердой фазой почвы значительно слабее, чем ^{137}Cs . По сравнению с ^{137}Cs , у которого доля фиксированной фракции составляет 83–98 % от валового содержания в почве, содержание ^{90}Sr в прочносвязанной форме не превышает 7–12 % [3].

Высокая степень подвижности ^{90}Sr в почве определяет высокие коэффициенты перехода радиоизотопа из почвы в растения, которые в среднем на порядок выше, чем у ^{137}Cs [4]. Из кислых почв радионуклиды поступают в растения в значительно больших количествах, чем из почв слабокислых, нейтральных или слабощелочных. Дерново-подзолистые почвы характеризуются высокой исходной кислотностью и слабой насыщенностью основаниями [5]. При увеличении кислотности почвы снижается прочность закрепления ППК ^{90}Sr и ^{137}Cs и, соответственно, возрастает интенсивность поступления их в растения. При повышении pH ряд радионуклидов переходит из ионной формы в различные гидролизные комплексные соединения, что снижает их доступность для растений [6, 7]. Кислотность оказывает и косвенное влияние на сорбцию почвами радионуклидов, изменяя емкость катионного обмена [8].

На основе анализа многолетних данных, полученных в полевых условиях, Пристером Б. С. с соавторами показано, что значения коэффициентов перехода радионуклидов из почвы в растения наиболее тесно связаны с кислотностью почвенного раствора (pH_{KCl}) [9]. Показатель pH_{KCl} наиболее часто используется при прогнозе загрязнения продукции ^{90}Sr [10]. Эффективность снижения содержания радионуклидов в урожае в результате внесения удобрений и известкования на бедных питательными веществами почвах существенно выше, чем на плодородных почвах. Дополнительное внесение мелиорантов с целью снижения поступления

радионуклидов в урожай на произвесткованных почвах является малоэффективным агротехническим приемом [11–14].

Овес – ценная зернофуражная культура, использующаяся в рационах всех видов сельскохозяйственных животных и является эффективным энергетическим кормом. По биологическим свойствам овес относится к культурам умеренного климата и достаточного увлажнения, нетребователен к почвам, выносит высокую кислотность, холодостоек. В мировом земледелии овес занимает пятое место по посевным площадям среди зерновых культур. В Беларуси посевные площади овса за последние годы составляли 140–160 тыс. га. Протеиновая составляющая зерна овса богата лизином, лейцином, аргинином, треонином, триптофаном. Значительный процент сырого жира в зерне овса превосходит другие злаковые культуры.

Для достижения оптимального уровня кислотности почвы в Беларуси в 1999 г. были разработаны дозы извести, дифференцированные по плотности радиоактивного загрязнения и гранулометрическому составу [15]. В послеаварийный период систематическое известкование в повышенных дозах позволило значительно сократить площади кислых почв на загрязненных территориях. Следствием реализации агрохимических защитных мер в агропромышленном комплексе явилось значительное снижение удельной активности радионуклидов в основных видах сельскохозяйственной продукции, что обусловило существенное ослабление дозовых нагрузок на население [16–19].

Целью исследований было изучение влияния агрохимических свойств почв на интенсивность поступления ^{90}Sr в зерно овса и определение пороговых параметров плодородия почв, до которых наблюдается эффект снижения накопления радионуклидов биомассой растений.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Маршрутные исследования проводились в 2022–2024 гг. путем отбора проб растительных образцов в фазу полной спелости и сопряженных почвенных образцов в производственных посевах Хойникского и Брагинского районов Гомельской области методом учетных площадок на дерново-подзолистых супесчаных почвах.

Почвенные образцы отбирались из пахотного слоя (0–20 см). Представительные пробы формировались из точечных проб. Из точечных растительных проб массой 0,3–0,6 кг формировали объединенную пробу. Масса воздушно-сухого образца почвы для проведения анализа на содержание ^{90}Sr составляла 100 г. Почвенные образцы отбирали методом конверта, т. е. один смешанный образец состоял из 5 индивидуальных проб, взятых на глубину перегнойного горизонта с площади 1 м² с помощью почвенного тростевого бура. Общая выборка состояла из 70 образцов растений и почвы.

Все данные по удельной активности растительных образцов (Бк/кг) пересчитывались на стандартную влажность 14 %.

Агрохимические показатели почв определяли по общепринятым методикам: гумус – по Тюрину в модификации ЦИНАО (0,4 н $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ – ГОСТ 26213-91), обменную кислотность – pH_{KCl} потенциометрическим методом (1 М KCl – ГОСТ 26483-85), содержание подвижных форм фосфора и калия – по Кирсанову (0,2 М HCl – ГОСТ 26207-91), обменных форм кальция и магния – на атомно-абсорбционном спектрофотометре AAS-30 (1 М KCl – ГОСТ 26487-85).

