

9. Пугачева, Г. М. Методика первичного сортоизучения лилий / Г. М. Пугачева, М. А. Соколова, В. В. Мартынова. – Мичуринск: Кварта, 2015. – 28 с. – Текст: непосредственный.

10. Агроклиматические ресурсы Алтайского края. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1971. – 154 с. – Текст: непосредственный.

11. Зайцев, Г. Н. Математика в экспериментальной ботанике / Г. Н. Зайцев. – Москва: Наука, 1990. – 226 с. – Текст: непосредственный.

12. ГОСТ 28849-90 Межгосударственный стандарт. Луковицы и клубнелуковицы цветочных культур. Технические условия. – Дата введения 01.01.92. – 14 с. – Текст: непосредственный.

References

1. Korovkin, O.A. Anatomii i morfologii vysshikh rastenii. Slovar terminov / O.A. Korovkin. – Moskva: Drofa. 2007. – 268 s.

2. Kireeva, M.F. Lilii / M.F. Kireeva. – Moskva: Rosselkhozizdat, 1984. – 206 s.

3. Martynova, V.V. Nasledovanie priznaka bulbosnosti v gibridnom potomstve aziatskikh lilii / V.V. Martynova // Osnovnye itogi i perspektivy nauchnykh issledovaniy VNIIS im. I.V. Michurina (1931-2000 gg.). – Tambov: Izd-vo TGTU, 2001. – Т. 1. – S. 215-223.

4. Pugacheva, G.M. Nekotorye ekonomicheskie aspekty vyrashchivaniia lilii pri razlichnykh sposobakh razmnosheniia / G.M. Pugacheva, D.A Prokhorova // Vestnik MichGAU. – 2012. – No. 4. – S. 28-30.

5. Kikot, L.M. Rozmnozheniia introdutsentiv rodu Liliium L. u Natsionalnomu botanichnomu sadu NAN Ukraini za dopomogoiu steblovykh tsibulinok / L.M. Kikot // Aktualni problemi botaniki ta ekologii. – lalta, Simferopol, 2010. – S. 475-476.

6. Karamova, E.M. K voprosu estestvennogo razmnosheniia lilii Aziatskikh gibridov v usloviakh Nizhnego Povolzhia / E.M. Karamova // Biulleten Botanicheskogo sada Saratovskogo GU. – 2009. – No. 8. – S. 161-164.

7. Afanaseva, E.A. Vegetativnoe razmnoshenie Aziatskikh lilii v usloviakh Tsentralnoi lakutii / E.A. Afanaseva // Rol botanicheskikh sadov v sokhraneni i obogashchenii prirodnoi i kulturnoi flory. – lakutsk, 2021. – S. 205-210.

8. Metodika gosudarstvennogo ispytaniia selskokhoziaistvennykh kultur: Dekorativnye kultury. – Moskva: Kolos, 1968. – Vyp. 6. – 223 s.

9. Pugacheva, G.M. Metodika pervichnogo sortoizuchenii lilii / G.M. Pugacheva, M.A. Sokolova, V.V. Martynova. – Michurinsk: Kvarта, 2015. – 28 s.

10. Агроклиматические ресурсы Алтайского края. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1971. – 154 с.

11. Zaitsev, G.N. Matematika v eksperimentalnoi botanike / G.N. Zaitsev. – Moskva: Nauka, 1990. – 226 s.

12. GOST 28849-90 Mezghosudarstvennyi standart. Lukovitsy i klubnelukovitsy tsvetochnykh kultur. Tekhnicheskie usloviia. – Data vvedeniia 01.01.92. – 14 s.



УДК 631.6.02

DOI: 10.53083/1996-4277-2022-210-4-33-39

А.В. Тиньгаев, Ю.В. Чепрунова
A.V. Tingaev, Yu.V. Cheprunova

ВЛИЯНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВОГРУНТЕ НА ПРИРОСТ МОЛОДНЯКА ДЕРЕВЬЕВ МЕЛИОРАТИВНЫХ ЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ РЕКУЛЬТИВИРУЕМОГО ПОЛИГОНА

INFLUENCE OF HEAVY METALS IN THE SOIL ON THE GROWTH OF YOUNG TREES IN MELIORATIVE PROTECTIVE FOREST PLANTATIONS OF A RECLAIMED WASTE LANDFILL

Ключевые слова: полигон, канадский клен, барбарис, рябина сибирская, рекультивация, тяжелые металлы, мышьяк, морфометрические параметры.

