

Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова Белорусского государственного университета, г. Минск, Республика Беларусь

СОДЕРЖАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВАХ НА ТЕРРИТОРИИ ФЕРМЕРСКИХ (КРЕСТЬЯНСКИХ) ХОЗЯЙСТВ БРЕСТСКОГО РАЙОНА

В ходе проведенного исследования установлено, что изучаемая дерново-подзолистая почва, на которой размещены фермерские (крестьянские) хозяйства центральной части Брестского района, характеризуется незначительным накоплением тяжелых металлов. Содержание химических элементов Ti, Cr, Pb, Cu, Zn, Y, Yb, Sn, Nb, Mn превышает значения региональных кларков, содержание Ni, Co, V, Zr – ниже значений региональных кларков. Почвы фермерских (крестьянских) хозяйств центральной части Брестского района по содержанию тяжелых металлов можно классифицировать как почвы с низким и средним уровнем загрязнения. По суммарному показателю загрязнения они соответствуют категории допустимого уровня загрязнения.

➤ **Ключевые слова:** *дерново-подзолистые почвы, агрофитоценозы, фермерские (крестьянские) хозяйства, обеспеченность почвенного покрова химическими элементами, тяжелые металлы, степень загрязнения.*

Введение

Приоритетной задачей сельского хозяйства Республики Беларусь на ближайшие годы является увеличение объемов производства и реализации сельскохозяйственной продукции. В условиях возрастающей антропогенной нагрузки на агрофитоценозы все большего внимания заслуживает состояние земель сельскохозяйственного назначения, особенно по содержанию тяжелых металлов, в том числе на территории фермерских (крестьянских) хозяйств.

Термин «тяжелые металлы», характеризующий широкую группу загрязняющих веществ, получил в последнее время значительное распространение. В различных научных и прикладных работах авторы по-разному трактуют значение этого понятия. В связи с этим, количество элементов, относимых к группе тяжелых металлов, изменяется в широких пределах. В качестве критериев принадлежности используются многочисленные характеристики: атомная масса, плотность, токсичность, распространенность в природной среде, степень вовлеченности в природные и техногенные циклы. В некоторых случаях под определение тяжелых металлов попадают элементы, относящиеся к хрупким (например, висмут) или металлоидам (например, мышьяк). В работах, посвященных проблемам загрязнения окружающей природной среды и экологического мониторинга, на сегодняшний день к тяжелым металлам относят более 40 металлов периодической системы Д. И. Менделеева с атомной массой свыше 50 атомных единиц: V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Cd, Sn, Hg, Pb, Bi и др. [1, 2, 3]. При этом немаловажную роль в категорировании тяжелых металлов играют следующие условия: их высокая токсичность для живых организмов в относительно низких концентрациях, а также способность к биоаккумуляции. Практически все металлы, попадающие под это определение (за исключением свинца, ртути, кадмия и висмута, биологическая роль которых на настоящий момент не ясна), активно участвуют в биологических процессах, входят в состав многих ферментов [4]. По классификации Н. Реймерса, тяжелыми следует считать металлы с плотностью более 8 г/см³ [5].

По мнению исследователей, занятых практической деятельностью, связанной с организацией наблюдений за состоянием и загрязнением окружающей среды, соединения этих элементов далеко не равнозначны как загрязняющие вещества. Поэтому во многих работах происходит сужение рамок группы тяжелых металлов, в соответствии с критериями приоритетности, обусловленными направлением и спецификой работ. Так, в ставших уже классическими работах Ю. А. Израэля в перечне химических веществ, подлежащих определению в природных средах на фоновых станциях в биосферных заповедниках, в разделе тяжелые металлы поименованы Pb, Hg, Cd, As [1]. С другой стороны, согласно решению Целевой группы по выбросам тяжелых металлов, работающей под эгидой Европейской Экономической Комиссии ООН и занимающейся сбором и анализом информации о выбросах загрязняющих веществ в европейских странах, только Zn, As, Se и Sb были отнесены к тяжелым металлам. По определению Н. Реймерса [5] отдельно от тяжелых металлов стоят благородные и ред-

кие металлы, соответственно, остаются только Pb, Cu, Zn, Ni, Cd, Co, Sb, Sn, Bi, Hg. В прикладных работах к числу тяжелых металлов чаще всего добавляют Pt, Ag, W, Fe, Au, Mn [6]. При определении перечня тяжелых металлов для исследования загрязнения почвы, мы учитывали класс их опасности (табл. 1).

Таблица 1

Классы опасности различных химических веществ, попадающих в почву из выбросов, сбросов и отходов

Класс опасности	Химическое вещество
I	Мышьяк, кадмий, ртуть, селен, свинец, цинк, фтор, бенз(а)пирен
II	Бор, кобальт, никель, молибден, медь, сурьма, хром
III	Барий, ванадий, вольфрам, марганец, стронций, ацетофен

Следует отметить, что проблеме загрязнения тяжелыми металлами окружающей среды в литературе уделено много внимания, однако, в отношении изучения содержания тяжелых металлов в почвах фермерских (крестьянских) хозяйств и личных подсобных хозяйств исследований проведено недостаточно, поэтому целью нашего исследования является изучение валового содержания тяжелых металлов в почвах на территории основных фермерских (крестьянских) хозяйств центральной части Брестского района.