Содержание ^{90}Sr оценивали по дочернему продукту распада ^{90}Y после проведения радиохимической очистки от мешающих радионуклидов оксалатным методом с последующим измерением на пластиковом сцинтилляционном детекторе спектрометра-радиометра «Прогресс-БГ». Выход носителя иттрия определяли гравиметрическим методом, выход носителя стронция – на атомно-абсорбционном спектрофотометре. Статистическая погрешность измерений не превышала 15 %.

Методы математической обработки результатов. Коэффициенты перехода (Кп) радионуклида ^{90}Sr из почвы в растения рассчитывались по формуле:

$$K_p = \frac{Ap}{As} , \quad (1)$$

где:

Ap – удельная активность радионуклида в растении (Бк кг⁻¹);

As – плотность загрязнения почвы радионуклидом (кБк м⁻²).

Значения агрохимических свойств почв, при которых наблюдается минимальное накопление ^{90}Sr , рассчитывались на основе квадратичной функции распределения путем деления коэффициента пропорциональности первого порядка на удвоенное значение коэффициента второго порядка. Для математической обработки экспериментального материала использовали методы: регрессионный, корреляционный, описательной статистики с использованием программного обеспечения MS Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для установления корреляционных зависимостей по влиянию обеспеченности дерново-подзолистых супесчаных почв элементами питания на накопление радиостронция зерном овса проведен отбор сопряженных почвенных и растительных образцов в производственных посевах методом закладки пробных площадок. В производственных посевах удельная активность зерна овса по ^{90}Sr варьировала от уровня почвенного плодородия и плотности загрязнения в пределах от 1,96 до 39,7 Бк/кг.

Корреляционный анализ показал достаточно тесную отрицательную взаимосвязь (r) между pH (r = -0,67), содержанием обменного кальция (r = -0,69) и содержанием гумуса (r = -0,61) в дерново-подзолистой супесчаной почве (табл. 1, рис. 1–6) и коэффициентами перехода (Кп) ^{90}Sr в зерно овса. Менее значимые связи отмечаются между (Кп) ^{90}Sr и содержанием подвижного калия (r = -0,46), фосфора (r = -0,36), обменного магния (r = -0,42).

Таблица 1

Коэффициенты корреляции (r) между агрохимическими показателями дерново-подзолистой супесчаной почвы и коэффициентами перехода (Кп) радионуклида ^{90}Sr в зерно овса

Радионуклид	Гумус, %	pH _{KCl}	Подвижный калий, K ₂ O, мг/кг почвы	Подвижный фосфор, P ₂ O ₅ , мг/кг почвы	Обменный Ca, мг/кг почвы	Обменный Mg, мг/кг почвы
^{90}Sr	-0,61	-0,67	-0,46	-0,36	-0,69	-0,42

В противоположность радиоцезию, среди подвижных форм стронция в почвах преобладают обменные и легкорастворимые формы радионуклида. Как известно, стронций поглощается глинистыми минералами по механизму ионного обмена в межслоевом пространстве, постепенно замещая обменные катионы (Ca^{2+} , Mg^{2+}), до момента установления равновесия.

В наших экспериментах доля доступных форм радиостронция (водорастворимая + обменная + подвижная) для растений составляет в дерново-подзолистых песчаных почвах 87,3 %, в супесчаных 81,2 % и в суглинистой 92,0 % от валового содержания в почве и доля легкодоступных (водорастворимая + обменная) составляет 67,2 %, 59,5 % и 75,5 % соответственно (табл. 2). Данный факт определяет высокие переходы радиостронция в продукцию растениеводства [20].

Таблица 2
Формы ${}^{90}\text{Sr}$ в образцах пахотного горизонта (0–20 см) дерново-подзолистых почв различного гранулометрического состава [20]

Дерново-подзолистая почва	Форма				
	Водо-растворимая	Обменная	Подвижная	Кислото-растворимая	Остаток
	Бк/кг почвы				
Песчаная	8,78 ± 3,16	48,23 ± 8,68	17,09 ± 7,01	8,68 ± 5,03	2,07 ± 1,28
Доля от валового содержания, %	10,35	56,84	20,14	10,23	2,44
Супесчаная	7,41 ± 4,37	20,42 ± 5,31	10,11 ± 4,14	7,76 ± 5,51	1,05 ± 0,86
Доля от валового содержания, %	15,85	43,68	21,63	16,60	2,25
Суглинистая	8,98 ± 4,85	65,30 ± 11,1	16,23 ± 5,68	4,14 ± 2,15	3,69 ± 2,10
Доля от валового содержания, %	9,13	66,40	16,50	4,21	3,75