Вновь созданные агроландшафты рекультивируемого полигона твердых бытовых отходов подвержены эрозионным и дефляционным процессам. Для сниже-

ния негативного влияния на агроландшафт необходимы мелиоративные защитные лесные насаждения. В условиях рекультивируемого полигона деревьям и кустарникам приходится приспосабливаться к неблагоприятным для них экологическим условиям, что приводит к снижению устойчивости растений. В связи с содержанием в почвогрунте тяжелых металлов и других

поллютантов, оказывающих отрицательное влияние на рост и развитие деревьев и кустарника, что связано с целым комплексом физиолого-биохимических изменений, влияющих на их морфометрические параметры, и было проведено исследование. Содержание поллютантов в почвенных конструкциях агроландшафтов вариантов опытов изменялось: кадмия – от 0,36 до 0,46 мг/кг, мышьяка – от 0,69 до 1,24, ртути – от 0,0164 до 0,0219, свинца – от 13,55 до 91,2, цинка – от 45,14 до 66,39, меди – 16,09 до 126,1 мг/кг. Содержание загрязняющих веществ в почве не превышает ПДК. Высокое содержание тяжелых металлов третьего варианта в пределах ПДК, по сравнению с первым вариантом, не оказало существенного негативного влияния на прирост молодняка древесных растений и не повлияло на морфометрические параметры.

Keywords: *landfill, silver maple, barberry, Siberian mountain ash, reclamation, heavy metals, arsenic, morphometric indices.*

Newly developed agricultural landscapes of the recultivated solid waste landfill are subject to erosion and defla-

tion processes. To reduce the negative impact on the agricultural landscape, reclamation protective forest plantations are needed. Under the conditions of a recultivated waste landfill, trees and shrubs have to adapt to unfavorable environmental conditions which decreases plant resistance. The content of heavy metals and other pollutants in the soil has a negative effect on the growth and development of trees and shrubs; this is associated with a whole complex of physiological and biochemical changes affecting plant morphometric indices; this was the research area. The content of pollutants in the soil structures of agricultural landscapes in the experimental plots varied as following: cadmium - from 0.36 to 0.46 mg kg, arsenic - from 0.69 to 1.24 mg kg, mercury - from 0.0164 to 0.0219 mg kg, lead - from 13.55 to 91.2 mg kg, zinc - from 45.14 to 66.39 mg kg, copper - from 16.09 to 126.1 mg kg. The content of pollutants in the soil does not exceed the maximum permissible concentration (MPC). The high content of heavy metals of the third variant within the MPC as compared to the first variant did not have a significant negative effect on the growth of young woody plants and did not affect their morphometric indices.

Тингаев Анатолий Владимирович, д.т.н., доцент, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: avtin@mail.ru.

Чепрунова Юлия Владимировна, аспирант, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: zubkova.ula@mail.ru.

Tingaev Anatoliy Vladimirovich, Dr. Tech. Sci., Assoc. Prof., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: avtin@mail.ru.

Cheprunova Yuliya Vladimirovna, post-graduate student, Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: zubkova.ula@mail.ru.

Введение

Количество полигонов твердых коммунальных отходов (ТКО) увеличивается с каждым годом во всем мире, в том числе и в России. Перегруженные полигоны подлежат закрытию с последующей рекультивацией и созданием агроландшафтов. Для рекультивации полигонов ТКО используется почвогрунт. Использование осадка сточных вод в качестве почвогрунта позволит повысить плодородие почвы и одновременно вовлечь в хозяйственный цикл вторичные ресурсы.

Вновь созданные агроландшафты рекультивируемого полигона твердых бытовых отходов подвержены эрозионным и дефляционным процессам. Для снижения негативного влияния на агроландшафт необходимы мелиоративные защитные лесные насаждения. Лесные полосы помогут обеспечить устойчивость аграрного природопользования за счет регулирования водного режима, микроклимата агроландшафтов и снижения ущерба от водной эрозии и дефляции.

В условиях рекультивируемого полигона деревьям и кустарникам приходится приспособля-

ваться к неблагоприятным для них экологическим условиям, что приводит к снижению устойчивости растений [1-3].

В связи с содержанием в почвогрунте тяжелых металлов и других поллютантов, оказывающих отрицательное влияние на рост и развитие деревьев и кустарника, что связано с целым комплексом физиолого-биохимических изменений, влияющих на морфометрические параметры, необходимо было провести исследование [4].

