УДК 631.416.9, 631.615, 631.81 DOI: 10.25680/S19948603.2026.150.15

ЭКОЛОГО-АГРОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В НИЗИННЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВАХ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ КОРМОПРОИЗВОДСТВА

Н.А. Уланов[1], к.с.-х.н., А.Н. Уланов[2], д.с.-х.н.
[1]ФГБОУ ВО Вятский государственный агротехнологический университет
Киров, Октябрьский пр-т., 133, 610017, т.: 89127074713
E-mail: ulanov-n-a@mail.ru,
[2]Кировская лугоболотная опытная станция – филиал ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»

Целью настоящей работы является экологическая оценка содержания тяжелых металлов (ТМ) в профиле торфяной почвы в зависимости от режима ее использования. Установлено, что 50-летнее возделывание на этой почве различных кормовых культур привело к многократному увеличению в ней валовых форм Fe, Cu, Mn, Zn, Pb, Cd, *особенно под многолетними травами. Однако, ни по одному элементу опасного превышения предельно допустимой концентрации (ПДК) не отмечено. Большинство ТМ в торфяной почве отличаются крайне низкой подвижностью. Сравнивается содержание валовых форм ТМ в дерново-подзолистой и торфяной почвах. Прослеживаются соотношения железа, марганца, цинка и других элементов в системе почва-растение-экскременты животных.*

Ключевые слова: торфяная и дерново-подзолистая почвы, кормовые культуры, валовые и подвижные формы, тяжелые металлы, микроэлементы, предельно допустимая концентрация.

Для цитирования: *Уланов Н.А., Уланов А.Н.* Эколого-агрохимическая оценка содержания тяжелых металлов в низинных торфяных почвах, используемых в кормопроизводстве// Плодородие. – 2026. – №3. – С. 86-90. DOI: 10.25680/S19948603.2026.150.15.

В связи с увеличивающимся загрязнением биосферы особый интерес и важное практическое значение имеют познание закономерностей поведения и распространения тяжелых металлов (ТМ) в окружающей среде. ТМ являются потенциально токсичными элементами, токсичность которых возрастает по мере увеличения атомной массы. Токсичность ТМ для растений проявляется по-разному [1]. Многие металлы (медь, ртуть), концентрируясь до токсичного уровня, начинают ингибировать деятельность ферментов. Некоторые ТМ образуют хелатоподобные комплексы с обычными метаболитами, нарушая нормальный обмен веществ (железо). Другие ТМ конкурируют с необходимыми растениям элементами, нарушая их функциональные роли. Например, кадмий замещает цинк, что приводит к цинковой недостаточности, вызывая угнетение и гибель растений. Высокое содержание свинца может подавлять рост растений и вызывать хлороз, обусловленный нарушением поступления железа [4, 5].

Загрязнение почвы, водных источников и продукции происходит в результате техногенного воздействия металлургических предприятий, работы ТЭЦ, добывающих и перерабатывающих производств, работы двигателей внутреннего сгорания. В сельскохозяйственном производстве принято считать, что основными источниками поступления ТМ в почву являются пестициды, минеральные удобрения, химические мелиоранты, осадок сточных вод, сапропель и др. [6, 14]. Этим проблемам в настоящее время посвящено огромное количество работ, однако в подавляющем большинстве исследования проводились в условиях зональных почв и в меньшей степени на интрозональных объектах, к которым относятся и торфяные почвы [2, 12]. Кроме того, при агроэкологической оценке причин появления ТМ и аккумуляции их в почвенном профиле, практически не придавали значения режиму возделывания самих культур и их месту в севообороте.

Установлено, что значительная доля ТМ, загрязняющих окружающую среду, попадая в почву, аккумулируется в ней и со временем практически не исчезает. Особенно прочно фиксируют ТМ верхние гумусосодержащие горизонты [2, 11]. Опасность заключается в том, что химическое загрязнение, в силу буферности почв длительное время может никак не проявляться, и в перспективе служить мощным фактором разрушения биосферы в целом [13].

