

## Геоэкология

DOI: 10.34828/UdSU.2024.77.49.004

УДК 658.567.1

*Е.А. Борисова*

### ДИНАМИКА ДАННЫХ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА РЕКУЛЬТИВИРОВАННОГО ПОЛИГОНА ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ

**Аннотация.** Одним из наиболее опасных компонентов при переработке отходов является фильтрат, в состав которого входят нитрат- и нитрит-ионы, а также многие тяжелые металлы. Исследования многочисленных свалок показали, что в фильтрате, проникающем в места отложения отходов, содержатся биологически вредные органические вещества, различные формы азота, ионы тяжелых металлов, соединения серы и патогенные микроорганизмы в концентрациях, превышающих предельно-допустимые. Внедрение эффективных мер по контролю за состоянием компонентов животного мира в местах размещения твердых городских отходов и снижению негативного воздействия на окружающую среду является наиболее актуальной проблемой для Удмуртской Республики. В данной работе оценивается состояние растительности и растительного сообщества, кроме того, считается установленной степень токсичности на биологической стадии свалок и процесс восстановления почвенного покрова.

**Ключевые слова:** коммунальные отходы, рекультивация полигонов ТКО, мониторинг, загрязняющее вещество, растительный покров, геоботаника, патогенные микроорганизмы.

*Для цитирования:* Борисова Е.А. Динамика данных мониторинга состояния растительного покрова рекультивированного полигона твердых коммунальных отходов // Управление техносферой: электрон. журнал, 2024. Т.7. Вып.2. URL: <https://technosphere-ing.ru> С.207–219. DOI: 10.34828/UdSU.2024.77.49.004

#### Введение

Наиболее острой экологической проблемой Удмуртской Республики (УР) является обезвреживание твердых коммунальных отходов. По данным Минприроды УР ежегодно в республике образуется около 445 тысяч тонн твердых коммунальных отходов в год. На сегодняшний день зафиксирована 481 несанкционированная свалка, на которые вывозится строительный мусор и

твёрдые отходы. Основной причиной появления несанкционированных свалок в Удмуртии является отсутствие организации системного вывоза мусора и халатный контроль за движением отходов [1].

Целью данной работы является мониторинг растительного покрова полигонов ТБО, рекультивируемых на территории Сарапульского района Удмуртской Республики, и определение уровня их экологической опасности.

### **Программа исследования**

Объектом исследования является рекультивированный полигон ТКО по Сарапульскому тракту Удмуртской Республики.

Существующий полигон ТБО, который закрылся в 1998 году, функционирует уже 12 лет в Завьяловском районе. Он расположен в 12 км от Сарапульского района. Его общая площадь составляет 11,3 га. Объем отходов, накопленных за время эксплуатации, достиг 130 млн м<sup>3</sup>. Рельеф территории, окружающей полигон ТБО, ровный и в основном сохраняет свою естественную форму.

Нами разработана программа и этапы мониторинга состояния растительности и растительных сообществ.

1. Частота наблюдений – 1 раз в год (в период активной вегетации растений), продолжительность наблюдений – 5 лет, и в дальнейшем такого рода мониторинг может быть отменен, поскольку не наблюдается патогенного воздействия на растительные сообщества.

2. При оценке состояния растительности используется подробное описание маршрутного метода и участка учета [2].

3. В данном маршруте учитываются рудеральные виды и виды, которые не входят в состав травосмеси, используемой на биологической стадии захоронения отходов [2].

4. Составляется описание растительного покрова на учетном участке (отмечается проективное покрытие растений, площадь проплешин, состояние травяного покрова, цвет травы, состояние морфологической структуры растений, численность других видов растений, не входящих в травосмесь, оценивается состояние травы по шкале: хорошо, удовлетворительно, неудовлетворительно) [4].

5. В рамках программы мониторинга растительности в пунктах отбора проб почвы (в наблюдательных скважинах) отбираются образцы растений для химического анализа. Сбор растений осуществляется методом срезания фитомассы учетных площадок размером 50×50 см. Список химических элементов, определяемых в биомассе (при скашивании), аналогичен списку химических элементов, определяемых в почве (медь, никель, мышьяк, кобальт, ртуть). При необходимости определяется коэффициент биологического накопления элемента (процентного содержания элемента в системе растение/почва), при значении, большем 1, растение относится к накопителям этого элемента [5].

Периодичность проведения наблюдений – 1 раз в год (в течение вегетационного периода).