Цель исследования – изучить и проанализировать влияние тяжелых металлов и мышьяка в почвогрунте рекультивируемого полигона на прирост молодняка деревьев и их морфометрические параметры.

Объекты и методы исследования

Объектом наших исследований явились мелиоративные защитные лесные насаждения опытного участка рекультивируемого полигона.

Рекультивация участка полигона ТКО и формирование агроландшафта были совершены в августе 2019 г. (рис. 1). Рекультивация участка полигона была проведена нами совместно с

ООО «Барнаульский водоканал» и ООО «Алтайагрохимсоюз» в два этапа: технический и биологический. Полевой опыт закладывался на рекультивационном этапе в 3 вариантах с использованием почвогрунта (606 т/га) – вариант 1, осадка сточных вод (ОСВ) + почвогрунт (303 т/га ОСВ + 303 т/га почвогрунта) – вариант 2, осадка сточных вод (606 т/га ОСВ) – вариант 3.

Были выбраны двухлетние клен канадский, рябина сибирская и барбарис. Основными факторами выбора видов деревьев и кустарника

послужили их зимостойкость и засухоустойчивость. На каждом варианте было высажено по 50 деревьев. Деревья были высажены в ряд на каждом варианте, на расстоянии 1 м друг от друга. Схема опыта представлена на рисунке 2.

В исследовании использовался системный подход к изучению адаптации деревьев и кустарников для лесомелиоративных целей, эколого-диагностическое обследование проводилось по методике Н.С. Шиховой (1997), а оценка жизненного состояния деревьев – по методике В.А. Алексеева (1989) [5-7].



Рис. 1. Рекультивируемый участок полигона ТКО

Вариант 1	Фестулолюк											кострец
	К	Б	Р	К	Б	Р	К	Б	Р	К	Б	
Вариант 2	Фестулолюк											кострец
	Б	Р	К	Б	Р	К	Б	Р	К	Б	Р	
Вариант 3	Фестулолюк											кострец
	Р	К	Б	Р	К	Б	Р	К	Б	Р	К	

Рис. 2. Схема опыта на участке рекультивируемого полигона:
Р – рябина; К – клен; Б – барбарис

Результаты исследований

Полигон ТКО расположен в северо-западной части г. Барнаула. Климат на территории полигона ТКО континентальный. Самая высокая средняя температура в летний период 22°C, была в 2019 г. (рис. 3).

В вегетационный период 2021 г. выпало наибольшее количество осадков по сравнению с двумя предыдущими годами (рис. 4).

Содержание гумуса и биогенных элементов во вновь созданных почвенных конструкциях агроландшафтов вариантов изменялось: гумуса – от 3,2 до 8,7 мг/кг, азота – от 0,06 до 0,23, фосфора – от 0,35 до 2,38, калия – от 0,14 до 0,98 мг/кг (табл. 1).

Микробиологические исследования вновь созданных почвенных конструкций трех вариантов по индексу БГКП, индексу энтерококков, патогенных бактерий, в т.ч. сальмонеллы, показали отсутствие патогенной микрофлоры. Паразитологические исследования по жизнеспособным яйцам, личинкам гельминтов и цистам патогенных кишечных простейших продемонстрировали их отсутствие.

Содержание тяжелых металлов во вновь созданных почвенных конструкциях агроландшафта, также, как и содержание биогенных элементов, зависит от увеличения объема внесения осадка сточных вод [9, 10].