Осушенная торфяная залежь, используемая в качестве почвы, по многим параметрам принципиально отличается от дерново-подзолистых, серых лесных, черноземов и других зональных почв. В низкозольных низинных почвах доля органического вещества (ОВ) достигает 90-95%. Валовое содержание углерода – 55-60%, азота – 2-3, водорода – 4-5, кислорода – 30-35% от общей органической массы. Запасы валового азота в метровом слое низинного торфа – 25-30 т/га. Общее количество гумусовых веществ около 62-67% от ОВ торфа. Все это обуславливает высокую емкость поглощения, достаточно высокую буферность, что в свою очередь предполагает соответствующую аккумулирующую способность торфяного профиля [3, 13].

Цель исследования – установить величину накопления ТМ в профиле старопахотных торфяных почв при различном режиме их длительного использования под кормовыми культурами.

Методика. Одними из объектов исследований являются звенья кормового севооборота с различным насыщением многолетними травами. Опыт заложен в 1975 г. Для экологической оценки состояния профиля выбраны наиболее

контрастные варианты: многолетние травы бессменного пользования, пропашные культуры бессменного пользования, пар чистый бессменно. Для сравнения, в качестве дополнительных, выбраны рядом расположенные объекты: пастбищный травостой (в культуре 90 лет) и целинный участок под лиственно-хвойным лесом.

Все опытные участки компактно расположены в южной части низинного торфомассива «Гадовское», находящегося в центре Кировской области. Общая его площадь составляет около 3000 га. В культуре с 1918 г.

Мощность торфяного слоя варьирует от 1,5 до 2,0 м. По ботаническому составу торф древесно-тростниково-осоковый, степень разложения – 30-40%, зольность – 6-12%, полная влагоемкость (ПВ) – 200-400%, объемная масса – 0,170-0,250 г/см^3. Торфяная залежь подстилается аллювиально-делювиальными среднезернистыми песками. Уровень грунтовых вод (УГВ) в вариантах варьирует от 80 до 100 см. По геохимическому составу почвенные воды относятся к гидрокарбонатно-кальциевому типу.

В почве звеньев севооборота содержание подвижного фосфора 130 мг/кг, обменного калия 1140 мг/кг почвы. В почве под лесом содержание подвижного фосфора 20-35 мг/кг, обменного калия 100-130 мг/кг, на пастбищном участке содержание этих элементов 17-25 и 200 мг/кг соответственно. На всех участках отмечено высокое валовое содержание кальция – 3-4%.

Под многолетние травы укосного и пастбищного использования, а также под пропашные культуры (картофель, морковь, свекла) ежегодно в течение 50 лет вносили минеральные удобрения, рассчитанные на получение 6-8 тыс. к.е. с 1 га. В зависимости от культуры применяли следующие дозы: $N_{90-120}P_{80-90}K_{120-160}$ кг д.в/га. Гербициды, микроэлементы и иные агрохимикаты не использовали.

Валовые и подвижные формы ТМ определяли в испытательном центре Кировского филиала ФГБУ «РосАгрохимслужба». Использовали атомно-абсорбционный спектрофотометрический метод на приборе «Спектр 5-3» в пламени: ацетилен-воздух (ААС с лампой полого катода типа С115-1М). Агрохимические показатели участков устанавливали по общепринятым методикам ЦИНАО [10].

Результаты и их обсуждение. Экологическая оценка осушенной целинной низинной торфяной залежи под девственным лесом показывает крайне низкое фоновое содержание валовых форм ТМ. По некоторым фитотоксичным элементам эти значения намного ниже фоновых значений зональных почв – дерново-подзолистых, серых лесных, черноземов, каштановых и др. [16]. Установлен следующий ряд валовых форм ТМ в порядке убывания: Fe, Mn, Cu, Ni, Zn, Cr, Pb, Co, Mo, As, Cd, Hg.

Использование остаточной торфяной залежи торфомассива в качестве почвы под различные кормовые культуры в условиях высокого агрофона существенно изменили структуру и запасы ТМ в профиле. Поскольку принципиальной разницы в количестве и качестве внесенных за этот период элементов питания под многолетними укосными и пастбищными травостоями, а также пропашными культурами нет, все отличия в размерах аккумуляции ТМ между вариантами, прежде всего, следует отнести к режиму использования почвы, наличию растительного опада, сорной растительности и других включений органического происхождения.

