

УДК 631.45/504.062

https://doi.org/10.36906/2311-4444/21-2/14

Мищенко Н.В., Курочкин И.Н., Чугай Н.В., Кулагина Е.Ю.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОЧВ НЕОБРАБАТЫВАЕМЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ФЕРМЕНТАТИВНОЙ АКТИВНОСТИ, ГУМУСА И ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

Mischenko N.V., Kurochkin I.N., Chugay N.V., Kulagina E.Yu.

ASSESSMENT OF THE STATE OF SOILS OF UNCULTIVATED AGRICULTURAL LANDS BY INDICATORS OF ENZYMATIC ACTIVITY, HUMUS AND HEAVY METALS

Аннотация. На необрабатываемых сельхозугодьях Владимирской области, расположенных в бассейне реки Клязьма, были проведены исследования по определению содержания в почвах таких показателей, как ферментативная активность, гумус, тяжелые металлы. В 2018 г. на территории бассейна реки Клязьма в 13 точках различных ландшафтных районов были отобраны образцы почвы. По результатам исследований была установлена положительная зависимость между активностью почвенных ферментов и содержанием в почве гумуса. В почвах необрабатываемых сельхозугодий с высоким содержанием почвенных ферментов было выявлено высокое процентное отношение содержания гумуса – от 2,88% до 3,96%. Также была установлена зависимость между показателями активности почвенных ферментов и антропогенным воздействием. Так, при переходе от залежи к лугу, т.е. при уменьшении антропогенного влияния на почвы, наблюдается резкое увеличение в почве активности инвертазы, каталазы и дегидрогеназы, идет интенсивный процесс гумификации почвы. Выявленные концентрации тяжелых металлов в образцах почв необрабатываемых сельхозугодий не превышают нормативов установленных ориентировочно допустимых концентраций, однако их количественное содержание значительно выросло за последнее десятилетие. В почвах происходит их накопление и возникает потенциальная опасность в случае вторичного ввода данных почв в сельскохозяйственное использование.

Ключевые слова: бассейн реки Клязьма, дерново-подзолистые почвы, серые лесные почвы, ферментативная активность, инвертаза, дегидрогеназа, каталаза, гумус, тяжелые металлы.

Контактная информация: Мищенко Наталья Владимировна, д-р биол. наук, Владимирский государственный университет им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, г. Владимир, Россия; Курочкин Иван Николаевич, Владимирский государственный университет им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, г. Владимир, Россия, ivan33vl@yandex.ru; Чугай Наталья Валерьевна, канд. биол. наук, Владимирский государственный университет им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, г. Владимир, Россия; Кулагина Екатерина Юрьевна, канд. биол. наук, Владимирский государственный университет им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, г. Владимир, Россия.

Abstract. Studies were conducted to determine such indicators as humus, heavy metals, and enzymatic activity in the soils of uncultivated farmlands of the Vladimir region located in the Klyazma river basin. In the course of field research in 2018, soil samples were selected at 13 points representing various landscape areas belonging to the Klyazma river basin. According to the results of research, a positive relationship between the activity of soil enzymes and the content of humus was established. In the soils of uncultivated farmland, where there is a high concentration of soil enzymes, a high percentage of humus was found – from 2.88% to 3.96%. The dependence between the indicators of activity of soil enzymes and anthropogenic impact was revealed. Thus, the transition from deposits to the meadow, i.e. reduce anthropogenic impact on the soil, there is a sharp increase in the activity of soil invertase, catalase and dehydrogenase, an active process of humification of soil. The detected concentrations of heavy metals in soil samples of uncultivated farmland do not exceed the standards set for the approximate permissible concentrations, but their quantitative content has increased significantly over the past decade, their accumulation occurs and there is a potential danger in the case of secondary input of these soils into agricultural use.

Keywords: Klyazma river basin, sod-podzolic soils, gray forest soils, enzymatic activity, invertase, dehydrogenase, catalase, humus, heavy metals.

About the authors: Mishchenko Natalya Vladimirovna, Dr. habil., Vladimir State University, Vladimir, Russia; Kurochkin Ivan Nikolaevich, Vladimir State University, Vladimir, Russia, ivan33vl@yandex.ru; Chugay Natalya Valerievna, PhD., Vladimir State University, Vladimir, Russia; Kulagina Ekaterina Yurievna, Ph.D., Vladimir State University, Vladimir, Russia.