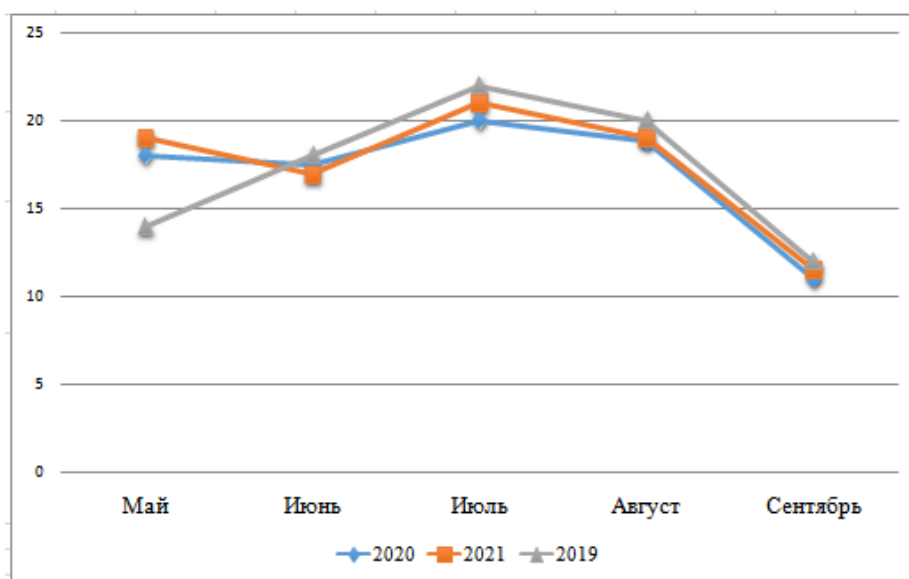


Рис. 3. Средняя температура за 2019-2021 г.

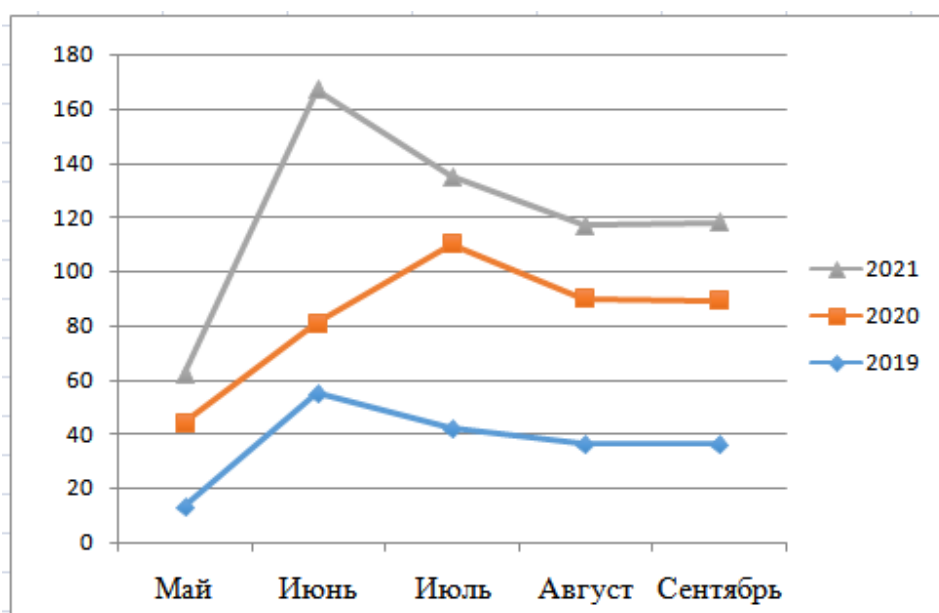


Рис. 4. Количество осадков 2019-2021 г.

Таблица 1

Физико-химические показатели почвенных конструкций агроландшафта по вариантам рекультивированного участка полигона ТКО г. Барнаула [8]

Наименование показателей	Варианты		
	почвогрунт	почвогрунт + ОСВ	ОСВ
рН, солевая	6,5	5,5	5,7
рН, водная	7,8	5,9	5,8
Гумус	3,2	7,8	8,7
Азот нитратный, мг/кг	1,6	141,0	380,0
Фосфор подвижный, мг/кг	283,5	1756,6	1938,2
Калий обменный, мг/кг	193,1	313,5	291,6
Азот общий, %	0,06	0,28	0,23
Общий фосфор, %	0,35	1,85	2,38
Калий общий, %	0,14	0,11	0,98

Содержание поллютантов в почвенных конструкциях агроландшафтов вариантов изменялось: кадмия – от 0,36 до 0,46 мг/кг, мышьяка – от 0,69 до 1,24, ртути – от 0,0164 до 0,0219, свинца – от 13,55 до 91,2, цинка – от 45,14 до 66,39, меди – 16,09 до 126,1 мг/кг. Содержание загрязняющих веществ в почве не превышает ПДК (табл. 2).

По сохранности посаженных деревьев и кустарников, а также по их приросту за три года исследований можно сделать выводы об адаптации древесных растений к условиям рекультивируемого полигона твердых коммунальных

отходов и влиянию на адаптацию объема внесенных осадков сточных вод и вместе с ними тяжелых металлов и мышьяка (табл. 3).