### **Результаты исследований**

Данные мониторинга за 2019 год показали, что на исследованных участках не проводились работы на биологической стадии рекультивации (не проводился посев растений-мелиорантов), поэтому на мелиорированных землях была обнаружена естественно сформировавшаяся растительность. Согласно маршрутным наблюдениям, средняя площадь прогнозируемого растительного покрова составила 43,6%. Данные о прогнозируемом покрытии на 2019 год приведены в таблице 1.

Таблица 1

Проективное покрытие растительного покрова на территории  
рекультивированного полигона в 2019 г.

Номер пробной площади	Проективное покрытие растительного покрова на учетных площадках (1-3 площадки), %			Среднее значение
1	15	27	25	22,3
2	32	30	40	34,0
3	47	70	75	64,0
4	32	35	40	35,6
5	30	45	37	37,3
6	40	50	55	48,3
7	94	67	80	80,3
8	10	15	5	10,0
9	21	17	20	19,3
10	38	48	49	45,0
11	34	25	70	43,0
12	57	90	76	74,3

В 2020г. средняя площадь проективного покрытия растительного покрова, согласно маршрутным наблюдениям, составляла 47,1%, что на 3,5% больше, чем в предыдущем году наблюдений. Данные по проективному покрытию в 2020 г. представлены в табл. 2.

Таблица 2

Проективное покрытие растительного покрова на территории  
рекультивированного полигона в 2020 г.

Номер пробной площади	Проективное покрытие растительного покрова на учетных площадках (1-3 площадки), %			Среднее значение
1	19	27	23	23,0
2	42	43	51	45,3
3	42	80	76	66,0
4	52	38	49	46,3
5	40	55	39	44,6
6	48	60	65	57,6
7	90	47	85	74,0
8	20	35	25	26,6
9	15	10	25	16,6
10	48	28	69	48,3
11	42	27	63	44,0
12	73	90	56	73,0

В 2021 г. средняя площадь проективного покрытия растительного покрова составила 53,85%, что на 6,75% больше, чем в предыдущем периоде наблюдений. Данные по проективному покрытию в 2021 г. представлены в таблице 3.

Таблица 3

Проективное покрытие растительного покрова на территории  
рекультивированного полигона в 2021 г.

Номер пробной площади	Проективное покрытие растительного покрова на учетных площадках (1-3 площадки), %			Среднее значение
1	21	27	29	25,6
2	46	49	51	48,6
3	48	86	86	73,3
4	56	48	59	54,3
5	47	65	45	52,3
6	58	64	75	65,6
7	80	67	85	77,3
8	32	35	35	34,0
9	35	30	25	30,0
10	48	48	69	55,0
11	42	47	63	50,6
12	73	90	76	79,6

В 2022 г. показатель средней площади проективного покрытия растительного покрова (таблица 4) также возрос на 4,2 % по сравнению с предыдущим годом.

Таблица 4

Проективное покрытие растительного покрова на территории  
рекультивированного полигона в 2022 г.

Номер пробной площади	Проективное покрытие растительного покрова на учетных площадках (1-3 площадки), %			Среднее значение
1.	35	28	40	34,3
2.	45	51	53	49,6
3.	52	83	90	75,0
4.	66	53	72	63,6
5.	47	65	50	54,0

Продолжение табл. 4

6.	71	70	75	72,0
7.	80	75	90	81,6
8.	40	35	43	39,3
9.	45	37	30	37,3
10.	50	50	73	57,6
11.	45	47	62	51,3
12.	70	91	82	81,0