Введение. В настоящее время во многих сельскохозяйственных регионах страны увеличивается количество необрабатываемых пахотных земель. При выходе из сельскохозяйственного оборота почвы теряют свои свойства, определяющие их плодородие, в том числе, изменяется их биологическая активность. Неиспользуемые сельскохозяйственные угодья, – залежи, – являются примером восстановительной сукцессии: в первые несколько лет зарастают однолетними и двухлетними растениями, позже – корневищными растениями, кустарниками и деревьями. При этом на залежах

накапливается органическое вещество, образуется дернина, почва становится более плотной. Ферментативная активность отражает состояние плодородия почв и внутренние изменения, происходящие при сельскохозяйственном использовании. Совместно с другими критериями оценка ферментативной активности может служить надежным диагностическим показателем для выявления степени окультуренности почв, т. к. обработка почв, внесение удобрений и проведение мероприятий, направленных на повышение плодородия почв, существенно изменяют экологическую нишу для развития почвенных микроорганизмов [1; 3].

Ферменты, относящиеся к классам гидролаз и оксидоредуктаз (инвертаза, уреазы, фосфатаза, протеаза и др.), участвуют в основных процессах гумификации почв, поэтому их активность – важный показатель плодородия почв. По мнению ряда исследователей, ферментативная активность почвы является отражением взаимодействия некоторых тяжелых металлов и микроорганизмов, что позволяет говорить о влиянии загрязнения тяжелыми металлами на ферментативную активность почвы [3]. Накопление в почвах необрабатываемых сельскохозяйственных угодий больших концентраций тяжелых металлов вызывает угнетение микрофлоры и микрофауны почвы, ее биохимических процессов и ухудшение состояния растительности этих территорий, что может привести к невозможности вторичного ввода почв в сельскохозяйственное использование. Загрязненность почвенного покрова пахотных земель следует рассматривать как нарушение природного равновесия, потерю возможности самовосстановления и переход к необратимым деградиционным процессам [9]. Как известно, тяжелые металлы характеризуются низкой подвижностью в почвах и высокой способностью к аккумуляции [2; 15]. Поведение тяжелых металлов во многом зависит от окислительно-восстановительных процессов почвы, наличия сложных биогеоценозов и прочих факторов. В результате воздействия солей тяжелых металлов происходит угнетение процессов жизнедеятельности микрофлоры и микрофауны почвы, нарушение ее биохимических процессов, приводящих к ухудшению состояния или гибели растительности на данной территории [16].

Целью настоящего исследования является оценка состояния почв необрабатываемых сельскохозяйственных угодий по показателям ферментативной активности, гумуса и тяжелых металлов.

Объекты и методы исследования. Объектом исследований являются почвы необрабатываемых сельскохозяйственных угодий Владимирской области и частично Ивановской области, расположенные в бассейне реки Клязьма, представленные в основном дерново-подзолистыми и серыми лесными почвами с различным характером зарастания. В ходе проведения полевых исследований в 2018 г. на территории бассейна реки Клязьма в 13 точках различных ландшафтных районов были отобраны образцы почвы.

Ландшафты, относящиеся к территории Ковровского района (Точки № 1-3), а также западная часть Вязниковского района (Точки № 4-5) представляют собой слаборасчлененную пологоволнистую равнину с заболачиванием пониженных участков. На суглинистых и песчаных дерново-подзолистых почвах произрастают елово-широколиственные леса. Центральная и восточная части Вязниковского района (Точки № 6-7) располагаются на слаборасчлененной пологонаклонной равнине с преимущественно песчаными, дерново-подзолистыми почвами. Преобладают елово-широколиственные леса. Правобережье Клязьмы в Собинском районе (Точка № 8) относится к лесным заболоченным зандровым ландшафтам Мещерской провинции. Плоская пониженная и пологоволнистая равнина слабо расчленена. На песчаных дерново-подзолистых почвах произрастают сосновые южнотаежные леса. Ландшафты по левому берегу Клязьмы относятся к Клинско-Дмитровской и Волжско-Клязьминской ландшафтным провинциям. Собинский и Александровский районы (Точки № 9-11) представлены восточной оконечностью Клинско-Дмитровской гряды с сильно развитой долинно-балочной сетью. В настоящее время большая часть территории распахана, современные остатки лесов в основном осиново-дубовые. Ландшафты юга Ивановской области (Точки № 12-13) относятся к центральной части Волжско-Клязьминской провинции и характеризуются суглинистыми дерново-подзолистыми почвами и неглубоким залеганием материнских пород [13].

