

## ОЦЕНКА УРОВНЯ ПЛОДОРОДИЯ И АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВЫРАБОТАННЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ ВЛАДИМИРСКОЙ ОБЛАСТИ

© 2021 г. А. А. Уткин<sup>1,\*</sup>, С. Н. Лукьянов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ивановская государственная сельскохозяйственная академия им. Д. К. Беляева  
153012 Иваново, ул. Советская, 45, Россия

<sup>2</sup> Центр агрохимической службы “Владимирский”  
600027 Владимир, ул. Соколова-Соколенка, 26а, Россия

\*E-mail: aleut@inbox.ru

Поступила в редакцию 27.02.2021 г.

После доработки 20.03.2021 г.

Принята к публикации 11.06.2021 г.

Представлены результаты полевых исследований верхнего (пахотного) слоя выработанных торфяных почв сельскохозяйственного назначения Владимирской обл., которые проводили методом сплошного агрохимического обследования на установление уровня плодородия по основным агрохимическим показателям и агроэкологического состояния по величине содержания следующих тяжелых металлов: свинца, кадмия, меди, цинка, кобальта, ртути, марганца, никеля и металлоида мышьяка. Установлено, что все участки выработанных торфяных почв обладали низким уровнем эффективного плодородия. Основными агрохимическими факторами, лимитирующими плодородие, выступали обеспеченность торфяных почв подвижным фосфором и, главным образом, подвижным калием. Валовое содержание и содержание подвижных форм тяжелых металлов и мышьяка в пахотном слое торфяных почв региона не превышало предельно-допустимых концентраций, ориентировочно-допустимых концентраций и кларков. Выработанные торфяные почвы Владимирской обл. по содержанию исследованных поллютантов относятся к слабозагрязненным и не являются опасными для культурных растений и здоровья человека.

*Ключевые слова:* плодородие, агроэкологическое состояние почвы, выработанные торфяные почвы, Владимирская область.

DOI: 10.31857/S0002188121090118

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время необходимость увеличения объемов растениеводческой продукции обязывает производителей не только эффективнее использовать сельскохозяйственные угодья, но и включать в оборот новые, более плодородные земли. Одним из значимых резервов увеличения этих земель в Нечерноземной зоне России является вовлечение в оборот торфяных низинных почв с относительно высоким уровнем плодородия, в том числе и после их выработки.

На территории России по состоянию на 01.01.2002 года разработано около 1.5 млн га торфяников, из них около 90% приходится на Нечерноземье.

Согласно аналитическим данным за 2019 год [1, 2], в почвенном фонде Владимирской области на долю болотных и заболоченных почв, в том числе торфянисто-подзолистых глеевых прихо-

дилось  $\approx 7.4\%$  или 215 тыс. га от общей площади земельного фонда (2908.4 тыс. га), в том числе торфяных верховых – 43.9 тыс. га (1.5%), торфяных переходных – 22.6 тыс. га (0.77%), торфяных низинных – 90.5 тыс. га (3.11%), болотных торфянисто- и торфяно-глеевых – 47.0 тыс. га (1.62%) и торфянисто-подзолистых глеевых – 11 тыс. га (0.38%).

Площадь торфяно-болотных почв в составе земель сельскохозяйственного назначения области составляет 45.1 тыс. га (4.6%), при этом на долю пахотных угодий приходится 1.7 тыс. га, сенокосы и пастбища занимают 43.4 тыс. га. Наибольшая доля торфяно-болотных почв находится в Гусь-Хрустальном р-не –  $>30\%$  [3]. Таким образом, территория Владимирской обл. характеризуется значительной заболоченностью, но с выраженным неоднородным распределением торфяно-болотных почв в районах области.

Результаты отечественных и зарубежных научных исследований и практика сельскохозяйственного использования показали, что первоочередному освоению из-за больших запасов органического вещества, высокого содержания общего азота и оптимальной для растений реакции почвенной среды должны подлежать торфяные низинные почвы ввиду их более высокого уровня естественного плодородия по сравнению с остальными видами торфяных и минеральных почв [4]. Однако использование торфяных низинных и переходных почв должно быть обязательно сопряжено с выполнением операций по мелиорации этих почв, заботой о сохранении их плодородия путем рационального применения удобрений и агроулучшителей и проведением агроэкологического мониторинга [5].