Самый маленький процент сохранности у рябины сибирской, который составляет 0% на втором и третьем вариантах, а самый высокий у канадского клена, – 93% на третьем варианте.

В связи с высокой сохранностью канадского клена по вариантам было исследовано влияние объема внесения осадка сточных вод при рекультивации и содержащихся в нем тяжелых металлов на морфометрические параметры канадского клена в 2021 г. (табл. 4).

Таблица 2

Содержание тяжелых металлов и As во вновь созданных почвенных конструкциях агроландшафта, мг/кг

Наименование показателей	Варианты			ПДК [11]
	почвогрунт	почвогрунт + ОСВ	ОСВ	
Кадмий	0,36	0,43	0,46	2
Мышьяк	0,69	0,98	1,24	10
Ртуть	0,0164	0,0192	0,0219	2,1
Свинец	13,55	86,03	91,2	130
Цинк	45,14	65,42	66,39	220
Медь	16,09	96,37	126,1	132

Таблица 3

Адаптация древесных растений к условиям рекультивируемого полигона

Варианты	Процент сохранности, %			Прирост за годы исследований		
	канадский клен	рябина сибирская	барбарис	канадский клен	рябина сибирская	барбарис
Почвогрунт	68,7	0	43	101	0	56
Почвогрунт + ОСВ	81,25	0	18,7	86	0	124
ОСВ	93	6,25	37,5	257	220	56

Морфометрические параметры канадского клена, мм

Наименование показателей	Варианты		
	почвогрунт	почвогрунт + ОСВ	ОСВ
Диаметр ствола	8,25	13,2	16,8
Диаметр кроны	300	635	676
Длина кроны	46	977	101,4
Высота деревьев	660	1140	1155
Длина листовой пластины	9	14,6	15,7
Ширина листовой пластины	2,4	5,6	5,3

Диаметры ствола, размеры крон, длины и ширины листовых пластинок канадского клена увеличиваются в зависимости от объема внесения осадка сточных при рекультивации полигона ТКО вместо почвогрунта.

Размер листовой пластины барбариса также меняется в зависимости от объема внесения осадка сточных вод по вариантам от 4,7x2,8 до 5,4x3,1 мм.

Выводы

1. Высокое содержание тяжелых металлов третьего варианта в пределах ПДК, по сравнению с первым вариантом, не оказало существенного негативного влияния на прирост молодняка древесных растений и существенно не повлияло на морфометрические параметры.

2. Высокую сохранность в защитных лесных насаждениях рекультивируемого полигона из древесных растений показал клен канадский.

3. Высокое содержание органического вещества, азота фосфора, калия в вариантах с использованием для рекультивации полигона ТКО осадка сточных вод по сравнению с почвогрунтом оказало благоприятное влияние на диаметры стволов, размер крон, на длины и ширины листовых пластинок канадского клена.

Библиографический список

1. Рекультивация механически нарушенных почв с помощью лесных насаждений / А. В. Игловиков, Б. Е. Чижов, А. А. Маленко, О. А. Кулясова. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2020. – № 4 (186). – С. 25-33.

2. Луцевич, А. А. Подбор флоры лесополосы для рекультивации свалок твердых бытовых отходов / А. А. Луцевич. – Текст: электронный // Лесотехнический журнал. – 2014. – № 4 (16). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/podbor-flory->

[lesopolosy-dlya-rekultivatsii-svalok-tverdyh-bytovyh-othodov](https://cyberleninka.ru/article/n/podbor-flory-lesopolosy-dlya-rekultivatsii-svalok-tverdyh-bytovyh-othodov) (дата обращения: 17.01.2022).

3. Теплякова, Т. Е. Особенности формирования растительного покрова на новых видах органоматричных субстратов при рекультивации полигона твердых бытовых отходов / Т. Е. Теплякова, Д. М. Малюхин, Л. Г. Бакина. – Текст: электронный // Биосфера. – 2014. – № 2. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-formirovaniya-rastitelnogo-pokrova-na-novyh-vidah-organogennyh-substratov-pri-rekultivatsii-poligona-tverdyh-bytovyh> (дата обращения: 17.01.2022).

4. Кузнецова, Т. Ю. Аккумуляция тяжелых металлов в различных органах и тканях березы в зависимости от условий произрастания / Т. Ю. Кузнецова, Л. В. Ветчинникова, А. Ф. Титов. – Текст: непосредственный // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. – 2015. – № 1. – С. 86-94.