Интенсивность перехода ${}^{90}\text{Sr}$ из почвы в растения зависит от кислотности почвы, и с увеличением pH переход радиостронция из почвы в растения снижается. В экспериментах увеличение pH почвы на 0,1 единицы в интервале 4,5–6 вызывает снижение накопления ${}^{90}\text{Sr}$ зерном овса на 15 %, в интервале pH 6–7 темпы снижения поступления ${}^{90}\text{Sr}$ уменьшаются. Следовательно, затраты на предотвращение коллективной дозы при известковании почв с более высокими исходными pH будут выше чем на кислых почвах. Минимальное накопление ${}^{90}\text{Sr}$ отмечается в интервале обменной кислотности 6,4–6,9 pH (рис. 1).

Согласно действующим градациям по показателю pH минеральные почвы Беларуси подразделяются на 7 групп: I – сильноиские (pH менее 4,5), II – среднекислые (pH 4,51–5,00), III – кислые (5,01–5,50), IV – слабокислые (pH 5,51–6,00), V – близкие к нейтральным (pH 6,01–6,50), VI – нейтральные (pH 6,51–7,00) и VII – слабощелочные (pH более 7,00). Интервалы оптимальных параметров агрохимических свойств почв Беларуси для связносупесчаных и рыхлосупесчаных почв определены в интервале 5,5–6,5 [17,18].

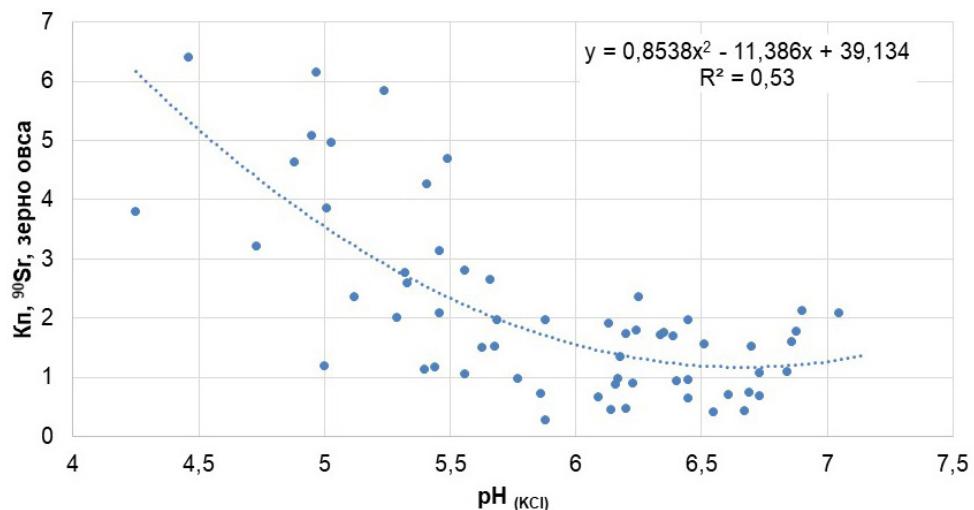


Рис. 1. Коэффициенты перехода ⁹⁰Sr в зерно овса в зависимости от обменной кислотности дерново-подзолистой супесчаной почвы

По данным последнего тура обследования, доля пахотных почв, загрязненных радионуклидами 47 районов Республики Беларусь, в которых можно ожидать минимальные переходы ⁹⁰Sr в сельскохозяйственные растения (pH более 6,0), составляет 45,5 % (табл. 3).

Таблица 3
Динамика реакции пахотных почв Беларуси (47 районов), загрязненных радионуклидами, по группам кислотности за период 1986–2020 гг.

Периоды	В том числе по группам кислотности, %							Средне-взвешенное, pH
	I	II	III	IV	V	VI	VII	
	< 4,5	4,51–5,00	5,01–5,50	5,51–6,00	6,01–6,50	6,51–7,00	> 7,00	
2017–2020	1,4	6,7	18,0	28,5	29,1	13,9	2,5	5,86
1997–2000	1,5	5,1	13,9	26,7	34,7	21,8	3,3	5,95
1986–1989	3,4	9,0	18,5	29,6	37,1	2,4	5,77	
1981–1985	5,4	21,4	23,3	26,9	27,8	2,2	5,61	