В последние десятилетия, как в Нечерноземной зоне, так и во Владимирской области значительные площади почв, в том числе и торфяных низинных различной степени освоения и выработки, частично выводят из оборота, что недопустимо, т.к. в сельскохозяйственных угодьях преобладают дерново-подзолистые, реже — серые лесные почвы, обладающие низким потенциальным плодородием. Для того чтобы на таких землях получать хотя бы средний урожай, необходимо систематически вносить десятки тонн органических удобрений на гектар. В то же время на торфяниках, в том числе выработанных для получения самых высоких урожаев нет необходимости вносить органические удобрения, т.к. остаточный слой торфа мощностью 30–40 см содержит на одном гектаре 0.8–1.0 тыс. т воздушно-сухого органического вещества.

Вывод из оборота мелиорированных и выработанных торфяных почв влечет за собой снижение их плодородия, сопряженное с ухудшением агрохимических показателей, вторичное заболачивание, зарастание мелколесьем и кустарником.

Изменчивость параметров плодородия выработанных торфяных низинных почв Владимирской обл., выбывших из сельскохозяйственного оборота, и оценка их агроэкологического состояния, в научной литературе освещены недостаточно и требуют дополнительного изучения, что повышает ценность и актуальность проведенного исследования.

Цель работы — оценка существующего уровня эффективного плодородия выработанных торфяных почв по основным агрохимическим показателям и агроэкологическое состояние этих почв по содержанию валовых и подвижных форм тяже-

лых металлов (ТМ): свинца, кадмия, меди, никеля, цинка, кобальта, марганца, ртути и мышьяка.

Особое внимание к исследованным токсикантам было связано с тем, что большинство из них относится к I и II классам химической опасности, их соединения обладают высокой токсичностью для многих живых организмов, в том числе для культурных растений, животных и человека.

## МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования являлись ранее мелиорированные, различной степени выработки и хозяйственного использования торфяные низинные и переходные почвы Владимирской обл. Агрохимическое обследование выработанных торфяных почв Владимирской обл. проводили в соответствии с методическими указаниями по проведению комплексного мониторинга плодородия почв и земель сельскохозяйственного назначения в 2012, 2016 и 2017 гг. на территории 3-х муниципальных районов — Ковровского, Гусь-Хрустального и Гороховецкого (рис. 1) специалистами ЦАС “Владимирский” путем закладки нескольких почвенных разрезов и отбора почвенных образцов для анализов.

Химические анализы выработанных торфяных почв были выполнены согласно принятым в агрохимической практике методикам: обменная кислотность (рН) — ГОСТ 11623-89, гидролитическая кислотность ( $H_1$ ) — ГОСТ 27894.1-88, подвижный фосфор ( $P_2O_5$ ) — ГОСТ 27894.5-88, подвижный калий ( $K_2O$ ) — ГОСТ 27894.6-88, обменные основания ( $Ca + Mg$ ) — ГОСТ 27894.10-88, органическое вещество (гравиметрический метод) — ГОСТ 26213-91, сумма поглощенных оснований ( $S$ ) (по методу Каппена) — ГОСТ 27821-88, подвижная сера (по методу ЦИНАО) — ГОСТ 26490-85.

Определение емкости катионного обмена (ЕКО) проводили расчетным способом, путем суммирования величин гидролитической кислотности и суммы поглощенных оснований.

Валовое содержание и содержание подвижных форм Cu, Zn, Pb, Cd, Ni, Co и Mn в почвах определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии [6]. Определение в почвах подвижных форм Pb и Cd проводили в вытяжках ацетатно-аммонийного буфера рН 4.8 (ААБ) [7]. Степень подвижности (СП) Pb и Cd в почве рассчитана из соотношения подвижных соединений ТМ к величине валовой концентрации ТМ в почве и выражена в %.



Рис. 1. Почвенная карта Владимирской обл.: 1 – СПК “Демидовский”, 2 – СПК “Экосфера”, 3 – СПК “Ковровский”, 4 – ИП Орлов А.В., 5 – ИП Петросян Г.Р.

Содержание Hg определяли методом атомно-абсорбционной спектрометрии, As – фотометрическим методом [8, 9].

Агроэкологическое обследование торфяных почв на содержание в них ТМ и As проводили на территории следующих хозяйств: СПК “Демидовский”, СПК “Экосфера” и ИП Петросян Г.Р.