Объект и методика исследований

Объект исследования – дерново-подзолистые почвы фермерских (крестьянских) хозяйств Брестского района различного гранулометрического состава (песчаные и супесчаные, глинистые и суглинистые). Предмет исследования – содержание валовых соединений тяжелых металлов в почвах. Методы исследования – полевые (отбор проб) и лабораторные (пробоподготовка, химический анализ образцов, статистическая обработка экспериментальных данных).

На территории Брестского района по состоянию на 01.01.2015 г. на разных типах почв расположено 53 фермерских (крестьянских) хозяйства (рис. 1). Почвенные образцы отбирались на пробных площадках (ПП) с учетом рельефа местности в соответствии с существующими методическими рекомендациями [7] с горизонтов 5–20, 21–35 и 36–50 см. Отбор проводился из 3-х точечных проб, расположенных на удалении 20 м; в ходе эксперимента формировалась объединенная почвенная проба, что позволило дать более объективную оценку степени накопления тяжелых металлов. Всего было отобрано 180 почвенных образцов для анализа. Пробоподготовка образцов проводилась в соответствии с существующей методикой [8]. Из 53-х хозяйств Брестского района почвенные образцы отобраны на территории 30-ти фермерских (крестьянских) хозяйств (отмечены на рисунке 1 темным цветом). Не отбирались образцы проб с почв ФХ (КХ), которые специализируются на агроэкотуризме, рыбоводстве, пчеловодстве, распиловке леса, а также с площадью территории менее 5 га.

Результаты исследования и их обсуждение

Лабораторные исследования образцов почв проводились на базе аккредитованной центральной лаборатории РУП «Белгеология» г. Минска полуколичественным эмиссионным спектральным анализом на приборе ЛАС-8-2. Результаты определения валового содержания тяжелых металлов в дерново-подзолистых почвах легкого гранулометрического состава (песчаных и супесчаных) на территории фермерских хозяйств центральной части Брестского района представлены в табл. 2.

Таблица 2

Валовое содержание элементов на территории фермерских хозяйств, расположенных на дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почвах, мг/кг

Химический элемент	Min	Max	\bar{x}	σ	m	U%	t	Кларк*	ПДК (ОДК)**
Ti	1400	5500	2670	1450,84	387,75	54,3	6,9	1562	н/у
Mn	200	4500	1293	1159,46	309,88	89,6	4,2	247	1500
Zr	47	600	263	159,57	42,65	60,6	6,2	200	н/у
Cr	50	100	60	14,99	4,01	25,0	14,9	36	100
Zn	30	80	44	18,12	4,84	40,9	9,1	35	55
V	25	63	39	11,61	3,11	29,5	12,7	34	150
Y	10	53	22	13,31	3,56	61,6	6,1	23	н/у

Химический элемент	Min	Max	\bar{x}	σ	m	U%	t	Кларк*	ПДК (ОДК)**
Ni	10	32	16	6,97	1,86	44,5	8,4	20	20
Cu	3	62	20	14,89	3,98	74,0	5,1	13	33
Pb	9	47	23	12,58	3,36	54,9	6,8	12	32
Nb	6	53	17	16,05	4,29	94,8	3,9	12	н/у
Co	4	10	8	2,74	0,73	35,8	10,5	6	20
Yb	1	14	5	4,10	1,11	87,9	4,3	2	н/у
Sn	1	3	2	0,56	0,15	25,5	14,7	1	4,5
Ga	5	13	9	1,84	0,49	19,7	19,0	н/у	н/у
Li	10	16	11	1,94	0,52	17,6	21,3	н/у	н/у
B	10	63	40	18,82	5,03	46,8	8,0	н/у	н/у

Примечание: Min – минимальное значение, мг/кг; Max – максимальное значение, мг/кг; \bar{x} – среднее арифметическое значение, мг/кг; σ – стандартное отклонение; m – ошибка средней; U – коэффициент вариации, %; t – коэффициент достоверности для среднего значения; *Региональные кларки приведены для дерново-подзолистых почв по Петуховой, Н. Н., Кузнецову, В. А. [9]; **ПДК (ОДК) для дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почв [10]; н/у – не установлено

Анализ результатов определения валового содержания химических элементов в дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почвах, на которых расположены ФХ (КХ): «Утренняя роса», «Кузьмина», «Бобко», «Черемушка», «Цибиков», «Беркли», «Юрловское», «Пархоменко», «Агробуг», «Тонус», «Мицкевича», «Люкевича», «Берестейское», «Агробуг-Плюс», «Степанюк».

Титан (Ti). В почвах Республики Беларусь в среднем содержится 1562 мг/кг титана [9]. Среднее содержание Ti в песчаных и супесчаных почвах фермерских хозяйств составляет 2670 мг/кг, что в 1,7 раза превышает значение регионального кларка. Содержание титана в почвах фермерских хозяйств варьирует в широких пределах: от 1400 мг/кг (ФХ «Беркли») до 5500 мг/кг (ФХ «Бобко»), что свидетельствует об антропогенном источнике поступления Ti в почву (в составе пыли при сжигании мусора, в сточных водах).

Марганец (Mn). Элемент широко распространен в природе и содержится в земной коре, воде морей, рек и в почве. Снижение pH почвы, ее аэрация, обильное внесение удобрений в кислые почвы без известкования способствуют увеличению доступности марганца для растений. Региональный кларк марганца составляет 247 мг/кг [9], ПДК в почве – 1500 мг/кг [10]. Анализ данных, полученных в результате исследования, свидетельствует о том, что содержание Mn в почвах на территории ФХ варьирует в широких пределах: от 200 мг/кг на территории ФХ «Утренняя роса» до 4500 мг/кг на территории ФХ «Бобко». Превышение ПДК отмечалось в почвах ФХ «Кузьминой» (2800 мг/кг), «Юрловское» (2200 мг/кг), «Пархоменко» (2000 мг/кг). По данным литературы основными антропогенными источниками поступления марганца в почву являются выбросы машиностроительных и ремонтных предприятий (при сварке и резке металла) и транспорта (в бензине в качестве антидетонаторной присадки), поэтому вероятной причиной повышенного содержания Mn в почвах на территориях данных фермерских хозяйств может быть близкое расположение автодорог.