В процессе использования торфяной почвы под кормовыми культурами ситуация с ТМ существенно изменилась. Валовые формы ТМ в профиле почвы в среднем по вариантам расположились в следующий убывающий ряд: Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Cr, Pb, Co, As, Mo, Cd, Hg. В таблице 1 представлены данные по содержанию валовых форм этих элементов в почве после многолетнего пребывания ее под различными культурами.

1. Валовое содержание тяжелых металлов в торфяной почве, мг/кг

Вариант	Глубина, см	Pb	Cd	Zn	Cr	Fe	Cu	Mn	Mo	Co	Ni	As	Hg
Целина (лес)	0-20	6,8±1,4	0,27 ±0,08	13,0 ±4,0	3,7±1,3	11500 ±2900	7,8 ±1,8	180 ±40	<1,00	3,9±1,1	10,5 ±2,9	0,70 ±0,13	0,20 ±0,060
	20-40	1,7±0,3	0,21 ±0,06	7,0 ±2,3	6,0±2,2	6800 ±1700	17,4 ±4,0	112 ±26	<1,00	1,9±0,5	14,0 ±4,0	<0,20	0,125 ±0,037
ДКП	0-20	5,3±1,1	0,38 ±0,11	80,0 ±2,6	5,3±1,9	> 25000	10,5 ±2,4	910 ±180	<1,00	2,9±0,8	11,3 ±3,2	<0,20	0,14 ±0,040
	20-40	1,5±0,3	0,61 ±0,18	87,0 ±2,9	7,5±2,7	23000 ±6000	9,2 ±2,1	380 ±90	<1,00	3,3±0,9	22,0 ±6,0	<0,20	0,15 ±0,050
Многолетние травы	0-20	8,0±1,7	0,27 ±0,08	38,0 ±12,0	5,3±1,9	16000 ±4000	15,8 ±3,6	760 ±170	<1,00	2,3±0,7	10,3 ±2,9	1,35 ±0,26	0,20 ±0,060
	20-40	2,3±0,5	0,21 ±0,06	10,0 ±3,4	8,2±2,9	8400 ±2100	8,7 ±2,0	210 ±50	<1,00	1,5±0,4	11,3 ±3,2	0,56 ±0,11	0,18 ±0,050
Пропашные культуры	0-20	3,8±0,8	0,22 ±0,07	39,0 ±13,0	5,7±2,1	12200 ±3100	14,5 ±3,3	590 ±140	<1,00	2,0±0,6	11,8 ±3,3	1,67 ±0,32	0,15 ±0,050
	20-40	<1,00	0,23 ±0,07	11,4 ±7,0	3,4±1,2	7100 ±1800	5,5 ±1,3	240 ±60	<1,00	2,7±0,8	8,1± 2,3	1,54 ±0,29	0,068 ±0,031
Пар чистый	0-20	3,9±0,8	0,26 ±0,08	35,0 ±12,0	3,8±1,4	11400 ±2800	12,4 ±2,9	430 ±100	<1,00	2,0±0,6	10,4 ±2,9	2,60 ±0,50	0,15 ±0,040
	20-40	1,3±0,2	0,20 ±0,06	16,0 ±5,0	4,2±1,5	7400 ±1800	6,4 ±1,5	240 ±50	<1,00	2,9±0,8	7,6 ±2,1	1,59 ±0,30	0,083 ±0,037

Примечание. Погрешность результата испытаний (измерений) при P=0,95.

Отмечено, что максимальное количество ТМ аккумулируется в верхнем слое, что еще раз подтверждает низкую их миграционную способность вниз по профилю. При сравнении вариантов наибольшее (многократное) содержание большинства контролируемых элементов было на долголетнем культурном пастбище (ДКП) и многолетнем травостое бессменного пользования. Под многолетней луговой культурой в почвенном профиле формируется устойчивая система капилляров, по которой, в условиях близкого расположения грунтовых вод, в верхнюю часть поступают зольные элементы. Особенно это относится к металлам с переменной валентностью, в данном случае к железу и частично к его постоянному геохимическому спутнику марганцу. Так, в почве под 90-летним пастбищным травостоем, отложившиеся в самой верхней части профиля соединения трехвалентного железа, хорошо заметны даже визуально. Эти новообразования представлены ожелезненными трубочками, конкрециями и другими формами. Более ранними наблюдениями на объекте установили, что внутри профиля кверху от капиллярно-подпертой каймы в так называемой зоне кислородного барьера может формироваться еще один более мощный аккумулятивный горизонт железа и марганца [15].