Отдельные аналитические результаты агрохимического исследования почвы подвергали корреляционному анализу с использованием пакета статистической программы Microsoft Excel 2010.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Выработанные торфяные почвы после добычи торфа представляют собой сложный объект освоения. Помимо не всегда высокого естественного плодородия главной отличительной особенностью их является почвенная пестрота, обусловленная невыравненностью рельефа болотного минерального дна. В результате этого остаточный слой торфа может варьировать на сравнительно небольшой территории в широких пределах от нескольких сантиметров до 1.5 м.

После мелиорации торфяных низинных почв отмечали существенное изменение водно-воздушного режима, менялась направленность почвообразовательного процесса, активизировалась деятельность микроорганизмов, что влекло за собой усиление минерализации органического вещества торфа. Процессы торфообразования сменялись процессами разложения торфа и глубокой трансформацией его органической и минеральной частей. Это приводило к значительному изменению химического состава и свойств выработанных торфяных почв. По мере сельскохозяйственного использования выработанных торфяников в них уменьшалось содержание органического вещества и азота до величин, свойственных минеральным почвам, уменьшались запасы влаги. Вместе с тем могло возрасти содержание подвижных форм элементов питания, улучшался температурный режим. Тем не менее, как показали проведенные исследования, негативные изменения в основном преобладали над позитивными [10], и плодородие выработанных торфяников еще более снижалось по сравнению с исходным уровнем.

Исследованные торфяные мелиорированные выработанные почвы отличались различной реакцией среды, которая менялась от среднекислой (торфяные переходные) до нейтральной (низинные и низинные торфянисто-глеевые) (табл. 1).

Средневзвешенная величина  $pH_{KCl}$  всех участков составляла 5.87 ед., что соответствовало близкой к нейтральной реакции среды. Согласно рекомендациям [11], слабую потребность в известковании испытывала только торфяная переходная почва СПК “Демидовский” в дозе 2 т/га в виде чистого  $CaCO_3$ . Изученные почвы во многом соответствовали параметрам высокого почвенного плодородия, как по величине обменной ( $pH_{KCl} > 4.8$ ), так и гидролитической кислотности ( $H_r < 30$  мг-экв/100 г почвы) [11]. Между величинами обменной и гидролитической кислотностей в исследованных образцах почв отмечена сильной тесноты корреляционная взаимосвязь ( $r = -0.71$ , при  $P = 0.95$ ).

Фосфор и калий являются одними из основных элементов питания растений, и этим определяется значение изучения форм их соединений в почве. В работе [11] отмечено, что содержание валового и подвижного калия и его запасы в торфяных почвах характеризуются, как правило, крайне низкими параметрами. В нашем случае по содержанию подвижного калия все обследованные почвы относились к почвам низкого уровня плодородия (0–25 мг/100 г почвы), а по содержанию подвижного фосфора – к почвам низкого (0–20 мг/100 г почвы) и среднего уровня плодородия (20–60 мг/100 г почвы).

Вероятно, кроме не всегда благоприятных геохимических (природных) особенностей формирования запасов фосфора и калия при торфообразовании, недостаточное обеспечение изученных почв подвижными формами этих элементов связано, в том числе, с глубокой выработкой запасов торфа, выносом этих элементов с ежегодными урожаями и с недостаточным пополнением их содержания в виде внесения фосфорных и калийных удобрений. При низком содержании подвижного фосфора в торфяных почвах рекомендуется проводить фосфоритование в дозах P200–300 [12].

При механической добыче торфа из торфяного массива удаляется значительная масса органического вещества, при этом остаточная мощность торфяного слоя может составлять только несколько сантиметров, под которым залегает минеральная порода. Такие торфяные почвы по обеспеченности органическим веществом примерно соответствуют минеральным почвам.

В почвах всех участков после выработки торфа и его сработки при многолетнем использовании содержание органического вещества в пахотном горизонте существенно уменьшилось, главным образом, путем разбавления за счет примешивания к органической массе минеральной породы. Наименьшее содержание органического вещества (2.65 и 2.82%) отмечено в торфяной низинной почве (ИП Орлов А.В., участки №№ 14–15), наибольшее – 6.25% в торфяной низинной (СПК “Экосфера”) (табл. 1).

В переходных и низинных неосвоенных торфяниках максимальное валовое содержание кальция и магния и их подвижных форм приурочено к самому верхнему и среднему слоям, состоящим главным образом из живых растений-торфообразователей, что свидетельствовало об их ярко выраженной биогенной аккумуляции. Количество водорастворимых и обменных соединений кальция и магния нарастает от торфяных почв верховых болот к низинным [13], что полностью подтверждено результатами нашего исследования.