Цирконий (Zr). Содержание циркония в почвах наследуется от материнской породы, поэтому значительных вариаций его содержания между разными типами почв не наблюдается. Основными антропогенными источниками поступления циркония в природную среду являются твердые отходы, пылевые и дымовые выбросы топливно-энергетических предприятий, работающих на угле, нефти, угольная и строительная пыль. Элемент относится к 3 классу опасности, региональный кларк – 200 мг/кг [9]. Анализ данных, полученных в результате исследования, свидетельствует о том, что содержание Zr в почвах на территории ФХ варьирует в широких пределах: от 47 мг/кг на территории ФХ «Мицкевича» до 600 мг/кг на территории ФХ «Бобко». Среднее содержание Zr в почвах фермерских (крестьянских) хозяйств составляет на дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почвах – 263 мг/кг, что выше регионального кларка. На территории некоторых хозяйств: «Кузьминой», «Бобко», «Пархоменко» среднее содержание циркония соответственно составило 500, 600 и 500 мг/кг соответственно.

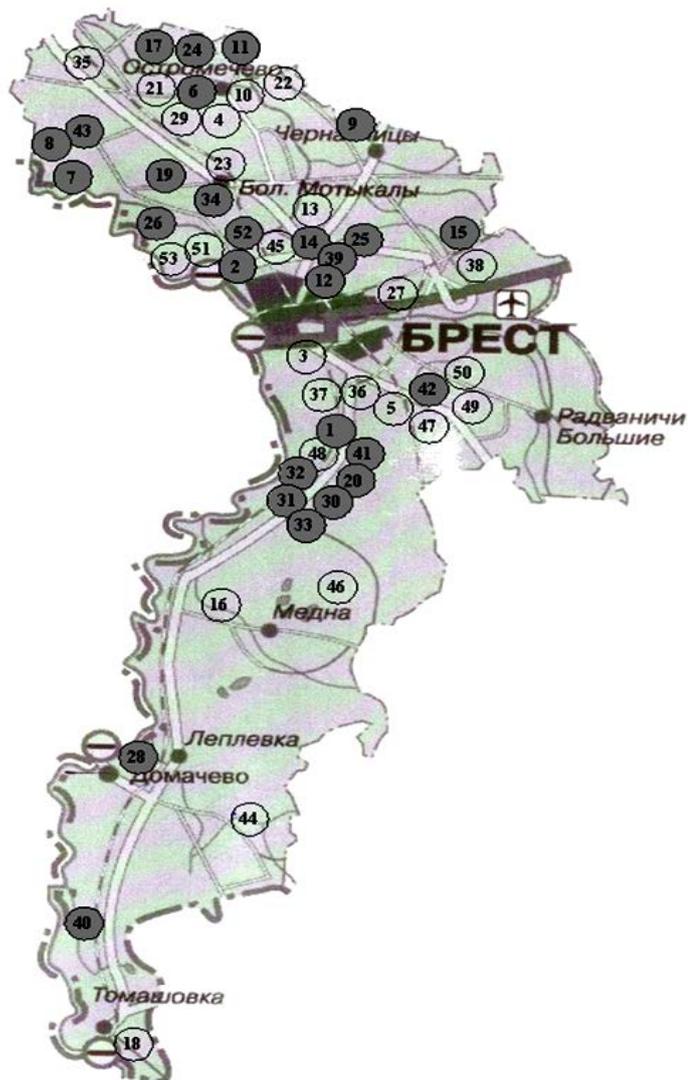


Рисунок 1 – Карта условного расположения фермерских (крестьянских) хозяйств по территории Брестского района:

1 – ФХ «Мицкевича», 2 – ФХ «Тонус», 3 – ФХ «Клопота», 4 – ФХ «Кривоносова», 5 – ФХ «Подлесье-Радваницкое», 6 – ФХ «Лешкевича», 7 – ФХ «Бобко», 8 – ФХ «Кузьмина», 9 – КХ «Черемушка», 10 – ФХ «Давидюка», 11 – ФХ «Шуляка», 12 – ФХ «Люкевич», 13 – ФХ «Ятчука», 14 – ФХ «Цибикова», 15 – КХ «Берестейское», 16 – КХ «Медовая поляна», 17 – ФХ «Онискевича», 18 – ФХ «Белазаровича», 19 – ФХ «Беркли», 20 – ФХ «Макаревича», 21 – КХ «Корсаково», 22 – ФХ «Богомолова», 23 – ФХ «Веравита», 24 – КХ «Кобяк», 25 – КХ «Юрловское», 26 – ФХ «Метеор-агро», 27 – ФХ «Ющенко», 28 – ФХ «Виктория», 29 – ФХ «Шалкевича», 30 – ФХ «Зеленый луг», 31 – ФХ «Поддубное», 32 – ФХ «Прибужская нива», 33 – ФХ «Панский луг», 34 – ФХ «Искупление», 35 – ФХ «Слав-фиш», 36 – ФХ «Багаты падворак», 37 – ФХ «Васильева», 38 – КХ «КапСан», 39 – ФХ «Агробуг Плюс», 40 – КХ «Степанюка», 41 – ФХ «Янтарь плюс», 42 – ФХ «Утренняя роса», 43 – ФХ «Пархоменко», 44 – ФХ «Ведмедици», 45 – КХ «Прибужское», 46 – КХ «Катин луг», 47 – КХ «Рыбацкий хутор», 48 – КХ «Артемид Плюс», 49 – КХ «БелАгроГриб», 50 – КХ «Форестберри», 51 – КХ «Прохоровское», 52 – ФХ «Агробуг», 53 – КХ «Ягодная усадьба»