В наших исследованиях содержание железа и марганца под многолетним укосным травостоем, особенно на ДКП, увеличилось по сравнению с контролем в 2-5 раз в зависимости от горизонта. На этих же объектах в 3-4 раза возросло содержание валового свинца и в 2,0-2,5 раза – кадмия. Между укосными и пастбищными травостоями имеется существенная разница. Если в первом случае всю фитомассу убирают полностью, то во втором – она ежегодно остается в виде несъеденных остатков. Кроме того, за 3-4 цикла стравливания в почву ежегодно поступает существенное количество зольных элементов в виде биологических выделений. Это в некоторой степени объясняет 6-12-кратное увеличение в почве на ДКП содержания валового цинка.

Незначительное увеличение валовых форм меди и цинка отмечено под всеми культурами и даже в чистом пару. Содержание остальных элементов (Mo, Cr, Ni, Co, Hg) находится либо на уровне контроля, либо в границах погрешности метода. На паровой площадке отмечено более чем 3-кратное увеличение мышьяка.

В отношении варианта «чистый пар» необходимо отметить следующее. Одна из особенностей старопахотной торфяной почвы – огромное количество семян сорных растений (до 1500 шт/м^2) в верхнем слое обрабатываемой части профиля. Чтобы обеспечить чистоту паровой площадки в течение всего времени, отрастающие сорняки (высотой 10-15 см) заделывали легкой дисковой бороной. Ежегодно эту процедуру повторяли 3-4 раза. В результате такой «самосидерации», с органической массой в почву поступает достаточное количество элементов питания, поэтому по уровню плодородия паровая площадка практически не уступает варианту с пропашными культурами, где ежегодно вносили минеральные удобрения (табл. 2).

2. Агрохимические свойства торфяной почвы под разными культурами

Глубина, см	Зола, %	$pH_{сол}$	Мг-экв/100 г			Степень насыщенности основаниями, % (V)	P_2O_5	K_2O	CaO
			гидролитическая кислотность ($H_г$)	Al подвижный	сумма обменных оснований (S)		Подвижные формы		
							мг/кг		%
Пропашные культуры, 50 лет бессменно									
0-20	18,5±0,86	5,2±0,06	52,4±2,02	0,21±0,01	152,5±4,11	74±2,04	1143,0±51,12	474,0±10,58	4,3±0,13
20-45	17,1±0,49	5,1±0,05	54,6±2,36	0,06±0,00	155,0±3,89	74±2,05	828,0±39,16	258,0±5,56	4,2±0,11
45-130	9,1±0,39	5,2±0,06	52,2±1,99	0,12±0,00	158,0±4,01	75±2,11	60,3±1,59	140,0±3,69	3,8±0,09
130-160	13,3±0,51	5,0±0,05	55,6±2,41	0,17±0,01	174,0±3,99	76±2,12	80,7±2,19	121,0±3,52	3,9±0,09
Пар чистый, 50 лет бессменно									
0-15	16,5±0,76	5,1±0,05	50,0±2,20	0,17±0,01	154,0±3,56	75±1,89	783,0±32,11	274,0±5,89	4,2±0,12
15-40	15,8±0,68	5,3±0,06	50,8±1,89	0,20±0,01	152,0±2,59	75±1,94	718,0±29,49	239,0±5,31	4,0±0,10
40-137	8,4±0,33	5,1±0,05	55,2±2,39	0,29±0,02	135,0±3,26	71±1,52	80,1±2,18	154,0±3,71	3,4±0,08
137-150	97,7±4,25	5,1±0,04	1,3±0,05	0,006±0,00	10,4±0,25	89±1,21	219,0±5,06	38,0±0,88	0,2±0,00

Отсутствие принципиальной разницы между этими вариантами прослеживается и в содержании ТМ.