Очень низкая обеспеченность почв всех исследованных участков обменными основаниями свидетельствовало о том, что при выработке торфа происходило значительное отчуждение их запасов, что влекло за собой сильное снижение содержания этих элементов в оставшейся почвенной массе, т.е. в придонном слое торфа.

Во всех изученных почвах доля обменных кальция и магния была существенной в общем составе поглощенных почвой катионов, что свидетельствовало о большой роли этих элементов в процессах торфообразования, их миграции и аккумуляции в виде минеральных и органических соединений в торфяных почвах.

Наименьшее присутствие Ca и Mg в общем составе поглощенных катионов отмечено в торфяной переходной почве – 72.5% (СПК “Демидовский”), наибольшее – 99.5% – в торфяной низинной (СПК “Экосфера”).

Исходя из степени насыщенности оснований, все изученные почвы соответствовали параметрам высокого почвенного плодородия ( $V > 65\%$ ) [11].

Общее содержание серы в почве определяется почвообразующими породами и содержанием в них органического вещества. Установлено, что с органическим веществом почвы связано до 70–90% валовых запасов серы. Между содержанием углерода гумуса и серой в его составе установлена тесная прямая корреляционная связь линейной зависимости [14]. В нашем случае между содержа-

Таблица 1. Агрохимические показатели плодородия выработанных торфяных почв

№ п/п	Наименование района, хозяйство, тип почвы, год агрохимического обследования	№ участка, площадь, вид с.-х. угодья	pH <sub>KCl</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> мг/кг почвы	K <sub>2</sub> O мг/кг почвы	Органическое вещество, %	H <sub>r</sub>	Ca	Mg	S	ЕКО	V, %	Подвижная сера, мг/кг почвы	
														мг-экв/100 г почвы
1	г. Гусь-Хрустальный, СПК "Демидовский", торфяные переходные почвы, 2012 г.	№ 169, 37 га, заброшенная осушенная пашня	4.75	17.0	15.0	3.62	3.19	3.87	1.11	6.87	10.1	68.3	Не определены	
2	Ковровский р-н, СПК "Эко-сфера", торфяные низинные почвы, 2012 г.	№ 39, 51.5 га, заброшенная осушенная пашня	6.13	245	73.0	6.25	1.23	10.0	2.19	12.25	13.5	90.9		
3	Ковровский р-н, СПК "Ковровский", торфяные низинные почвы, 2017 г.	№ 39, 16 га, заброшенная осушенная пашня	6.10	251	56.0	4.02	1.50	7.75	2.28	11.0	12.5	88.0		1.01
4	Ковровский р-н, ИП Орлов А.В., торфяные низинные почвы, 2017 г.	№ 12, 5.9 га, многолетние травы 3-го года пользования	5.96	119	110	5.25	2.99	9.25	2.64	12.8	15.7	81.0		5.46
		№ 13, 5.9 га, многолетние травы 3-го года пользования	5.96	137	114									
		№ 14, 5.9 га, многолетние травы 3-го года пользования	5.81	251	49.0	2.65	2.02	6.63	2.37	10.0	12.0	83.2	2.12	
		№ 15, 17.8 га, многолетние травы 3-го года пользования	5.77	18.0	18.0	2.82	2.07	5.63	2.24	8.75	10.8	80.9	1.26	
		Среднее взвешенное значение ( $\bar{x}$ ): №№12–15	5.84	93.3	54.4	3.27	2.24	6.55	2.35	9.80	12.0	81.4	2.27	
5	Гороховецкий р-н, ИП Петросян Г.Р., низинные торфяно-глеевые почвы, 2016 г.	№ 2, 96.3 га, естественный сенокос	6.14	2.47	25.0	5.35	0.42	34.9	1.51	38.0	38.4	98.9	7.82	

Примечание. Приведены средние величины агрохимических показателей.

нием органического вещества и серы в почвах также была установлена сильной тесноты корреляционная связь ( $r = 0.83$ ,  $P = 0.95$ ). Содержание в почвах подвижной сульфатной серы соответствовало низкому уровню содержания ( $<6.0$  мг/кг почвы) [15]. Для устранения недостатка серы в выработанных торфяных почвах рекомендуется применение органических и серосодержащих минеральных удобрений.