Собинский и Александровский районы представлены серыми лесными почвами, они занимают значительную часть территории данных административных единиц. Все остальные точки пробоотбора располагаются на дерново-подзолистых почвах.

Точки пробоотбора № 1-3 расположены на территории Ковровского района (Рис. 1) и находятся на небольшом расстоянии друг от друга. Они представляют собой последовательность фитоценозов «лес-залежь-луг», такое расположение позволяет сравнить основные агрохимические показатели почв при переходе от одного фитоценоза к другому. При оценке биологической активности почв проводилось определение каталазы, дегидрогеназы и инвертазы. Анализы выполнены стандартными



Рис. 1. Фрагмент спутникового снимка с нанесенными точками отбора проб № 1-3

методами оценки ферментативной активности почв [11]. Каталазная активность определялась газометрическим методом, дегидрогеназная активность – ТТХ-формазаковым методом. Инвертазная активность определялась по учету восстанавливающих сахаров [5]. Каждый анализ был выполнен в трех аналитических повторностях со средней пробой, при градации ферментативной активности почв использовалась оценочная шкала по Д.Г. Звягинцеву.

Содержание гумуса определялось по ГОСТ 26231-91, кислотность солевых вытяжек почвенных образцов определялась по ГОСТ 26483-85, концентрации тяжелых металлов в образцах почв определялись рентгенофлуоресцентным методом на спектрометре «Спектроскан-МАКС-G».

Обсуждение результатов. В результате исследования получены данные по содержанию органического вещества (гумуса) в почвенных

образцах, ферментативной активности и содержанию тяжелых металлов. В таблице 2 приведены данные, характеризующие рельеф, растительный покров на точках отбора, а также результаты анализа ферментативной активности.

Таблица 1

Содержание ферментов и гумуса в почвах

Тип почвы, фитоценоз	Содержание ферментов			Гумус, %
	Инвертаза, мг глюкозы/г*сут ⁻¹	Дегидрогеназа, мг ТФФ/10г*сут ⁻¹	Каталаза, мл/г*мин ⁻¹	
Дерново-подзолистая почва, смешанный лес	9,5	<1	38	3,24
Дерново-подзолистая почва, зарастающая залежь	49	63,8	5	2,7
Дерново-подзолистая почва, разнотравный луг	61,3	<1	8	3,33
Дерново-подзолистая почва, злаково-разнотравный луг	56,8	<1	3	4,6
Дерново-подзолистая почва, смешанный лес	8,6	10,5	6	3,49
Дерново-подзолистая почва, разнотравный злаковый луг	50,5	98,8	5	3,64
Дерново-подзолистая почва, злаковая залежь	53	77,3	33	3,96
Дерново-подзолистая почва, разнотравный луг	27,8	79,3	23	0,7
Серая лесная почва, равнина, высота – 169 м, поле, засаженное клевером и люцерной	69,1	<1	17	2,88
Серая лесная почва, суходольный луг	57,9	<1	35	3,31
Серая лесная почва, зарастающая залежь	14,2	<1	10	0,96
Дерново-подзолистая почва, зарастающая залежь	4,7	22,3	8	1,18
Дерново-подзолистая почва, суходольный луг	9,4	75,9	2	1,46

На исследуемых территориях выявлены почвы с различными показателями ферментативной активности. В точках № 1, 3, 4, 9-11 (Ковровский, Вязниковский, Собинский и Александровский районы) – почвы с низкими показателями, в особенности дегидрогеназы, где зафиксированы значения менее 1 мг ТФФ/10 г сут⁻¹, что говорит об очень низкой обогащенности почвенными ферментами. В точках № 2, 7 и 10 (Ковровский, Вязниковский и Собинский районы) – почвы с высокими показателями по двум из трех исследуемых ферментов сразу. В ряде исследований отмечалось, что морфологические особенности дерново-подзолистых почв определяют и невысокий уровень их биологической активности [8].

Полученные в исследовании данные по содержанию почвенных ферментов позволяют судить о процессах гумификации и окультуривания почв. Так, наибольшей ферментативной активностью характеризуются почвы Вязниковского и Собинского районов Владимирской области, где степень обогащенности почв дегидрогеназой и каталазой достаточно высокая. В то же время почвы Собинского и Александровского районов, представленные серыми лесными почвами, отличаются большим плодородием по сравнению с дерново-подзолистыми несмотря на то, что уровень ферментативной активности у них ниже. Наименьшие показатели отмечены даже не на лугу, а у молодой залежи, что объясняется истощением почвы вследствие интенсивного ведения процессов земледелия (табл. 1).