Важным показателем, определяющим миграционную способность радионуклидов, является содержание в почвенном компоненте органического вещества. Органическое вещество почвы способно образовывать сложные комплексные соединения с поллютантами, поэтому в почвах с высоким содержанием гумуса они менее доступны для растений. Гумус объединяет комплекс или группу химических веществ, в состав которых входит как органическая часть (гуминовые и фульвокислоты), так и неорганическая составляющая – химические элементы неорганического происхождения [21]. Органическая часть гумуса – гуминовые кислоты, обладают высокой сорбционной емкостью по отношению к рудным элементам, а также изотопным носителям долгоживущих радионуклидов: 1 г

гуминовых кислот сорбирует 30 мг цезия, 18 мг стронция. В связи с этим гуминовые кислоты выступают как эффективный геохимический барьер, ограничивающий подвижность ионов радионуклидов [22]. В наших исследованиях зависимость перехода ^{90}Sr в зерно овса от содержания гумуса в почве удовлетворительно описывалась квадратичной функцией ($R^2 = 0,43$). Содержание гумуса, при котором отмечено минимальное накопление ^{90}Sr , находилось в пределах 3,0–3,3 %, наиболее заметное снижение поступления радиостронция наблюдается до 2,7 % (рис. 2). Полученные значения близки к верхнему уровню диапазона оптимального содержания гумуса для дерново-подзолистых связносупесчаных почв, который установлен в пределах 2,4–2,8 % [10].

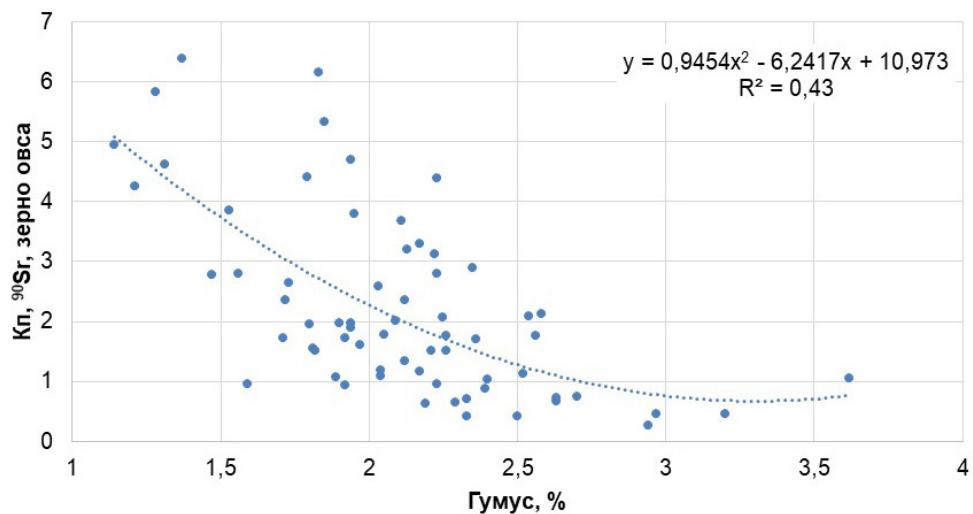


Рис. 2. Коэффициенты перехода ^{90}Sr в зерно овса в зависимости от содержания гумуса в дерново-подзолистой супесчаной почве

Транспорт Са, химического аналога Sr осуществляется преимущественно в апопласте путем свободной диффузии, ускоряемой транспирацией, в объеме клеточной стенки, где часть ионов находится в растворе, идентичном внешнему почвенному раствору. Sr и Ca переходят в корень по одинаковым путям, причем при переходе в симпласт доля неспецифической ионной утечки существенно превалирует над селективными каналами и существенную роль играет связывание ^{90}Sr (аналогично Ca) в цитоплазматической части симпласта.

На загрязненных радионуклидами землях используются повышенные дозы известковых удобрений для доведения реакции почвенной среды до оптимального уровня и насыщения почвенно-поглощающего комплекса кальцием. Несмотря на определенную зависимость между pH и обменным кальцием, почвы, имеющие одинаковую кислотность, могут существенно отличаться по содержанию обменного кальция и, соответственно, иметь различные коэффициенты перехода ^{90}Sr и ^{137}Cs в растения. В экспериментах содержание обменного кальция, при котором отмечено минимальное накопление ^{90}Sr зерном овса находилось в пределах 930–1033 мг/кг почвы, наиболее заметное снижение поступления радиостронция наблюдалось до 800 мг/кг почвы (рис. 3).