На данный момент для торфяных почв по-прежнему не разработаны предельно-допустимые концентрации (ПДК) ТМ, при этом встречающиеся в научной литературе фоновые содержания металлов в торфяных почвах сильно изменяются в зависимости от различных почвенно-климатических условий их образования. Поэтому для оценки концентрации металлических токсиантов использовали методику, применяемую в геохимии, заключающуюся в сравнении полученных величин валовых концентраций микроэлементов в выработанных торфяных почвах Владимирской обл. с кларками химических элементов в земной коре [16] и ПДК этих же элементов для минеральных почв.

Опыт освоения торфяных почв показал, что ряд микроэлементов играет большую роль в обеспечении их плодородия. Установлено, что их недостаток или избыток в почве приводит к снижению урожайности и качества растительной продукции [5, 17]. Данные о загрязненности выработанных торфяных почв ТМ и As представлены в табл. 2.

**Медь.** Значение меди для плодородия торфяников выявлено наиболее полно. В большинстве торфяных почв валовое содержание меди составляет  $\leq 10$ – $20$  мг/кг, причем наибольшее содержание меди отмечено в низинных и переходных торфяных почвах, наименьшее – в верховых. Подтверждение данному факту было отмечено и в проведенном нами исследовании. Например, обеспеченность торфяной низинной почвы медью была в 1.24 раза больше по сравнению с содержанием металла в торфяной переходной почве [13]. Следует отметить, что в исследованных почвах была отмечена низкая обеспеченность медью, как микроэлементом питания растений [11], следовательно, почвы нуждаются во внесении медьсодержащих удобрений.

**Никель.** Среднее содержание никеля в болотных почвах составляет  $\approx 30$  мг/кг, с пределами варьирования от 2 до 65 мг/кг почвы [18]. В работе [19] отмечено, что валовое содержание никеля в торфяных низинных почвах может быть в несколько раз больше, чем в переходных торфяниках. Проведенное обследование выявило превы-

шение концентрации Ni в торфяной низинной почве по сравнению с переходной почвой в 2.27 раза.

**Цинк.** По количеству валового и подвижного Zn торфяные почвы верховых и переходных болот (2.5–5.0 мг/кг) значительно уступали почвам низинных болот (7.5 мг/кг) [13]. Торфяные низинные почвы СПК “Экосфера” также имели большую в 1.45 раза обеспеченность валовым Zn по сравнению с переходными торфяными почвами СПК “Демидовский”.

**Кобальт.** В отсутствии ПДК валовых форм кобальта в почвах при агроэкологической оценке концентраций поллютантов рекомендуется принимать в качестве этого показателя удвоенное региональное фоновое содержание элемента в незагрязненной почве [20]. Фоновое содержание Co в почвах Владимирской обл. составляет 5.4 мг/кг или с учетом удвоения фоновой концентрации – 10.8 мг/кг [21]. Таким образом, по содержанию валовых форм Co исследованные почвы СПК “Демидовский” и СПК “Экосфера” не были загрязненными. В исследованных почвах была отмечена низкая обеспеченность кобальтом [11], поэтому, почвы нуждаются во внесении кобальтсодержащих удобрений.

**Марганец.** По сравнению со многими минеральными почвами торфяные почвы отличаются высоким содержанием марганца. Торфяные низинные почвы содержали наибольшее количество как валового марганца (до 1750 мг/кг), так и его подвижных форм (125–250 мг/кг). Обеспеченность марганцем переходных и особенно верховых торфяников значительно меньше, чем низинных, в среднем в 5–8 раз. Торфяные низинные почвы СПК “Экосфера” были в 1.5 раза более обеспечены Mn, чем переходные торфяные почвы СПК “Демидовский” (табл. 2).

**Свинец.** Фоновое валовое содержание свинца в почвах европейской части России варьирует в пределах 15–47 мг/кг, в торфяных почвах – 3–24 мг/кг [22], что во многом согласуется с показателями, полученными в нашем исследовании. Сорбционные процессы связывания Pb почвами в значительной мере обусловлены содержанием в них органического вещества и его качественным составом. Установлено, что среди нескольких видов почв самым высоким сродством к поглощению Pb обладал низинный торф за счет высокого содержания в нем органического вещества, представленного гуминовыми кислотами [23]. Наибольшее валовое содержание Pb в торфяной низинной почве (СПК “Экосфера”) можно объяснить большим в 1.72 и 1.170 раза соответственно