Хром (Cr). Основными источниками загрязнения почвы являются выбросы цементных заводов, отвалов железохромовых шлаков, нефтеперегонных заводов, предприятий черной и цветной металлургии, использование в сельском хозяйстве осадков промышленных и сточных вод и минеральных удобрений. В почвах Республики Беларусь в среднем содержится 36 мг/кг [9], ОДК в почве 100 мг/кг хрома [10]. Анализ данных, полученных в результате исследования, свидетельствует о том, что содержание Cr в почвах на территории ФХ варьирует в широких пределах: от 50 мг/кг (ФХ «Утренняя роса», «Беркли», «Черемушка», «Пархоменко», «Агробуг», «Агробуг-Плюс», «Люкевича») до 100 мг/кг на территории ФХ «Бобко». Среднее содержание Cr в почвах фермерских (крестьянских) хозяйств составляет на дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почвах – 60 мг/кг, что в 1,7 раза превышает значение регионального кларка. Превышение ОДК на территории ФХ «Боб-

ко», вероятно, может быть связано с применением повышенных доз минеральных удобрений (Ст входит в состав примесей минеральных удобрений).

Цинк (Zn). В почвах Республики Беларусь в среднем содержится 35 мг/кг цинка [9], ПДК для дерново-подзолистой песчаной и супесчаной почвы составляет 55 мг/кг [10]. Среднее содержание цинка в почвах фермерских (крестьянских) хозяйств составляет на дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почвах – 44 мг/кг, что выше регионального кларка. Содержание цинка в почвах варьирует в широких пределах: от 30 мг/кг (ФХ «Утренняя роса», «Беркли», «Черемушка», «Агробуг», «Люкевича», «Берестейское», «Агробуг-Плюс», «Степанюк») до 80 мг/кг (ФХ «Мицкевича»). Повышенные значения содержания цинка в почвах могут быть связаны с внесением минеральных удобрений, т. к. фосфорные удобрения содержат примеси Mn, Zn, Ni, Cr, Pb, Cu, Cd [14]. В некоторых литературных источниках указывается, что одной из причин повышенного содержания элемента может быть также близкое расположение автодорог, поскольку соединения цинка могут попадать в почву при истирании шин.

Ванадий (V). Ванадий находится преимущественно в рассеянном состоянии и обнаруживается в железных рудах, нефти, асфальтах, битумах, горючих сланцах, углях и др. Одним из главных источников загрязнения природных вод ванадием являются нефть и продукты ее переработки. Региональный фон элемента – 34 мг/кг [9], а ОДК в почве составляет 150 мг/кг [10]. Анализ данных, полученных в результате исследования, свидетельствует о том, что содержание V в почвах на территории ФХ варьирует в широких пределах: от 25 мг/кг на территории ФХ «Люкевича» до 63 мг/кг на территории ФХ «Цибиков», «Юрловское». Среднее содержание в почвах ФХ, расположенных на дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почвах – 39 мг/кг.

Иттрий (Y). Региональный кларк – 23 мг/кг [9]. Анализ данных, полученных в результате исследования, свидетельствует о том, что содержание Y в почвах на территориях ФХ варьирует в широких пределах: от 10 мг/кг на территории ФХ «Утренняя роса», «Агробуг», «Мицкевича», «Берестейское», «Агробуг-Плюс» до 53 мг/кг на территории ФХ «Бобко». Среднее содержание иттрия в почвах фермерских (крестьянских) хозяйств составляет на дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почвах – 22 мг/кг, что ниже регионального кларка.

Никель (Ni). В континентальных отложениях элемент присутствует в виде сульфидов и арсенидов, ассоциируется также с карбонатами, фосфатами и силикатами. Элемент никель, слабо подвижный в кислых почвах, в щелочной среде переходит в растворимые, подвижные и крайне токсичные формы. Значительная часть элемента концентрируется в илистых, богатых гумусом фракциях почвы. В почвах Республики Беларусь в среднем содержится 20,0 мг/кг никеля [9]. ОДК для песчаных и супесчаных почв – 20 мг/кг [10]. Анализ данных, полученных в результате исследования, свидетельствует о том, что содержание Ni в песчаных и супесчаных почвах на территории ФХ варьирует в широких пределах: от 10 мг/кг на территории ФХ «Утренняя роса», «Агробуг», «Берестейское», «Агробуг-Плюс», «Степанюк» до 32 мг/кг на территории ФХ «Цибиков». Среднее содержание Ni в почвах фермерских (крестьянских) хозяйств составляет на дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почвах – 16 мг/кг, что ниже регионального кларка, однако, на отдельных территориях ФХ Бобко», «Цибиков» наблюдается превышение ОДК в 1,2 и 1,6 раза соответственно.