Установлено, что наименьшие показатели инвертазной активности зафиксированы на почвах под растительными ассоциациями в виде смешанного леса, а также на суглинистых дерново-подзолистых почвах в центральной части Волжско-Клязьминской провинции. Эти почвы также характеризуются низким содержанием гумуса (менее 1,5%).

Анализ результатов, полученных на последовательности фитоценозов «луг-залежь-лес», показывает, что прослеживается определенная зависимость между показателями активности почвенных ферментов и антропогенным воздействием. Так, при переходе от залежи к лугу, т. е. при уменьшении антропогенного влияния на почвы, наблюдается резкое увеличение в почве активности инвертазы, каталазы и дегидрогеназы. Хотя показатели инвертазной активности серых лесных почв соответствуют средним показателям для серых лесных слабоподзоленных почв Владимирской области [7], активность инвертазы почв под смешанным лесом намного меньше средних показателей, полученных при исследованиях дерново-подзолистых легкосуглинистых почв в условиях лесных агроэкосистем [6; 10]. Корреляционных зависимостей между содержанием гумуса и активностью дегидрогеназы или каталазы не выявлено.

Согласно полученным данным установлены некоторые соответствия между показателями плодородия почв, геоботаническими характеристиками и количественным содержанием ферментов в почвенных образцах. Так, в почвах, характеризующихся высокой степенью обогащенности инвертазой (свыше 50 мг глюкозы/г сут⁻¹), процентное содержание гумуса по сравнению с другими образцами достаточно высокое и лежит в пределах от 2,88% и выше. Определение содержания тяжелых металлов в почвенных образцах и сравнение полученных результатов с их ориентировочно допустимыми концентрациями (ОДК) в почве (ГН 2.1.7.2511 – 09) позволило судить о наличии загрязнения почв тяжелыми металлами на исследуемых территориях. Результаты, полученные при анализе почвенных образцов на количественное содержание тяжелых металлов, представлены в таблице 2.

Таблица 2

Содержание тяжелых металлов и кислотность почвенных образцов (мг/кг)

№ об-ца	Кислотность солевой вытяжки, pH	Pb	Zn	Cu	Ni
1	5,75 (близкая к нейтральной)	82,40	42,45	39,85	21,09
2	4,69 (среднекислая)	64,71	49,90	53,12	30,89
3	6,55 (нейтральная)	97,67	78,70	65,62	26,40
4	5,44 (слабокислая)	60,57	72,21	93,74	45,43
5	4,35 (сильнокислая)	91,96	48,56	36,26	15,70
6	6,48 (нейтральная)	92,66	57,33	22,04	27,65
7	5,95 (близкая к нейтральной)	68,18	79,99	111,28	48,69
8	3,9 (очень сильнокислая)	62,25	55,58	0,029	16,66
9	6,18 (нейтральная)	83,10	25,50	4,39	13,48
10	6,1 (нейтральная)	69,43	110,32	128,01	58,62
11	5,89 (близкая к нейтральной)	51,74	80,20	119,72	55,31
12	5,83 (близкая к нейтральной)	61,05	86,51	79,27	57,65
13	5,71 (близкая к нейтральной)	59,72	68,15	82,02	35,78
	ОДК для почв с рНКCl < 5,5, мг/кг [4]	65	110	66	40
	ОДК для почв с рН > 5,5, мг/кг [4]	130	220	132	80

Согласно полученным данным установлены единичные превышения ОДК по свинцу, меди и никелю. Не выявлено зависимости активности почвенных ферментов от концентраций тяжелых металлов в отобранных образцах проб. Результаты исследования показывают, что даже при концентрациях цинка, меди и свинца, близких к ОДК, наблюдается высокая активность инвертазы и каталазы. Т. о. можно считать, что в целом исследуемые почвы не загрязнены соединениями тяжелых металлов. Однако содержание тяжелых металлов в образцах почв необрабатываемых сельхозугодий значительно превышает валовое содержание тяжелых металлов в почвах сельхозугодий (по данным

за 2003 г.) [14] и статистическим данным по Владимирской области (за 2017 г.) [12], что говорит об их значительном накоплении в почве за последние десятилетия и потенциальной опасности в случае вторичного ввода почв в сельскохозяйственное использование.