Валовое содержание ТМ не всегда может объективно характеризовать степень опасности от «металлического пресса», поскольку почва способна связывать соединения фитотоксичных элементов, переводя их в недоступное для растений состояние. Более достоверную информацию об уровне токсичности дают сведения о количестве подвижных, более доступных для растений форм ТМ. Анализ подвижных соединений Pb, Cd, Cr, Cu, Mo, Co, Ni во всех вариантах, включая целину, показал крайне низкое их содержание – менее 0,10-1,00 мг/кг, что находится в пределах погрешности метода. Применяемый метод определения подвижных фракций рекомендуется использовать при высоких валовых количествах исследуемого элемента. В наших исследованиях в наибольшей степени преобладают железо, марганец и цинк. Под подвижным железом подразумевают, прежде всего, его двухвалентную форму, которая легко передвигается при естественной влажности профиля. В таблице 3 приведено соотношение валовых и подвижных форм остальных преобладающих металлов – марганца и цинка. Железо практически на 100% представлено валовой формой, поэтому в таблице его нет.

3. Соотношение валовых и подвижных форм доминирующих тяжелых металлов, %.

Элемент	Целина (контроль)		Долголетнее культурное пастбище		Многолетние травы, бессменно		Пропашные культуры, бессменно		Чистый пар, бессменно	
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
Zn	92 8	86 14	96 6	93 7	92 8	90 10	93 7	91 9	91 9	91 9
Mn	88 12	98 2	96 4	94 6	94 6	95 5	97 3	91 9	94 6	84 16

Примечание. В числителе валовые формы, в знаменателе – подвижные.

Из данных таблицы 3 видно, что, с небольшими отклонениями по вариантам, доля подвижных фракций незначительна и варьирует от 2 до 16%. Доля подвижного цинка, в зависимости от варианта, варьирует от 6 до 14%, подвижного марганца – от 2 до 16%. Сравнительно невысокое содержание подвижных форм изучаемых элементов еще раз подтверждает мнение многих исследователей о том, что в почвах с высоким содержанием гумуса ТМ менее доступны растениям [8, 9, 13, 16,].

Анализ показывает, что несмотря на многократное увеличение содержания некоторых фитотоксичных металлов и микроэлементов, опасного превышения ПДК ни по одному элементу не отмечено (см. табл. 1).

Для более полной информации и сравнительной оценки различных сред, в таблице 4 приведены средние значения ТМ в кормовых культурах (многолетние и однолетние травы) и в биологических выделениях крупного рогатого скота (КРС), установленные ранее проведенными на объекте исследованиями [15].

4. Средние значения содержания валовых форм тяжелых металлов в корме, полученном с торфяной почвы, и каловой массе, мг/кг сухого вещества

Материал	Fe	Mn	Zn	Mo	Co	Cu	As	Hg	Cd	Pb
Растение	190,0 ±8,75	80,0 ±3,75	60,0 ±0,25	2,0 ±0,09	1,5 ±0,07	1,5 ±0,06	0,6 ±0,02	0,03 ±0,00	0,02 ±0,00	0,5 ±0,01
Экскременты	29762,0 ±1287	280,0 ±12,77	140,0 ±5,62	6,0 ±0,27	4,5 ±0,19	19,0 ±0,81	4,0 ±0,17	0,06 ±0,00	0,08 ±0,00	4,0 ±0,14

Примечание. Погрешность результата испытаний (измерений) при P=0,95.

Здесь, как и в почве, четко прослеживается доминирование железа, марганца и цинка, однако, доли, на которые приходится содержание остальных элементов, изменились. Обращает на себя внимание следующая зависимость. Содержание ТМ в экскрементах КРС на много порядков выше, чем в растениях, т.е. наблюдается концентрация зольных элементов на единицу органической массы при переходе ее в новое состояние.

Ранее проводилась [7] сравнительная оценка зольного состава тимофеевки луговой, возделываемой на торфяной и дерново-подзолистой почвах, в различные фазы ее развития (табл. 5).