Медь (Cu). Антропогенными источниками поступления меди являются выбросы металлургических и машиностроительных предприятий, гальванотехники, сварке, гальванизации, производстве красителей, керамики, а также сжигание углеводородного топлива. В почвах Республики Беларусь в среднем содержится 13 мг/кг [9], ПДК для дерново-подзолистой песчаной и супесчаной почвы составляет 33 мг/кг меди [10]. Анализ данных, полученных в результате исследования, свидетельствует о том, что содержание Cu в почвах на территориях ФХ варьирует в широких пределах: от 3 мг/кг на территории ФХ «Утренняя роса» до 62 мг/кг на территории ФХ «Цибиков». Среднее содержание меди в почвах фермерских (крестьянских) хозяйств составляет на дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почвах – 20 мг/кг, что выше регионального кларка. Превышение значения ПДК по меди отмечалось на территории ФХ «Цибикова В. И.» (62 мг/кг), что может быть связано как с применением повышенных доз минеральных удобрений и средств защиты растений, так и расположением в непосредственной близости железнодорожного полотна.

Свинец (Pb). Является приоритетным элементом-токсикантом, относящимся к первому классу опасности. По сравнению с другими тяжелыми металлами свинец наименее подвижен, причем степень подвижности элемента сильно снижается при известковании почв. В почвах Республики Беларусь в среднем содержится 12 мг/кг [9], ПДК для дерново-подзолистой песчаной и супесчаной почвы составляет 32 мг/кг [10]. Анализ данных, полученных в результате исследования, свидетельствует о том, что содержание Pb в почвах на территории ФХ варьирует в широких пределах: от 9 мг/кг на территории ФХ «Утренняя роса» до 47 мг/кг на территории ФХ «Бобко». Превышение ПДК отмечалось также в почвах на территории ФХ «Пархоменко», «Кузьминой», что объясняется близким расположением к автодорогам.

Ниобий (Nb). Региональный кларк – 12 мг/кг [9]. Среднее содержание Nb в почвах фермерских (крестьянских) хозяйств составляет на дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почвах – 17 мг/кг, что выше регионального кларка. Анализ данных, полученных в результате исследования, свидетельствует о том, что содержание Nb в почвах на территории ФХ варьирует в широких пределах: от 6 мг/кг на территории ФХ «Утренняя роса», «Черемушка», «Мицкевича» до 53 мг/кг на территории ФХ «Бобко». Превышение фонового значения ниобия более чем в 2 раза наблюдалось в образцах почвы, отобранных на территории ФХ «Кузьминой» и «Бобко».

Кобальт (Co). Кобальт распространен в составе соединений; в зависимости от pH почвы скорость его почвенной миграции меняется: он слабо подвижен в нейтральных, еще меньше в кислых и практически неподвижен в щелочных почвах. Региональный фон – 6 мг/кг [9], а ОДК в почве составляет 20 мг/кг [10]. В результате исследований установлено, что содержание Co в песчаных и супесчаных почвах варьирует в широких пределах: от 4 мг/кг на территории ФХ «Утренняя роса», «Агробуг», «Агробуг-Плюс» до 10 мг/кг (превышение фонового значения в 1,7 раза) на территориях ФХ: «Кузьминой», «Бобко», «Цибикова», «Беркли», «Юрловское», «Пархоменко», «Тонус», «Мицкевича», однако, следует отметить, что превышение ОДК не отмечалось.

Иттербий (Yb). В почвах Республики Беларусь в среднем содержится 2 мг/кг [9], ПДК для содержания иттербия в почве не установлено. Анализ данных, полученных в результате исследования, свидетельствует о том, что содержание Yb в почвах на территории ФХ варьирует в широких пределах: от 1 мг/кг на территории ФХ «Утренняя роса» до 14 мг/кг на территории ФХ «Бобко», что в 7 раз выше регионального кларка. Среднее содержание иттербия в почвах фермерских (крестьянских) хозяйств составляет на дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почвах – 5 мг/кг, что в 2,5 раза выше регионального кларка.

Олово (Sn). Основными источниками поступления олова в окружающую среду являются промышленные сточные воды и атмосферные выбросы перерабатывающих предприятий, металлургических и химических производств, в результате сжигания на промышленных предприятиях угля, а также вследствие применения оловосодержащих минеральных удобрений и пестицидов. Региональный кларк – 1 мг/кг [9]. Среднее содержание олова в почвах фермерских (крестьянских) хозяйств составляет на дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почвах – 2,2 мг/кг, что в 2 раза выше регионального кларка. Превышение фонового значения олова более чем в 3 раза наблюдалось в образцах, отобранных на территориях ФХ: «Кузьминой», «Бобко», «Пархоменко», «Мицкевича». Данный факт может объясняться тем, что данные фермерские хозяйства расположены в самой низкой части района по сравнению со всеми другими хозяйствами (грунтовые воды подходят близко к поверхности и в целом территория является зоной аккумуляции веществ).

Анализ результатов определения валового содержания химических элементов в дерново-подзолистых глинистых и суглинистых почвах на территориях ФХ (КХ): «Макаревича», «Янтарь-плюс», «Зеленый луг», «Поддубное», «Прибужская нива», «БерклиПанский луг», «Лешкевича», «Онискевича», «Шуляка», «Кобяк», «Шалкевича», «Яскевича», «Метеор-агро», «Искупление», «Виктория».

Суглинистые и глинистые почвы обладают большой связностью, особенно во влажном состоянии, они оказывают большое сопротивление при обработке, нередко слабопроницаемы и длительное время удерживают влагу. По сравнению с легкими почвами в них накапливается больше гумуса и элементов питания. Данные по валовому содержанию элементов на территории фермерских хозяйств, расположенных на дерново-подзолистых суглинистых и глинистых почвах приведены в табл. 3.