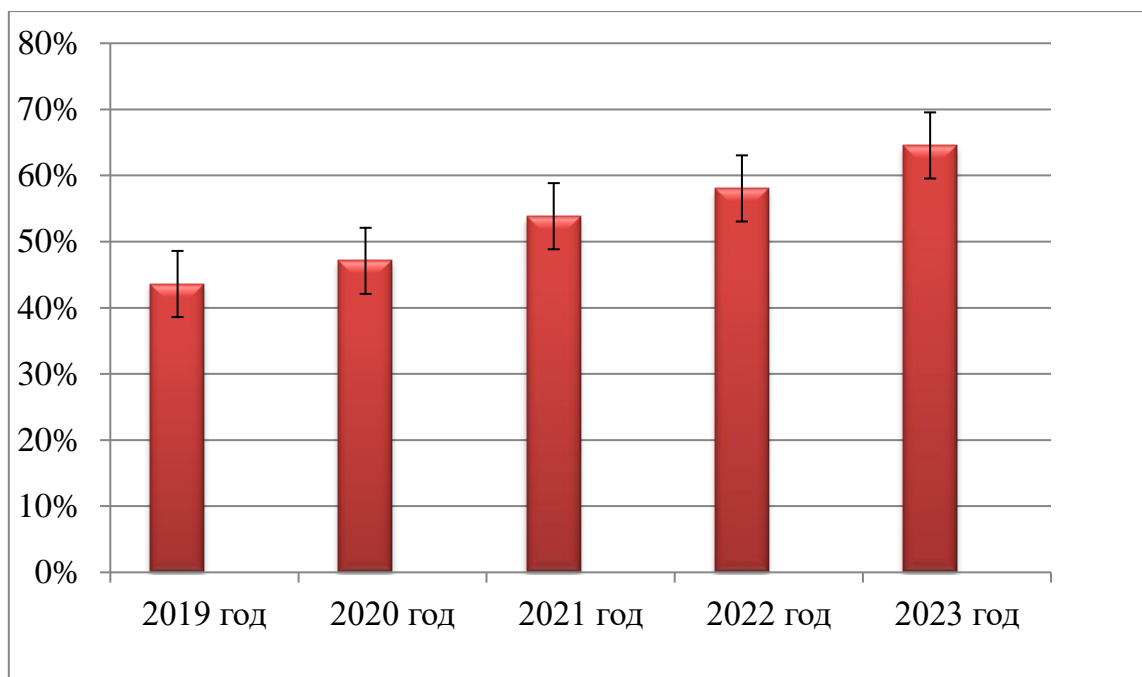
В 2023 г. показатель средней площади проективного покрытия растительного покрова (таблица 5) возрос на 6,5 % по сравнению с предыдущим годом.

Таблица 5

Проективное покрытие растительного покрова на территории  
рекультивированного полигона в 2023 г.

Номер пробной площади	Проективное покрытие растительного покрова на учетных площадках (1-3 площадки), %			Среднее значение
1.	87	94	89	90,0
2.	45	51	53	49,6
3.	52	83	90	75,0
4.	60	52	68	60,0
5.	76	93	71	80,0
6.	71	70	75	72,0
7.	80	75	90	81,6
8.	40	35	43	39,3
9.	45	37	30	37,3
10.	50	50	73	57,6
11.	45	47	62	51,3
12.	70	91	82	81,0

Сравнительный анализ динамики среднего показателя проективного покрытия растительного покрова в 2019-2023 гг. представлен на рис. 1.



**Рис. Проективное покрытие растительного покрова на рекультивированном полигоне ТБО по Сарапульскому тракту, 2019-2023 гг.**

Таким образом, можно сделать вывод, что показатель проективного покрытия растительного покрова на учетных площадках рекультивированного полигона ТБО по Сарапульскому тракту в 2023 г. увеличился на 6,5 % по сравнению с предыдущим годом, а также на 20,95% и на 17,45 % по сравнению с 2019 и 2020 годом соответственно. Положительная динамика данного показателя позволяет сделать вывод о том, что на теле полигона сформирован и увеличивается растительный покров, обеспечивающий требуемые условия биологического этапа рекультивации полигона [6].

По данным протоколов испытаний почв и растительных проб превышения ПДК тяжелых металлов и мышьяка в 2021, 2022 и в 2023 г. не выявлено [7].

Что касается химического анализа почв, содержание контролируемых химических элементов не превышало значений ПДК (предельно допустимые концентрации) и ОДК (ориентировочно-допустимые концентрации). В 2021г. были различия в содержании химических элементов по точкам наблюдений

(скважинам). Наиболее высокие концентрации никеля, кобальта и мышьяка установлены в районе скважин: № 2 (26.6, 6.9 и 4.0 мг/кг соответственно) > №3 (24.0, 6.8 и 3.0 мг/кг соответственно) > № 5 (22.1, 5.8 и 2.6 мг/кг соответственно). Показатель рН солевой вытяжки почвенного раствора составлял 5,41.

В 2022 г. наиболее высокие концентрации никеля, кобальта и мышьяка установлены в районе скважин: № 3 (21.4, 6.6 и 4.0 мг/кг соответственно) > №2 (21.0, 7.6 и 3.7 мг/кг соответственно) > № 5 (19.4, 6.7 и 3.6 мг/кг соответственно). Показатель рН солевой вытяжки почвенного раствора существенно не изменился.