5. Содержание микроэлементов и тяжелых металлов в тимофеевке луговой в зависимости от фазы развития и почвенных условий, мг/кг

Фаза развития	Почва	Fe	Cu	Co	Zn	Cd	Hg	As
Выход в трубку	Дерново-подзолистая	76,7±2,99	4,6±0,21	2,7±0,12	87,3±3,71	0,43±0,02	0,007±0,00	0,14±0,01
	Торфяная	118,6±4,76	1,4±0,06	1,7±0,06	39,2±1,54	0,39±0,01	0,005±0,00	0,38±0,01
Колошение	Дерново-подзолистая	74,2±3,16	3,3±0,14	2,3±0,10	66,1±2,55	0,44±0,02	0,006±0,00	0,36±0,01
	Торфяная	182,7±7,24	1,4±0,05	1,7±0,07	46,4±1,98	0,47±0,02	0,014±0,00	0,54±0,02
Цветение	Дерново-подзолистая	78,8±3,88	2,7±0,11	1,9±0,09	83,4±3,05	0,30±0,01	0,005±0,00	0,19±0,01
	Торфяная	195,7±8,75	1,3±0,04	1,5±0,05	64,0±2,88	0,41±0,01	0,005±0,00	0,62±0,03

Примечание. Погрешность результата испытаний (измерений) при P=0,95.

По микроэлементам отмечена следующая зависимость: содержание железа в растениях в 1,5-2,0 раза выше на торфяной почве, по сравнению с дерново-подзолистой, и на столько же меньше цинка, кобальта и меди. Эта разница прослеживается во все фазы развития тимофеевки. По фитотоксичным металлам доказанная разница в «пользу» торфяной почвы выявлена лишь по мышьяку.

Выводы. 1. Целинная низинная торфяная почва характеризуется низким валовым содержанием ТМ. Повышенное количество железа и марганца в меньшей степени связано с системой кормопроизводства и в большей степени обусловлено геохимическими особенностями генезиса торфяной залежи.

2. Интенсивное и длительное применение минеральных удобрений привело к многократному увеличению валовых форм Fe, Cu, Mn, Zn, Pb, Cd в почвенном профиле. Максимальная их концентрация отмечена на многолетнем укосном травостое и особенно на ДКП. Однако, ни по одному элементу опасного превышения ПДК под всеми кормовыми культурами не зафиксировано. Содержание остальных элементов (Cr, Mo, Co, Hg, As, Ni) либо находится на уровне целинного участка, либо минимально и лишь под многолетними травами.

3. Большинство ТМ в осушенной торфяной почве отличаются крайне низкой подвижностью. Исключение составляют цинк и марганец, доля подвижных форм которых не превышает в среднем 7-8% от валовых. Содержание подвижных форм остальных элементов менее 0,1-1,0 мг/кг почвы.

4. Наибольшее содержание железа, марганца и цинка прослеживается по всей цепочке системы: почва – растение – биологические выделения животных. Концентрация ТМ в экскрементах намного выше, чем в корме.

5. При сравнении торфяной и дерново-подзолистой почв, установлено, что во все фазы развития содержание валовых форм железа и мышьяка в тимофеевке луговой на торфяной почве в 1,5-2,0 раза выше, а цинка, кобальта и особенно меди, наоборот, существенно ниже.