Титан (Ti). Анализ данных, полученных в результате исследования, свидетельствует о том, что содержание Ti в глинистых и суглинистых почвах на территории ФХ варьирует в широких пределах: от 1400 мг/кг на территории ФХ «Макаревича» до 6670 мг/кг на территории ФХ «Кобяк». Среднее содержание Ti в глинистых и суглинистых почвах составило 3482 мг/кг, что в 2,2 раза выше значения регионального кларка. На территориях ФХ «Шуляка», «Кобяк» содержание Ti составило 6500 и 6670 мг/кг соответственно, что свидетельствует о его повышенном содержании.

Марганец (Mn). Содержание Mn в почвах на территории ФХ варьирует в широких пределах: от 230 мг/кг на территории ФХ «Виктория» до 5000 мг/кг на территории ФХ «Онискевича». Превышение ОДК отмечалось также в почвах на территориях ФХ «Лешкевича», «Шуляка», «Кобяк», «Шалкевича», «Яскевича», «Искупление». Вероятной причиной этого может быть близкое расположение автодорог, а также ненормированное использование удобрений и средств защиты растений. По сравнению с песчаными и супесчаными почвами, глинистые и суглинистые почвы характеризуются повышенным содержанием Mn, что связано с большей удерживающей способностью илистой фракции.

Валовое содержание элементов на территории фермерских хозяйств, расположенных на дерново-подзолистых суглинистых и глинистых почвах

Химический элемент	Min	Max	\bar{x}	σ	m	U%	t	Кларк*	ПДК (ОДК)**
Ti	1400	6670	3482	1961,21	524,16	56,3%	6,6	1562	н/у
Mn	230	5000	1474	1421,22	379,84	96,4%	3,9	247	1500
Zr	67	420	213	82,69	22,10	38,9%	9,6	200	н/у
Cr	20	142	69	33,27	8,89	48,6%	7,7	36	100
Zn	30	87	54	24,06	6,43	44,8%	8,4	35	110
V	18	90	55	22,56	6,03	41,3%	9,1	34	150
Ni	5	45	22	10,95	2,93	50,1%	7,5	20	40
Y	10	300	43	71,45	19,10	165,9%	2,3	23	н/у
Cu	6	50	24	14,64	3,91	60,5%	6,2	13	66
Pb	7	57	32	20,68	5,53	64,9%	5,8	12	32
Nb	3	57	21	18,59	4,97	90,5%	4,1	12	н/у
Co	2	15	10	4,49	1,20	45,3%	8,3	6	20
Yb	1	27	6	6,20	1,66	102,3%	3,7	2	н/у
Sn	1	3	2	0,74	0,19	30,7%	12,2	1	4,5
Ga	5	16	10	4,32	1,16	41,8%	8,9	н/у	н/у
Li	10	28	12	4,69	1,25	40,2%	9,3	н/у	н/у
B	10	50	34	18,25	4,88	53,5%	7,0	н/у	н/у

Примечание: Min – минимальное значение, мг/кг; Max – максимальное значение, мг/кг; \bar{x} – среднее арифметическое значение, мг/кг; σ – стандартное отклонение; m – ошибка средней; U – коэффициент вариации (%); t – коэффициент достоверности для среднего; *Региональные кларки приведены для дерново-подзолистых почв по Петуховой, Н. Н., Кузнецову, В. А. [9]; **ПДК (ОДК) [10] для дерново-подзолистых глинистых и суглинистых почв; н/у – не установлено

Цирконий (Zr). Содержание Zr в глинистых и суглинистых почвах на территории ФХ варьирует в широких пределах: от 67 мг/кг на территории ФХ «Метеор-агро» до 420 мг/кг на территории ФХ «Виктория». Среднее содержание Zr в почвах фермерских (крестьянских) хозяйств составляет на дерново-подзолистых глинистых и суглинистых почвах – 213 мг/кг, что выше регионального кларка.

Хром (Cr). Содержание Cr в почвах на территории ФХ варьирует в широких пределах: от 20 мг/кг на территории ФХ «Макаревич» до 142 мг/кг на территории ФХ «Кобяк». Среднее содержание Cr в почвах фермерских (крестьянских) хозяйств составляет на дерново-подзолистых глинистых и суглинистых почвах – 69 мг/кг, что в 1,9 раза превышает значение регионального кларка. Превышение ОДК отмечалось также в почвах на территориях ФХ «Кобяк», «Искупление».

Цинк (Zn). Анализ данных, полученных в результате исследования, свидетельствует о том, что содержание Zn в почвах на территории ФХ варьирует в широких пределах: от 30 мг/кг на территориях ФХ «Макаревича», «Янтарь-плюс», «Зеленый луг», «Поддубное», «Прибужская нива» до 87 мг/кг на территории ФХ «Шалкевича». Среднее содержание цинка в дерново-подзолистых почвах – 54 мг/кг, что выше регионального кларка. Превышение значения кларка более чем в 2 раза отмечалось на территориях ФХ «Шуляка», «Кобяк», «Яскевича», «Искупление», однако следует отметить, что превышения ПДК не отмечалось. В целом суглинистые и глинистые почвы характеризуются повышенным содержанием Zn по сравнению с песчаными и супесчаными почвами, что связано с большей удерживающей способностью илстой фракции.