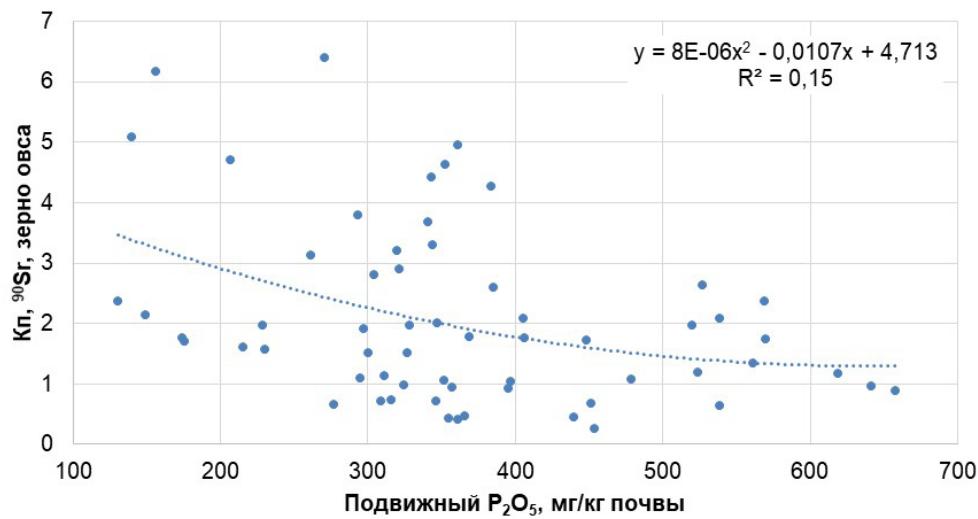


Рис. 3. Коэффициенты перехода ${}^{90}\text{Sr}$ в зерно овса в зависимости от содержания обменного кальция в дерново-подзолистой супесчаной почве

Основные массивы земель, загрязненных Чернобыльскими выпадениями, находятся в Гомельской и Могилевской областях Республики Беларусь, где средневзвешенное содержание обменного кальция в пересчете на элемент составляет 750 и 690 мг/кг и доля пахотных почв, где можно прогнозировать минимальные переходы ${}^{90}\text{Sr}$ в сельскохозяйственные растения составляет 75 % и 69 % соответственно. Содержание обменного магния, при котором отмечено минимальное накопление ${}^{90}\text{Sr}$ зерном овса находилось в пределах 260–290 мг/кг почвы, наиболее заметное снижение поступления радиостронция наблюдалось до 230 мг/кг почвы (рис. 6).

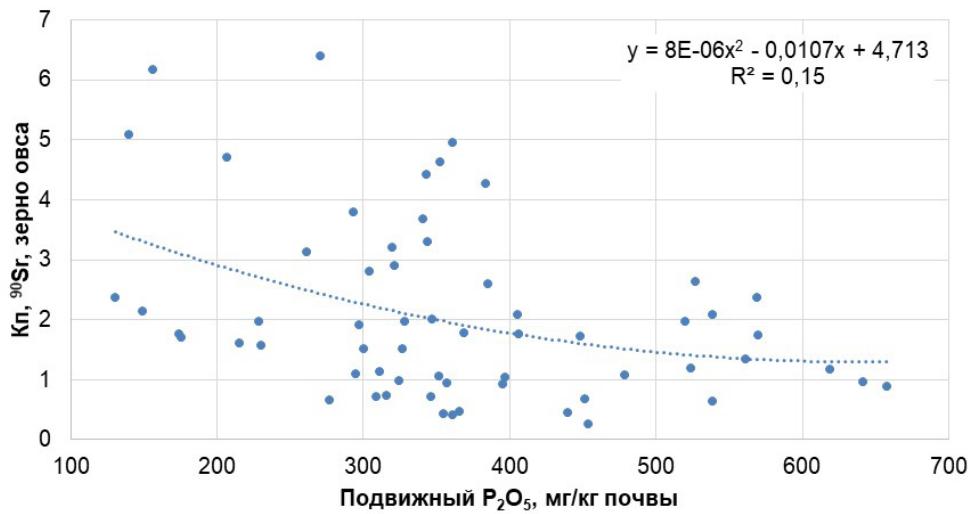


Рис. 4. Коэффициенты перехода ${}^{90}\text{Sr}$ в зерно овса в зависимости от содержания подвижного фосфора в дерново-подзолистой супесчаной почве