Таблица 2. Содержание ТМ и As в выработанных торфяных почвах

№ п/п	Наименование района, хозяйство, тип почвы, год агрохимического обследования	№ участка, площадь, вид с/х угодья	Валовое содержание, мг/кг почвы									Подвижные формы, мг/кг почвы		Степень подвижности элемента, %	
			Pb	Cd	Cu	Zn	Co	Mn	Ni	Hg	As	Pb*	Cd**	Pb	Cd
1	г. Гусь-Хрустальный, СПК "Демидовский", торфяные переходные почвы, 2012 г.	№ 169, 37 га, заброшенная осушенная пашня	3.27	0.21	2.21	9.44	1.76	130	2.78	0.01	0.82	Не определяли			
2	Ковровский р-н, СПК "Экосфера", торфяные низинные почвы, 2012 г.	№ 39, 51.5 га, заброшенная осушенная пашня	5.40	0.24	2.74	13.7	2.11	189	6.33	0.01	0.98	Не определяли			
3	Гороховецкий р-н, ИП Петросян Г.Р., низинные торфянисто-глеевые почвы, 2016 г.	№ 2, 96.3 га, естественный сенокос	3.39	0.11	Не определяли				0.03	1.83	0.25	0.05	7.37	45.45	
ПДК (ОДК)			32	2	55	100	—	1500	85	2.1	2	6.0	1.0		
Кларк			12.5	0.2	55	70	25	950	75	0.08	1.8				

Примечание. Приведены средние валового содержания и содержания подвижных форм ТМ и As в почвах.

\* ПДК подвижных форм ТМ.

\*\* ОДК подвижных форм ТМ.

присутствием в ней органического вещества по сравнению с переходной торфяной почвой (СПК “Демидовский”) и низинной торфянисто-глеевой почвой (ИП Петросян Г.Р.).

*Кадмий.* Валовое содержание кадмия в пахотных торфяных почвах невелико и варьирует в пределах 0.17–0.25 мг/кг [22], что полностью подтверждено полученными нами данными. Содержание валовых форм кадмия в выработанных торфяных почвах было примерно в 10–20 раз меньше валовой ориентировочно-допустимой концентрации (ОДК) кадмия и было в 2 раза меньше кларкового содержания кадмия в земной коре (низинные торфянисто-глеевые почвы) или соответствовало кларку (переходные и низинные торфяные почвы).

*Ртуть.* Отмечено, что торфяные нативные и осушенные почвы характеризуются высокой сорбционной способностью по отношению к ртути благодаря высокому содержанию органического вещества. Ртуть в торфяных горизонтах сравнительно прочно связана с органическим веществом в виде комплексных соединений [24]. Среднее валовое содержание Hg в торфяных почвах России составляет 0.02–0.3 мг/кг [25]. Валовое содержание Hg в исследованных торфяных почвах было заметно меньше величины кларка и ПДК этого экотоксиканта в минеральных почвах и соответствовало нижнему порогу фоновой концентрации для торфяных почв.

*Мышьак.* Фоновые валовые концентрации As в главных типах горных пород варьируют в пределах 0.5–2.5 мг/кг. Основной источник накопления As в почвах сельскохозяйственного использования – длительное использование мышьяковистых пестицидов. В настоящее время в силу очень редкой востребованности и использования на территории Владимирской обл. указанных пестицидов опасность загрязнения почв мышьяком отсутствует. Металлоид в торфяных почвах содержится в количестве, значительно меньшем, чем кларк в литосфере и валовая ПДК для почв.

Расчет суммарного показателя загрязнения исследованных почв (СПК “Демидовский”, СПК “Экосфера” и ИП Петросян Г.Р.) ТМ и As определяли по формуле:  $Z_c = \sum K_{Ci} - (n - 1)$ , где  $n$  – число анализируемых элементов,  $K_{Ci}$  – коэффициент концентрации  $i$ -го элемента,  $K_{Ci} = C_i/C_{\Phi i}$ , где  $C_i$  – фактическая валовая концентрация элемента в почве,  $C_{\Phi i}$  – фоновая (кларковая) концентрация [26]. Расчет  $Z_c$  показал, что почвы участков имели допустимую степень загрязнения с рассчитанными величинами  $Z_c < 16$ .

Концентрации подвижных форм соединений Pb и Cd в низинной торфянисто-глеевой почве, извлекаемых вытяжкой ААБ, были меньше установленных величин ПДК/ОДК в 24 и 20 раз соответственно. Степень подвижности соединений Pb в низинной торфянисто-глеевой почве была в 6.16 раза меньше подвижности соединений Cd (табл. 2).