Ванадий (V). Среднее содержание в почвах ФХ, расположенных на дерново-подзолистых глинистых и суглинистых почвах – 55 мг/кг, что превышает фоновое значение более чем в 1,6 раза. Превышение фонового значения более чем в 2 раза отмечалось в почвах ФХ «Кобяк», «Виктория», «Искупление», однако, превышение ОДК не отмечалось.

Никель (Ni). Среднее содержание Ni в почвах фермерских (крестьянских) хозяйств составляет на дерново-подзолистых глинистых и суглинистых почвах – 22 мг/кг, что выше регионального кларка. В то же время, на территории ФХ «Виктория» среднее содержание Ni составило 45 мг/кг, что превышает ОДК для глинистых и суглинистых почв.

Иттрий (Y). Региональный кларк – 23 мг/кг [9]. Среднее содержание иттрия в почвах фермерских (крестьянских) хозяйств составляет на дерново-подзолистых глинистых и суглинистых почвах – 43 мг/кг, что в 1,9 раза выше регионального кларка. Превышение фонового значения ниобия более чем в 2 раза наблюдалось в образцах, отобранных на территории ФХ «Виктория».

Медь (Cu). В почвах Республики Беларусь в среднем содержится 13 мг/кг [9], ПДК для дерново-подзолистой глинистой и суглинистой почвы – 66 мг/кг [10]. Среднее содержание меди в почвах фермерских (крестьянских) хозяйств составляет на дерново-подзолистых глинистых и суглинистых почвах составил 24 мг/кг, что выше регионального кларка в 1,85 раза. Превышение значения ПДК по меди на глинистых и суглинистых почвах не отмечалось.

Свинец (Pb). Анализ данных, полученных в результате исследования, свидетельствует о том, что содержание Pb в почвах на территории ФХ варьирует в широких пределах: от 7 мг/кг на территории ФХ «Макаревича» до 57 мг/кг на территории ФХ «Кобяк». Превышение ПДК элемента отмечалось на территориях ФХ «Лешкевича», «Онискевича», «Шуляка», «Кобяк», «Шалкевича», «Яскевича», «Искупление». Данный факт можно объяснить тем, что свинец может попадать в почвы в составе ядохимикатов, биоцидов, стимуляторов роста растений, минеральных удобрений [3, 14].

Ниобий (Nb). Региональный кларк – 12 мг/кг [9]. Среднее содержание Nb в почвах фермерских (крестьянских) хозяйств составляет на дерново-подзолистых глинистых и суглинистых почвах – 21 мг/кг, что в 1,8 раза выше регионального кларка; Превышение фонового значения ниобия более чем в 2 раза наблюдалось в образцах, отобранных на территории ФХ «Онискевича», «Кобяк», «Искупление».

Кобальт (Co). В результате исследований установлено, что содержание Co в почвах варьирует в широких пределах: от 2 мг/кг на территории ФХ «Поддубное», до 15 мг/кг (превышение фонового значения в 2,5 раза) на территориях ФХ «Лешкевича», «Шуляка», «Шалкевича», «Яскевича». Однако, следует отметить, что превышение ОДК не отмечалось. Количество кобальта в почве зависит от состава материнской породы. Кроме того, распределение данного элемента в почвенных слоях зависит от распределения в профилях почв физической глины, илистых фракций, оксидов железа и органического вещества, поскольку все перечисленные конгломераты способны фиксировать кобальт. Однако в большей степени он фиксируется частичками физической глины. Одновременно часто встречаются соединения кобальта с глинистыми минералами, оксидами железа и гумусовыми соединениями. Доля подобных веществ, фиксирующих кобальт в неподвижной и малоподвижных формах, составляет около 95% валового содержания этого элемента в почве [5].

Иттербий (Yb). Среднее содержание иттербия в дерново-подзолистых глинистых и суглинистых почвах фермерских (крестьянских) хозяйств составляет 6 мг/кг, что выше регионального кларка в 3 раза.

Олово (Sn). Анализ данных, полученных в результате исследования, свидетельствует о том, что содержание Sn в почвах на территории ФХ варьирует в пределах: от 1 мг/кг до 3 мг/кг. Среднее значение олова на дерново-подзолистых глинистых и суглинистых почвах составило 2,4 мг/кг, что выше регионального кларка в 2,4 раза.

Поскольку оценка уровня загрязнения почвы по одному химическому элементу не может дать полной картины состояния исследуемой почвы, целесообразно рассчитать коэффициент концентрации химического вещества K_c и суммарный показатель загрязнения Z_c (суммарный показатель Саета). Z_c представляет собой сумму коэффициентов концентрации (K_c) токсикантов (загрязнителей) по отношению к фоновым значениям и рассчитывается по формуле:

$$Z_c = (\sum K_c) - (n - 1),$$

где K_c – коэффициент концентрации i -го химического элемента, n – число, равное количеству элементов, входящих в геохимическую ассоциацию.

Проведенный по результатам наших исследований расчет суммарного показателя загрязнения почв фермерских (крестьянских) центральной части Брестского района показал, что по содержанию валовых форм тяжелых металлов песчаные и супесчаные почвы соответствуют категории допустимого уровня загрязнения, т.к. величина Z_c не превышает 16, в то время как дерново-подзолистые глинистые и суглинистые почвы соответствуют среднему уровню загрязнения, поскольку расчетная величина Z_c составляет 17,7, что превышает показатель 16 (табл. 4).