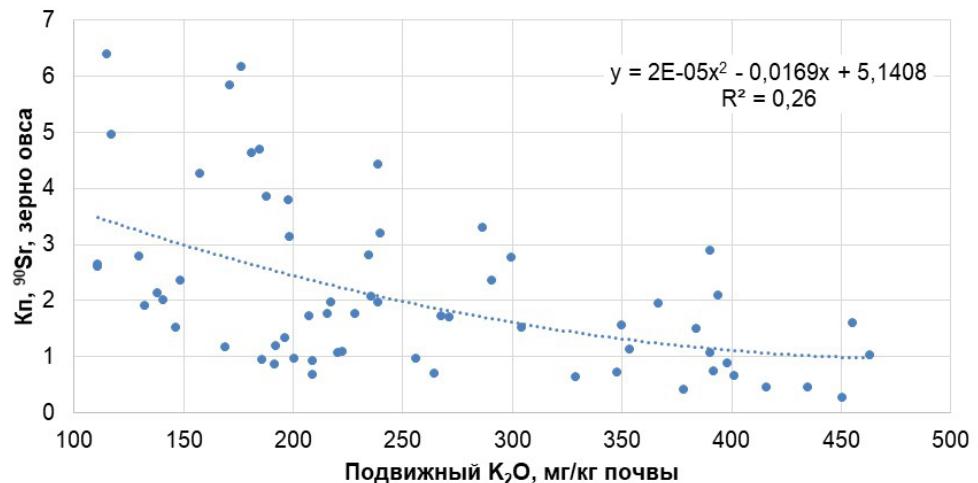


Рис. 5. Коэффициенты перехода ^{90}Sr в зерно овса в зависимости от содержания подвижного калия в дерново-подзолистой супесчаной почве

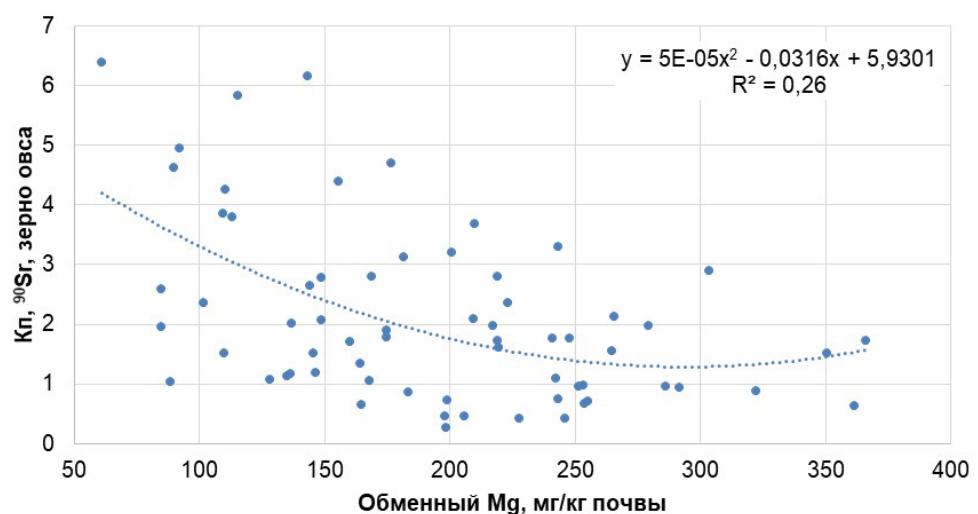


Рис. 6. Коэффициенты перехода ^{90}Sr в зерно овса в зависимости от содержания обменного магния в дерново-подзолистой супесчаной почве

В связи с тем, что доступность радионуклидов для растений может меняться с течением времени, необходимо на периодической основе проводить уточнение коэффициентов перехода радионуклидов в продукцию. По результатам анализа данных отбора сопряженных образцов почвы и растений за 2022–2024 гг. установлены коэффициенты перехода ^{90}Sr в зерно овса в зависимости от обменной кислотности почв в зависимости от обменной кислотности дерново-подзолистой супесчаной почвы, на кислых почвах коэффициенты составляют 3,97–3,27, на близких к нейтральным и нейтральных 1,04–0,77.

ВЫВОДЫ

Корреляционный анализ показал достаточно тесную отрицательную взаимосвязь (r) между pH ($r = -0,67$), содержанием обменного кальция ($r = -0,69$) и содержанием гумуса ($r = -0,61$) в дерново-подзолистой супесчаной почве и коэффициентами перехода (Кп) ^{90}Sr в зерно овса. Менее значимые связи отмечаются между (Кп) ^{90}Sr и содержанием подвижного калия ($r = -0,46$), фосфора ($r = -0,36$), обменного магния ($r = -0,42$).