Литература

1. *Атоянц А.Л., Авалян Р.Э.* Оценка генотоксических рисков техногенного загрязнения сельскохозяйственных почв // Гигиена и санитария. – 2025. – Т. 104. – № 6. – С. 772-777.
2. *Фрид А.С., Касатиков В.А., Борисочкина Т.И. [и др.]* Влияние длительного применения осадков сточных вод и извести на валовое содержание и концентрацию подвижных форм тяжелых металлов в супесчаной дерново-подзолистой почве // Агрохимия. – 2023. – № 1. – С. 83-96.
3. *Ефимов В.Н.* Торфяные почвы и их плодородие. – Л.: Агропромиздат, 1986. – 264 с.
4. *Иванищев В.В., Сиголаева Т.Е.* Источники свинца в среде и проблемы снижения его содержания в почве // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2024. – № 3. – С. 147-165.
5. *Иванищев В.В., Сиголаева Т.Е., Переломов Л.В.* Влияние загрязнения почв свинцом на растения // Агрохимия. – 2024. – № 6. – С. 90-96.
6. *Кираев Р.С., Хасанова Р.Ф., Мустафин И.Г.* Оценка влияния известкования и удобрений на содержание токсичных элементов в агрочерноземе выщелоченном и накопление в зерне яровой пшеницы // Аграрная наука. – 2024. – № 1. – С. 102-106.
7. *Косолапов В.М., Зотов А.А., Уланов А.Н.* Кормопроизводство на торфяных почвах России. – М.: ОАО «Дом печати – Вятка», 2009. – 858 с.
8. *Кочуров Б.И., Харина С.Г.* Агроэкология. – М., 2020. – 200 с.
9. *Лукин С.В.* Агроэкологическая оценка содержания тяжелых металлов и мышьяка в чернозёме обыкновенном Центрально-Черноземного

района России // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. – 2023. – Т. 509. – № 2. – С. 283-288.
10. *Державин Л.М. [и др.]* Методические указания по агрохимическому обследованию почв сельскохозяйственных угодий. – М.: ЦИНАО, 1985. – 158 с.
11. *Хасанова Р.Ф., Суюндуков Я.Т., Серегина Ю.Ю., Семенова И.Н.* Особенности содержания тяжелых металлов в аллювиальных почвах верхнего течения реки Белая (Южный Урал) // Агрохимический вестник. – 2023. – № 1. – С. 11-18.
12. *Сартакова О.Ю., Горелова О.М.* Исследования по фиторемедиации при очистке почв от тяжелых металлов // Ползуновский вестник. – 2025. – № 2. – С. 176-181.
13. *Смирнова Т.С., Запорожская А.А.* Исследование свойств торфяных материалов с целью производства сорбентов // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2019. – № 6. – С. 48-52.
14. *Мелентьева О.А., Габбасова И.М., Гарипов Т.Т., Хабиров И.К.* Содержание тяжелых металлов в агрочерноземе Южного Предуралья при внесении осадков сточных вод в качестве удобрения // Агрохимия. – 2025. – № 1. – С. 75-80.
15. *Уланов А. Н.* Торфяные и выработанные почвы южной тайги Евро-Северо-Востока России. – Киров: ОАО «Дом печати – Вятка», 2005. – 320 с.
16. *Сиромля Т.И., Бурачевская М.В., Манджиева С.С.* [и др.] Фракционно-групповой состав соединений Cr, Ni и Mn в основных типах почв фоновых и загрязненных территорий лесостепной зоны Новосибирской области // Почвоведение. – 2025. – № 2. – С. 229-244.

ECOLOGICAL AND AGROCHEMICAL ASSESSMENT OF HEAVY METALS CONTENT IN LOWLAND PEAT SOILS USED FOR FODDER PRODUCTION

[1]Ulanov N.A., docent, M Agr, [2]Ulanov A.N., professor, D Agr.
[1] FSBEIoHE Vyatka State Agrotechnological University, Kirov, Oktyabrsky avenue, 133, 610017, t.: 89127074713
E-mail: ulanov-n-a@mail.ru,
[2]Kirov Meadow-Swamp Experimental Station – branch FSC «AIF named after V.R. Williams», Kirov.

The purpose of this work is an ecological assessment of the content of heavy metals (HM) in the profile of peat soil, depending on its uses. It has been established that the 50-year cultivation of various forage crops at this site has led to a multiple increase in the total forms of Fe, Cu, Mn, Zn, Pb, Cd in the soil, especially under perennial grasses. However, there was no dangerous excess of the level of concern (LOC) for any element. Most HM in peat soil are characterized by extremely low mobility. The content of total forms of HM in soddy-podzolic and peat soils is compared. The ratios of iron, manganese, zinc and other elements in the soil-plant-animal excrement system are traced.
Keywords: peat and soddy-podzolic soils, forage crops, total and mobile forms, heavy metals, trace minerals, level of concern.