Суммарное загрязнение дерново-подзолистых почв на территориях фермерских (крестьянских) хозяйствах Брестского района

Химический элемент	Региональный кларк [9]	Песчаные и супесчаные почвы		Глинистые и суглинистые почвы	
		Коэффициент концентрации химического элемента (K_c)	Суммарный показатель загрязнения (Z_c)	Коэффициент концентрации химического элемента (K_c)	Суммарный показатель загрязнения (Z_c)
Ni	20	0,8	10,2	1,1	17,7
Co	6	1,3		1,7	
V	34	1,1		1,6	
Mn	247	5,2		6,0	
Ti	1562	1,7		2,2	
Cr	36	1,7		1,9	
Pb	12	1,9		2,7	
Zr	200	1,3		1,1	
Nb	12	1,4		1,8	
Cu	13	1,5		1,9	
Zn	35	1,3		1,5	
Yb	2	2,5		3,0	
Y	23	0,95		1,9	
Sn	1	2,2		2,4	

Рассчитанные показатели Z_c характеризуют уровень загрязнения почвы и воздействие загрязнения окружающей среды на здоровье человека (табл. 5).

Таблица 5

Уровни загрязнения почвенного покрова по суммарному загрязнению тяжелыми металлами [12, 13]

Уровень загрязнения	Суммарный показатель загрязнения почв (Z_c)	Воздействие на здоровье человека
Низкий	8–16	Наиболее низкие показатели заболеваемости детей, частота встречаемости функциональных отклонений минимальна
Средний	16–32	Повышение уровня общей заболеваемости населения
Высокий	32–128	Высокий уровень общей заболеваемости, рост числа часто болеющих детей, детей с хроническими заболеваниями, нарушениями функционального состояния сердечно-сосудистой системы
Очень высокий	>128	Высокий уровень заболеваемости детей, нарушение репродуктивной функции женщин (увеличение токсикоза беременности, преждевременных родов, мертворождаемости, гипотрофии новорожденных)

Выявленные в наших исследованиях превышения установленных нормативов по содержанию тяжелых металлов в почвах указывают на то, что при выращивании сельскохозяйственной продукции на этих территориях требуется тщательное выполнение существующих технологических регламентов.

Заключение

1. В ходе проведенного исследования установлено, что изучаемая дерново-подзолистая почва, на которой размещены фермерские (крестьянские) хозяйства центральной части Брестского района, характеризуется незначительным накоплением тяжелых металлов. Содержание химических элементов Ti, Cr, Pb, Cu, Zn, Y, Yb, Sn, Nb, Mn превышает значения региональных кларков, содержание Ni, Co, V, Zr – ниже значений региональных кларков.

2. Почвы центральной части Брестского района по содержанию тяжелых металлов можно классифицировать как почвы с низким и средним уровнем загрязнения. По суммарному показателю загрязнения почва соответствует категории допустимого уровня загрязнения.

Список литературы

1. Израэль, Ю. А. Экология и контроль состояния природной среды и пути их решения: учеб.-метод. пособие / Ю. А. Израэль. – Ленинград: Гидрометеоиздат, 1984. – 560 с.
2. Ильин, В. Б. О нормировании тяжелых металлов в почве / В.Б. Ильин // Почвоведение. – 1986. № 9. Новосибирск: Наука – С. 90–98.
3. Тиво, П. Ф. Тяжелые металлы и экология: науч. издание / П. Ф. Тиво, И. Г. Быцко. – Минск: Юнипол, 1996. – 192 с.
4. Кабата-Пендиас, А. Микроэлементы в почвах и растениях: науч. Издание / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
5. Реймерс, Н. Ф. Экология: учеб. пособие / Н. Ф. Реймерс. – М.: Россия молодая, 1994. – 367 с.
6. Кабата-Пендиас, А. Фитоиндикация как инструмент для изучения окружающей среды // Сибирский экологический журнал, 2001. – т. УШ. – №2. – С. 125–130.
7. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. – М.: ЦИНАО, 1992. – 61 с.
8. ГОСТ 17.4.4.02-84 Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа.
9. Петухова, Н. Н., Кузнецов, В. А. К кларкам микроэлементов в почвенном покрове Беларуси // Доклады АН Беларуси. –1992– Том 26, №5. – С. 461–465.
10. Перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно допустимых концентраций (ОДК) химических веществ в почве: ГН 2.1.7.12-1-2004. – введ. 25.02.2004. – Минск: постановление главного государственного санитарного врача РБ, 2004. –30 с.
11. Кузнецов, В. А. Геохимия ландшафтов Припятского Полесья / В. А. Кузнецов [и др.]. – Минск, 1997. – 240 с.
12. Методич. указания по оценке степени опасности загрязнения почвы химическими веществами – М., 1987. – С. 54–60.
13. Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве / Б. А. Ревич, Ю. Е. Саэт, Р.С. Смирнова (Утв. 15 мая 1990 г. № 5174-90). — М.: ИМГРЭ, 1990.
14. Гапонюк, Э. И. К оценке действия антропогенных загрязнений на функциональное состояние почвенной микрофлоры / Э. И. Гапонюк, В. А. Кобзев // Миграция и превращение пестицидов в окружающей среде. – М., 1979. – С. 47–52.

G. W. Taukach, S. S. Pazniak

CONTENTS OF CHEMICAL ELEMENTS IN SOIL IN THE FARM FARMS OF BREST REGION

The article analyzes the content of total heavy metals in the soils of farmer farms located in the territory of the Brest region. The features of the valuation of heavy metals in soils and soil-forming rocks, presented data on the characteristics of the local content of heavy metals in the soils of farmer farms of Brest region.