В 2023 г. наиболее высокие концентрации никеля, кобальта и мышьяка установлены в районе скважин: № 5 (25.5, 6.8 и 3.8 мг/кг соответственно) > №1 (25.2, 8.0 и 3.7 мг/кг соответственно) > № 3 (24.8, 6.7 и 2.5 мг/кг соответственно). Показатель рН солевой вытяжки почвенного раствора существенно не изменился.

Что касается химического анализа биомассы рекультивируемого полигона, то по содержанию кобальта и ртути в 2021, 2022 и в 2023г. во всех точках наблюдений установлены концентрации менее 1,0 и 0,025 мг/кг соответственно. По содержанию никеля в 2021 г. в точке наблюдения скважины №2 – менее 1,0 мг/кг, а самое высокое – в районе скважины №3 (3,8 мг/кг). В 2022 г. самое высокое содержание никеля установлено в районе скважины №5 (2,9 мг/кг). В 2023 г. самое высокое содержание никеля установлено в районе скважины № 4 (3,0 мг/кг). По содержанию меди статистически достоверных различий нет, показатели варьируют в 2021 г. от 4,1 до 5,4 мг/кг, в 2022 от 5,0 до 6,5 мг/кг и в 2023 от 6,8 до 11,0 мг/кг. Различия в точках наблюдений по содержанию мышьяка также статистически недостоверны, и показатель варьирует в пределах 0,07-0,08 мг/кг в 2021г., 0,05-0,07 мг/кг в 2022г и от 0,15-0,17 мг/кг в 2023г.



Для оценки интенсивности поглощения химического элемента растениями был применен коэффициент биологического поглощения, представляющий собой частное от деления содержания химического элемента в золе листьев на его содержание в корнеобитаемом слое почвы. По интенсивности биологического поглощения все элементы делятся на следующие группы: элементы энергичного накопления (КБП = 10-100); вторая группа – сильного накопления (КБП = 1-10); третья – слабого накопления и среднего захвата (КБП = 0,1-1); четвертая – элементы слабого захвата (КБП = 0,01-0,1). Результаты КБП за 2021, 2022 и 2023г. представлены в таблицах 6-8.

Таблица 6

Значения коэффициента биологического поглощения по точкам наблюдений, 2021 г.

Химический элемент	Точка наблюдения (№ скважины)			
	1	2	3	5
Медь	0,3	0,4	0,4	0,5
Никель	0,2	0,04	0,1	0,1
Кобальт, ртуть	Не устанавливался, в растениях обнаружены следы химических элементов			
Мышьяк	0,03	0,02	0,02	0,02

Таблица 7

Значения коэффициента биологического поглощения по точкам наблюдений, 2022 г.

Химический элемент	Точка наблюдения (№ скважины)			
	1	2	3	5
Медь	0,7	0,5	0,5	0,6
Никель	0,05	0,06	0,1	0,15
Кобальт, ртуть	Не устанавливался, в растениях обнаружены следы химических элементов			
Мышьяк	0,02	0,01	0,02	0,02

Таблица 8

Значения коэффициента биологического поглощения по точкам наблюдений,  
2023 г.

Химический элемент	Точка наблюдения (№ скважины)			
	1	2	3	5
Медь	0,8	0,9	0,7	1,1
Никель	0,09	0,08	0,1	0,1
Кобальт, ртуть	Не устанавливался, в растениях обнаружены следы химических элементов			
Мышьяк	0,04	0,07	0,008	0,005

По результатам проведенных расчетов установлено, что химическими элементами слабого накопления и среднего захвата являются медь и никель, остальные элементы можно отнести к элементам слабого захвата.

### **Заключение**

Таким образом, на теле полигона сформировался растительный покров, в котором доминируют рудеральные многолетники. В 2023 г. увеличилось видовое разнообразие и проективное покрытие растительного покрова на 20,95 % по сравнению с 2019 г. Травянистые растения находятся в генеративном онтогенетическом состоянии (цветение и плодоношение). Также произрастают виды растений, размножающиеся вегетативно, что обеспечивает рост проективного покрытия травянистого покрова на теле рекультивированного полигона.

По данным протоколов испытаний почв и растительных проб превышения ПДК тяжелых металлов и мышьяка в почвах в 2021, 2022 и в 2023 г. не выявлено.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Инструкция по проектированию, эксплуатации и рекультивации полигонов для твердых бытовых отходов. М.: Минстрой РФ, 1997. 45с.