Степень подвижности соединений Pb и Cd в исследованных почвах отличалась существенно меньшей величиной от подвижности данных поллютантов в минеральных почвах, где она находилась на уровне 35–60 и 50–80% соответственно [17, 27]. Между валовыми и подвижными формами соединений Pb и Cd в низинной торфянисто-глеевой почве отмечена сильная корреляционная связь ( $r_{Pb} = 0.84$  и  $r_{Cd} = 0.92$ ). Полученные параметры степени подвижности Pb и Cd согласовались с данными других исследований, проведенных на торфяных почвах [5, 27, 28].

## ВЫВОДЫ

1. Все участки выработанных торфяных почв обладают низким уровнем эффективного плодородия. Основным агрохимическим фактором, ограничивающим плодородие, было содержание в почве подвижного фосфора и, прежде всего, подвижного калия.
2. Слабую потребность в нейтрализации почвенной кислотности испытывала только торфяная переходная почва СПК “Демидовский” в дозе 2 т/га в виде чистого CaCO<sub>3</sub>.
3. На почвах выработанных участков с низкой обеспеченностью подвижным фосфором рекомендуется проводить фосфоритование в дозах 200–300 кг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/га.
4. Для повышения плодородия выработанных торфяников при низкой обеспеченности подвижным калием следует ежегодно вносить калийные удобрения в потребных дозах, исходя из обеспеченности им почвы и выноса элемента культурой с запланированным урожаем.
5. Недостаток серы в обследованных почвах рекомендуется устранять за счет совместного или отдельного применения органических и серосодержащих минеральных удобрений.
6. Исследованные выработанные торфяные почвы Владимирской обл. по содержанию всех изученных ТМ и As не превышали величин ПДК, ОДК и кларков элементов, поэтому характеризуются как “экологически чистые” почвы, пригодные для возделывания сельскохозяйственных культур. Почвы имеют низкую обеспеченность



Со и Си, как микроэлементами питания растений. Для повышения обеспеченности почв этими элементами рекомендуется проводить внесение кобальт- и медьсодержащих удобрений.