В экспериментах увеличение pH почвы на 0,1 единицы в интервале 4,5–6 вызывает снижение накопления ^{90}Sr зерном овса на 15 %, в интервале pH 6–7 темпы снижения поступления ^{90}Sr уменьшаются. Минимальное накопление ^{90}Sr отмечается в интервале обменной кислотности 6,4–6,9 pH. Доля пахотных почв, загрязненных радионуклидами 47 районов Республики Беларусь, в которых можно ожидать минимальные переходы ^{90}Sr в сельскохозяйственные растения (pH более 6,0), составляет 45,5 %. Содержание гумуса, при котором отмечено минимальное накопление ^{90}Sr , находилось в пределах 3,0–3,3 %, наиболее заметное снижение поступления радиостронция наблюдается до 2,7 %. Содержание обменного кальция, при котором отмечено минимальное накопление ^{90}Sr зерном овса, находилось в пределах 930–1033 мг/кг почвы, наиболее заметное снижение поступления радиостронция наблюдалось до 800 мг/кг почвы.

Содержание обменного магния, при котором отмечено минимальное накопление ^{90}Sr зерном овса, находилось в пределах 260–290 мг/кг почвы, наиболее заметное снижение поступления радиостронция наблюдалось до 230 мг/кг почвы. По результатам анализа данных отбора сопряженных образцов почвы и растений за 2022–2024 гг. установлены коэффициенты перехода ^{90}Sr в зерно овса в зависимости от обменной кислотности почв дерново-подзолистой супесчаной почвы, на кислых почвах коэффициенты составляют 3,97–3,27, на близких к нейтральным и нейтральных 1,04–0,77.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев, Ю. В. Сравнение известняковых материалов по химической активности взаимодействия с почвой и эффективности снижения поступления ^{90}Sr в растения / Ю. В. Алексеев // Агрохимия. – 1978. – № 2. – С. 133–136.
2. Гулякин, И. В. Сельскохозяйственная радиобиология / И. В. Гулякин, Е. В. Юдинцева . М.: Колос, 1973. – 272 с.
3. Москалев, Ю. И. Распределение, биологическое действие и миграция радиоактивных изотопов / Ю. И. Москалев, В. Н. Стрельцова . М. : Атомиздат, 1961. – 172 с.
4. Рекомендации по ведению агропромышленного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь. / под ред. И. М. Богдевича. – Минск. : ИПА, 2003. – 72 с.
5. Почвы Белорусской ССР / Под ред. Т. Н. Кулаковской, П. П. Рогового, Н. И. Смеяна. – Минск : Ураджай, 1974. – 328 с.
6. Алексахин, Р. М. Поведение ^{137}Cs в системе почва–растение и влияние внесения удобрений на накопление радионуклида в урожае / Р. М. Алексахин, И. Т. Моисеев, Ф. А. Тихомиров // Агрохимия. – 1992. – № 8. – С. 127–132.

7. Анненков, Б. Н. Основы сельскохозяйственной радиологии. / Б. Н. Анненков, Е. В. Юдинцева. – М. : Агропромиздат, 1991. – 287 с.
8. Кожевникова, Р. Н. Влияние кальцийсодержащих веществ на поступление стронция-90 в урожай культур из выщелоченного чернозема / Р. Н. Кожевникова, И. Г. Тепляков // Агрохимия. – 1989. – № 2. – С. 91–94.
9. Пристер, Б. С. Эффективность мероприятий, направленных на уменьшение загрязнения продукции растениеводства в районах, загрязненных в результате аварии на ЧАЭС / Б. С. Пристер, Л. В. Перепелятникова, Г. П. Перепелятников // Проблемы с.-х. радиологии : сб. науч. трудов ; под ред. Н. А. Лощилова. – Киев, 1991. – Вып. 1. – С. 141–153.
10. Рекомендации по ведению агропромышленного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь / под ред. И. М. Богдевича. – Минск., 2003. – 72 с.
11. Богдевич, И. М. Основы ведения сельского хозяйства / И. М. Богдевич, В. Ю. Агеец, С. К. Фирсакова ; под ред. Е. Ф. Конопли, И. В. Ролевича // Экологические, медико-биологические и социально-экономические последствия катастрофы на ЧАЭС в Беларуси. – Минск, 1996. – С. 52–102.
12. Бондарь, П. Ф. Влияние удобрений и мелиорантов на накопление радиоцезия в урожае овса на произвесткованных почвах / П. Ф. Бондарь, А. И. Дутов // Радиоэкологические и экономико-правовые аспекты землепользования после аварии на Чернобыльской АЭС : материалы науч. конф. / АН УССР. – Киев, 1991. – Ч. 2. – С. 201–204.
13. Общие закономерности загрязнения продукции растениеводства на территории, подвергшейся радиоактивному загрязнению в результате аварии на ЧАЭС / Бондарь П. Ф. [и др.] // Проблемы сельскохозяйственной радиологии: сб. науч. тр. / Украинский науч.-исслед. ин-т с.-х. радиологии ; под ред. Н. А. Лощилова. – Киев, 1991. – Вып. 1. – С. 88–105.
14. Бондарь, П. Ф. Параметры перехода радиоцезия в урожай овса на произвесткованной почве в зависимости от применения минеральных удобрений и химических мелиорантов / П. Ф. Бондарь, А. И. Дутов // Проблемы сельскохозяйственной радиологии : сб. науч. тр. / Украинский науч.-исслед. ин-т с.-х. радиологии ; под ред. Н. А. Лощилова. – Киев, 1992. – Вып. 2. – С. 125–132.
15. Инструкция определения дополнительной потребности материально-технических ресурсов для сельского хозяйства в зоне радиоактивного загрязнения. – Минск, 1999. – 26 с.
16. Путятин, Ю. В. Регулирование кислотности пахотных почв, загрязненных ^{90}Sr : анализ стоимости предотвращенных доз облучения населения Республики Беларусь / Ю. В. Путятин, О. Б. Адианова // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2010. – Т. 50 – № 5. – С. 582–589.
17. Крупномасштабное агрохимическое и радиологическое обследование почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь: методические указания / И. М. Богдевич [и др.] ; под ред. И. М. Богдевича. – Минск : Ин-т почвоведения и агрохимии, 2012. – 48 с.
18. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь (2017–2020 гг.). / под ред. И. М. Богдевич [и др.]. – Минск, 2022. – 276 с.