5. ОСТ 56-69-83. Пробные площади лесоустроительные, метод закладки. – 59 с. – Текст: непосредственный.

6. Шихова, Н. С. Оценка жизненного состояния древесных видов в условиях загрязнения среды / Н. С. Шихова. – Текст: непосредственный // Труды Международной конференции по анатомии и морфологии растений. – Санкт-Петербург, 1997. – С. 332-333

7. Алексеев, В. А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев / В. А. Алексеев. – Текст: непосредственный // Лесоведение. – 1989. – № 4. – С. 51-57.

8. Чепрунова, Ю. В. Урожайность и качество продукции сельскохозяйственных культур на вновь созданном агроландшафте рекультивируемого полигона твердых коммунальных отходов / Ю. В. Чепрунова, А. В. Тиньгаев, В. Б. Шепталов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2021. – № 4 (198). – С. 49-54.

9. Кирейчева, Л. В. Использование биологических отходов для повышения плодородия сельскохозяйственных угодий / Л. В. Кирейчева, А. В. Тиньгаев. – Текст: непосредственный // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2008. – № 6. – С. 22-24.

10. Тиньгаев, А. В. Влияние органических отходов на содержание тяжелых металлов в почве / А. В. Тиньгаев. – Текст: непосредственный // Агро XXI. – 2009. – № 10-12.

11. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. – Текст: непосредственный.

References

1. Iglovikov A.V., Chizhov B.E., Malenko A.A., Kuliasova O.A. Rekultivatsiia mekhanicheski narushennykh pochv s pomoshchiu lesnykh nasa-zhdenii // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2020. – No. 4 (186). – S. 25-33.

2. Lutsevich A.A. Podbor flory lesopolosy dlia rekultivatsii svalok tverdykh bytovykh otkhodov // Lesotekhnicheskii zhurnal. – 2014. – No. 4 (16). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/podbor-flory-lesopolosy-dlya-rekultivatsii-svalok-tverdyh-bytovykh-otkhodov> (data obrashcheniia: 17.01.2022).

3. Tepliakova T.E., Maliukhin D.M., Bakina L.G. Osobnosti formirovaniia rastitelnogo pokrova na novykh vidakh organogennykh substratov pri rekultivatsii poligona tverdykh bytovykh otkhodov // Biosfera. – 2014. – No. 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobnosti-formirovaniya-rastitelnogo-pokrova-na-novykh-vidah-organogennykh-substratov-pri-rekultivatsii-poligona-tverdyh-bytovykh> (data obrashcheniia: 17.01.2022).

4. Kuznetsova T.Iu., Vetchinnikova L.V., Titov A.F. Akkumuliatsiia tiazhelykh metallov v razlichnykh organakh i tkaniakh berezy v zavisimosti ot uslovii proizrastaniia // Trudy Karelskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk. – 2015. – No. 1. – S. 86-94.

5. OST 56-69-83 Probnye ploshchadi lesoustroitelnye, metod zakladki. – 59 s.

6. Shikhova N.S. Otsenka zhiznennogo sostoianiia drevesnykh vidov v usloviakh zagriazneniia sredey // Trudy mezhdunarodnoi konferentsii po anatomii i morfologii rastenii. – Sankt-Peterburg, 1997. – S. 332-333.

7. Alekseev V.A. Diagnostika zhiznennogo sostoianiia derezev i drevostoev // Lesovedenie. – 1989. – No. 4. – S. 51-57.

8. Cheprunova Iu.V., Tingaev A.V., Sheptalov V.B. Urozhainost i kachestvo produktsii selskokhoziaistvennykh kultur na vnov sozdanom agrolandshafte rekultiviruemogo poligona tverdykh kommunalnykh otkhodov // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2021. – No. 4 (198). – S. 49-54.

9. Kireicheva L.V., Tingaev A.V. Ispolzovanie biologicheskikh otkhodov dlia povysheniia plodorodiia selskokhoziaistvennykh ugodii // Vestnik Rossiiskoi akademii selskokhoziaistvennykh nauk. – 2008. – No. 6. – S. 22-24.

10. Tingaev A.V. Vliianie organicheskikh otkhodov na sodержanie tiazhelykh metallov v poche // Агро XXI. – 2009. – No. 10-12.

11. СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания".

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-316-90018.