7. Необходимо регулярное проведение комплексного мониторинга изменений плодородия почв, содержания Со и Си, а также агроэкологического состояния выработанных торфяников по содержанию наиболее опасных ТМ и As.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ежегодный доклад о состоянии окружающей среды и здоровья населения Владимирской области в 2019 году. Вып. 27. Владимир, 2020. 135 с.
2. Рагимов А.О. Эколого-функциональная роль почв в формировании уровня благополучия населения Владимирской области: Дис. ... канд. биол. наук. Владимир, 2015. 229 с.
3. Лукин С.М., Анисимова Т.Ю. Проблемы рационального использования ресурсов торфа и торфяных почв Владимирской области // Агротех. вестн. 2012. № 3. С. 8–12.
4. Ефимов В.Н. Торфяные почвы и их плодородие. Л.: Агропромиздат, 1986. 316 с.
5. Уткин А.А. Влияние цеолитсодержащего препарата на физико-химические свойства торфяной низинной почвы и аккумуляцию свинца растениями // Агротех. 2010. № 4. С. 62–68.
6. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. М.: ЦИНАО, 1992. 61 с.
7. Руководящий документ. Методические указания. Методика выполнения измерений массовой доли подвижных форм металлов (меди, свинца, цинка, никеля, кадмия, кобальта, хрома, марганца) в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом. РД 52.18.289-90. М.: Государственный комитет СССР по гидрометеорологии. 1990. 36 с.
8. Атомно-абсорбционное определение ртути в объектах окружающей среды и биологических материалах: Сб. метод. указ. М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 59 с.
9. Методические указания по определению мышьяка в почвах фотометрическим методом. М.: ЦИНАО, 1993. 13 с.
10. Зайко С.М., Вашкевич Л.Ф., Бачила С.С. Обусловленность эволюции и деградации осушенных почв // Тез. докл. Всерос. конф. "Устойчивость почв к естественным и антропогенным воздействиям". М., 2002. С. 68–69.
11. Торф в сельском хозяйстве Нечерноземной зоны: Справ-к / Под ред. В.Н. Ефимова, И.Н. Донских, Л.М. Кузнецова, сост. В.Н. Ефимов. Л.: Агропромиздат, 1987. 303 с.
12. Сурова Г.А. Рекультивация и сельскохозяйственное освоение выработанных торфяников. Учеб. лекция. Иваново: ИГСХА, 2004. 30 с.
13. Ефимов В.Н. Торфяные почвы. М.: Россельхозиздат, 1980. 120 с.
14. Возбуцкая А.Е. Химия почвы / Под ред. Д.Л. Аскинази. Изд. 3-е, испр. и доп. М.: Высш. шк., 1968. 427 с.
15. Аристархов А.Н. Сера в агроэкосистемах России: мониторинг содержания в почвах и эффективность ее применения // Междунар. сел.-хоз. журн. 2016. № 5. С. 39–47.
16. Taylor S.R. Abundance of chemical elements in the continental crust: a new table // Geochim. Cosmochim. Acta. 1964. V. 28. № 8. P. 1273–1285.
17. Тяжелые металлы в системе почва–растение–удобрение / Под ред. М.М. Овчаренко. М.: ЦИНАО, 1997. 290 с.
18. Черных Н.А., Овчаренко М.М. Тяжелые металлы и радионуклиды в биогеоценозах. Учеб. пособ. М.: Агроконсалт, 2002. 200 с.
19. Уланов А.Н. Торфяные и выработанные почвы южной тайги Евро-Северо-Востока России. Киров, 2005. 320 с.
20. Методические рекомендации по выявлению деградированных и загрязненных земель. М., 1995. 30 с.
21. Экологический атлас Владимирской области / Под ред. Т.А. Трифионовой. Владимир: Изд-во ВлГУ, 2007. 92 с.
22. Соколов О.А., Черников В.А. Экологическая безопасность и устойчивое развитие. Кн. 1. Атлас распределения тяжелых металлов в объектах окружающей среды. Пушино: ОНТИ ПНЦ РАН, 1999. 164 с.
23. Зырин Н.Г., Сердюкова А.В., Соколова Т.А. Сорбция свинца и состояние поглощенного элемента в почвах и почвенных компонентах // Почвоведение. 1986. № 4. С. 39–44.
24. Ляпина Е.Е. Экогеохимия ртути в природных средах Томского региона: Автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. Томск, 2012. 21 с.
25. Удоденко Ю.Г. Накопление и распределение ртути в почвах и педобионтах заповедных территорий на примере Воронежского и Окского заповедников: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Воронеж, 2014. 23 с.
26. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест. Метод. указ. М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 1999. 38 с.
27. Каплунова Е.В. Трансформация соединений цинка, свинца и кадмия в почвах: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. М., 1983. 23 с.
28. Уткин А.А. Тяжелые металлы (цинк, свинец и кадмий) в системе: торфяная низинная почва–растение: Дис. ... канд. с.-х. наук. СПб.–Пушкин, 2004. 180 с.

## Assessment of the Level of Fertility and Agro-Ecological Condition Developed Peat Soils Vladimir Region

A. A. Utkin<sup>a, #</sup> and S. N. Lukyanov<sup>b</sup>

<sup>a</sup> *Ivanovo state agricultural Academy D.K. Belyaev  
Sovetskaya str., 45, Ivanovo, 153012, Russia*

<sup>b</sup> *Center of Agrochemical Service "Vladimirsky"  
Sokolova-Sokolenka str., 26A, Vladimir, 600027, Russia*

<sup>#</sup> *E-mail: aleut@inbox.ru*

The paper presents the results of field studies of the upper (arable) layer developed peat soils for agricultural purposes Vladimir region, which was carried out by solid agrochemical survey for the establishment of the level of fertility by major agrochemical indicators and agro-ecological condition of the contents of the following heavy metals: lead, cadmium, copper, zinc, cobalt, mercury, manganese, nickel and metal-loid: arsenic. It was found that all the areas of the developed peat soils had a low level of effective fertility. The main agrochemical factors limiting fertility were the availability of mobile phosphorus and, mainly, mobile potassium in peat soils. The total and mobile content of heavy metals and arsenic in the arable layer of peat soils in the region did not exceed the maximum permissible concentrations, approximate permissible concentrations and clark values. The developed peat soils of the Vladimir region, according to the content of the studied pollutants, are slightly polluted and are not dangerous for cultivated plants and human health.

*Key words:* fertility of soil, agrochemical properties, agroecological state, developed peat soils, Vladimir region.