19. 20 лет после чернобыльской катастрофы: последствия в Республике Беларусь и их преодоление : национальный доклад // Комитет по проблемам последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС при Совете министров Республики Беларусь ; под ред. В. Е Шевчука, В. Л. Гурачевского. – Минск, 2006. – 112 с.

20. Путятин, Ю. В. Оценка доступности радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr сельскохозяйственным растениям в изменяющихся климатических условиях // Почвоведение и агрохимия. – 2022. – № 1(68). – С. 64–72.

21. Смагин, А. И. Экология водоемов зоны техногенной радиационной аномалии на Южном Урале. : Пермь, 2008. – 51 с.

22. Орлов, Д. С. Химия почв / Д. С. Орлов, Л. К. Садовникова, Н. И. Суханова. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2005. – 561 с.

INFLUENCE OF AGROCHEMICAL PROPERTIES OF SOD-PODZOLIC SANDY LOAM SOIL ON ACCUMULATION OF ^{90}Sr BY OAT GRAIN

Yu. V. Putyatin, I. M. Bogdevitch, I. S. Stanilevich,
E. S. Tretyakov, V. A. Dovnar

Summary

Correlation analysis showed a close negative relationship (r) between pH ($r = -0,67$), the content of exchangeable calcium ($r = -0,69$) and the content of humus ($r = -0,61$) in sod-podzolic sandy loam soil and the coefficients of transition (K_p) ^{90}Sr to oat grain. Less significant relationships are noted between (K_p) ^{90}Sr and the content of mobile potassium ($r = -0,46$), phosphorus ($r = -0,36$), and exchangeable magnesium ($r = -0,42$). The minimum accumulation of ^{90}Sr is observed in the range of exchange acidity of 6,4–6,9 pH. The share of arable soils contaminated with radionuclides in 47 districts of the Republic of Belarus in which minimal ^{90}Sr transfers to agricultural plants (pH more than 6,0) can be expected is 45,5 %. The humus content, at which the minimum accumulation of ^{90}Sr was noted, was in the range of 3,0–3,3 %, the most noticeable decrease in the intake of radiostrontium was observed up to 2,7 %. The content of exchangeable calcium, at which the minimum accumulation of ^{90}Sr by oat grain was noted, was in the range of 930–1033 mg/kg of soil, the most noticeable decrease in radiostrontium intake was observed up to 800 mg/kg of soil. The content of exchangeable magnesium, at which the minimum accumulation of ^{90}Sr by oat grain was noted, was in the range of 260–290 mg/kg of soil, the most noticeable decrease in radiostrontium intake was observed up to 230 mg/kg of soil. Based on the analysis of data on the selection of conjugate soil and plant samples for 2022–2024. The coefficients of the transfer of ^{90}Sr to oat grain have been established depending on the exchangeable acidity of sod-podzolic sandy loam soils, on acidic soils the coefficients are 3,97–3,27, on neutral 1,04–0,77.

Поступила 12.05.25