Выводы. По результатам исследований установлена положительная зависимость между активностью почвенных ферментов и содержанием гумуса. В почвах необрабатываемых сельхозугодий, где отмечена высокая обогатенность почвенными ферментами, выявлено высокое содержание гумуса – от 2,88% до 3,96%.

Выявлена зависимость между показателями активности почвенных ферментов и антропогенным воздействием: при переходе от залежи к лугу, т. е. при уменьшении антропогенного влияния на почвы, наблюдается резкое увеличение в почве активности инвертазы, каталазы и дегидрогеназы, что говорит об активном процесс гумификации почвы. Содержание тяжелых металлов в почвах необрабатываемых сельхозугодий не превышает нормативов, установленных ОДК, однако их количественное содержание значительно выросло за последнее десятилетие. Происходит их накопление и возникает потенциальная опасность в случае вторичного ввода данных почв в сельскохозяйственное использование.

Литература

1. Байсеитова Н.М., Сартаева Х.М. Фитотоксичное действие тяжелых металлов при техногенном загрязнении окружающей среды // Молодой ученый. 2014. № 2 (61). С. 379-382.
2. Боев В.М., Быстрых В.В., Горлов А.В., Карпов А.И., Кудрин В.И. Урбанизированная среда обитания и здоровье человека. Оренбург: Димур. 2004. 240 с.
3. Галиулин Р.В., Галиулина Р.А. Ферментативная индикация загрязнения почв тяжелыми металлами // Агрохимия, 2006. № 11. С. 84-96.
4. ГН 2.1.7.2511-09 Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве.
5. Зинченко М.К., Зинченко С.И. Влияние приемов обработки и доз удобрений на ферментативную активность серой лесной почвы // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 8. С. 3-5.
6. Зинченко М.К., Зинченко С.И., Борин А.А., Камнева О.П. Ферментативная активность аграрных почв Верхневолжья // Современные проблемы науки и образования. 2017. № 3.
7. Зинченко М.К., Зинченко С.И. Ферментативный потенциал агроландшафтов серой лесной почвы Владимирского ополья // Успехи современного естествознания. 2015. № 1-8. С. 1319-1323.
8. Козлов А.В., Селицкая О.В. Значение микроорганизмов в поддержании устойчивости почв к воздействию антропогенных факторов // Вестник Мининского университета. 2015. № 3 (11). С. 27-28.
9. Комаров В.И., Селиванов О.Г., Марцев А.А., Подолец А.А., Лукьянов С.Н. Содержание тяжелых металлов в пахотном горизонте почв сельскохозяйственного назначения Владимирской области // Агрохимия. 2019. № 12. С. 75-82.
10. Стефанькина Л.М. Зависимость урожая ячменя от содержания гумуса и биологической активности дерново-подзолистой супесчаной почвы: Автореф. ... канд. с.- х. наук. Рига, 1976.
11. Мишустин Е.Н. Микроорганизмы и продуктивность земледелия. М., 1972. 343 с.
12. О состоянии окружающей среды и здоровья населения Владимирской области в 2017 году: ежегодный доклад. Вып. 25. Владимир: Транзит-ИКС, 2018. 118 с.
13. Трифонова Т.А. Экологический атлас бассейна реки Клязьма: Человек в окружающей среде. Владимир: Изд-во ВлГУ, 2018. 312 с.
14. Трифонова Т.А. Экологический атлас Владимирской области. Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2007. 92 с.
15. Zong Y., Xiao Q., Lu S. Magnetic signature and source identification of heavy metal contamination in urban soils of steel industrial city, Northeast China // Journal of soils and sediments. 2017. Vol. 17. №1. P. 190-203. <https://doi.org/10.1007/s11368-016-1522-2>
16. Shi T., Ma J., Zhang Y., Liu C., Hu Y., Gong Y., Zhao L. et al. Status of lead accumulation in agricultural soils across China (1979–2016) // Environment international. 2019. Vol. 129. P. 35-41. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.05.025>

References

1. Baiseitova, N.M., & Sartaeva, Kh.M. (2014). Fitotoksichnoe deistvie tyazhelykh metallov pri tekhnogennom zagryaznenii okruzhayushchei sredy. *Molodoi uchenyi*, (2(61)), 379-382. (in Russ.).
2. Boev, V.M., Bystrykh, V.V., Gorlov, A.V., Karpov, A.I., & Kudrin, V.I. (2004). Urbanizirovannaya sreda obitaniya i zdorov'e cheloveka. Orenburg, (in Russ.).
3. Galiulin, R.V., & Galiulina, R.A. (2006). Fermentativnaya indikatsiya zagryazneniya pochv tyazhelymi metallami. *Agrokhimiya*, (11). 84-96. (in Russ.).
4. GN 2.1.7.2511-09 Orientirovochno dopustimye kontsentratsii (ODK) khimicheskikh veshchestv v pochve. (in Russ.).

5. Zinchenko, M.K., & Zinchenko, S.I. (2017). Vliyanie priemov obrabotki I doz udobrenii na fermentativnuyu aktivnost' seroi lesnoi pochvy. *Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*, (8), 3-5. (in Russ.).
6. Zinchenko, M.K., Zinchenko, S.I., Borin, A.A., & Kamneva, O.P. (2017). Fermentativnaya aktivnost' agrarnykh pochv Verkhnevolzh'ya. *Sovremennye problemy nauki I obrazovaniya*, (3). (in Russ.).
7. Zinchenko, M.K., & Zinchenko, S.I. (2015). Fermentativnyi potentsial agrolandshaftov seroi lesnoi pochvy Vladimirskogo opol'ya. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*, (1-8). 1319-1323. (in Russ.).
8. Kozlov, A.V., & Selitskaya, O.V. (2015). Znachenie mikroorganizmov v podderzhanii ustoichivosti pochv k vozdeistviyu antropogennykh faktorov. *Vestnik Mininskogo universiteta*, (3(11)). 27-28. (in Russ.).
9. Komarov, V.I., Selivanov, O.G., Martsev, A.A., Podolets, A.A., & Luk'yanov, S.N. (2019). Soderzhanie tyazhelykh metallov v pakhotnom gorizonte pochv sel'skokhozyaistvennogo naznacheniya Vladimirskoi oblasti. *Agrokimiya*, (12). 75-82. (in Russ.).
10. Stefan'kina, L.M. (1976). Zavisimost' urozhaya yachmenya ot sodержaniya gumusa I biologicheskoi aktivnosti dernovo-podzolistoi supeschanoi pochvy: Avtoref. ... kand. s.- kh. nauk. Riga. (in Russ.).
11. Mishustin, E.N. (1972). Mikroorganizmy I produktivnost' zemledeliya. Moscow. (in Russ.).
12. O sostoyanii okruzhayushchei sredy I zdorov'ya naseleniya Vladimirskoi oblasti v 2017 godu: ezhegodnyi doklad (2018). 25. Vladimir. (in Russ.).
13. Trifonova, T.A. (2018). Ekologicheskii atlas basseina reki Klyaz'ma: Chelovek v okruzhayushchei srede. Vladimir. (in Russ.).
14. Trifonova, T.A. (2007). Ekologicheskii atlas Vladimirskoi oblasti. Vladimir. (in Russ.).
15. Zong, Y., Xiao, Q., & Lu, S. (2017). Magnetic signature and source identification of heavy metal contamination in urban soils of steel industrial city, Northeast China. *Journal of soils and sediments*, 17(1), 190-203. <https://doi.org/10.1007/s11368-016-1522-2>
16. Shi, T., Ma, J., Zhang, Y., Liu, C., Hu, Y., Gong, Y., ... & Zhao, L. (2019). Status of lead accumulation in agricultural soils across China (1979–2016). *Environment international*, 129, 35-41. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.05.025>

Мищенко Н.В., Курочкин И.Н., Чугай Н.В., Кулагина Е.Ю. Оценка состояния почв необрабатываемых сельскохозяйственных угодий по показателям ферментативной активности, гумуса и тяжелых металлов // Вестник Нижневартковского государственного университета. 2021. № 2(54). С. 106-111. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/21-2/14>

Mischenko, N.V., Kurochkin, I.N., Chugay, N.V. & Kulagina, E.Yu. (2021). Assessment of the State of Soils of Uncultivated Agricultural Lands by Indicators of Enzymatic Activity, Humus, and Heavy Metals. *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*. (2(54)), 106-111. (in Russ.). <https://doi.org/10.36906/2311-4444/21-2/14>

дата поступления: 19.10.2020

дата принятия: 08.03.2021