2. Артаев О.Н., Башмаков Д.И., Безина О. В. Методы полевых экологических исследований: учеб. Пособие. Саранск: Изд-во Мордов. Ун-та, 2014. 412 с.
3. Полевые методы исследования растений Лукаткин А.С. [и др]. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2004. 160 с.
4. Маевский П.Ф. Флора средней полосы Европейской части России. 10-е изд. М.: Т-во научн. изд. КМК, 2006. 600 с.
5. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды металлами. М.: Гидрометеоздат, 1981. 109 с.
6. Семендяева Н.В., Мармулев А.Н., Добротворская Н.И. Методы исследования почв и почвенного покрова: учеб. пособие. Новосибирск: Изд-во НГАУ, 2011. 202 с.
7. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве: Гигиенические нормативы. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. 15 с.

Поступила в редакцию: 17.03.2024

***Сведения об авторе***

*Борисова Елена Анатольевна*

к.б.н., доцент кафедры инженерной защиты окружающей среды, Институт гражданской защиты, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Удмуртский государственный университет», 426034, ул. Университетская, 1/4, г. Ижевск, Россия.

E-mail [e\\_borisova75@mail.ru](mailto:e_borisova75@mail.ru)

*E.A. Borisova*

## **DYNAMICS OF DATA ON MONITORING THE VEGETATION COVER CONDITION OF THE RECULTIVATED LANDFILL OF SOLID MUNICIPAL WASTES**

**Annotation.** One of the most hazardous components in waste processing is leachate, which includes nitrate and nitrite ions, as well as many heavy metals. Studies of numerous landfills have shown that leachate infiltrating into waste deposition sites contains biologically harmful organic substances, various forms of nitrogen, heavy metal ions, sulfur compounds, and pathogenic microorganisms in concentrations exceeding the maximum permissible limits. The introduction of effective measures to control the state of wildlife components in places of solid urban waste disposal and reduce the negative impact on the environment is the most urgent problem for the Udmurt Republic. In this paper, the state of vegetation and plant community is evaluated; in addition, the degree of toxicity at the biological stage of landfills and the process of soil cover restoration are considered to be established.

**Keywords:** municipal waste, landfill reclamation, monitoring, pollutant, vegetation cover, geobotany, pathogenic microorganisms.

*For citation:* Borisova E.A. [Dynamics of data on monitoring the vegetation cover condition of the recultivated landfill of solid municipal wastes] *Upravlenie tekhnosferoi*, 2024, vol. 7, issue 2. (In Russ.). Available at: <https://technosphere-ing.ru/> pp. 207–219. DOI: 10.34828/UdSU.2024.77.49.004

## **REFERENCES**

1. *Instruktsiya po proektirovaniyu, ekspluatatsii i rekul'tivatsii poligonov dlya tverdykh bytovykh otkhodov.* [Instructions for the design, operation and reclamation of landfills for solid household waste]. Moscow: Ministry of Construction of the Russian Federation, 1997, 45 p. (In Russ.).
2. Artaev O.N., Bashmakov D.I., Bezina O.V. *Metody polevykh ekologicheskikh issledovaniy* [Methods of field environmental research]: textbook. Saransk: Izd-vo Mordov. un-ta. Unita, 2014, 412 p. (In Russ.).
3. Lukatkin A.S. [et al.]. *Polevye metody issledovaniya rasteniy* [Field methods of plant research] Saransk: Izd-vo Mordov. un-ta, 2004, 160 p. (In Russ.).
4. Maevskii P.F. *Flora srednei polosy Evropeiskoi chasti Rossii. 10-e izd.* [*Flora of the middle zone of the European part of Russia. 10th ed.*]. Moscow: T-vo nauchn. izd. KMK, 2006, 600 p. (In Russ.).
5. *Metodicheskie rekomendatsii po provedeniyu polevykh i laboratornykh issledovaniy pochv i rasteniy pri kontrole zagryazneniya okruzhayushchei sredy metallami.* [Methodological

- recommendations for conducting field and laboratory studies of soils and plants in the control of environmental pollution by metals]. Moscow: Hydrometeoizdat, 1981, 109 p. (In Russ.).
6. Semendyaeva N.V., Marmulev A.N., Dobrotvorskaya N.I. *Metody issledovaniya pochv i pochvennogo pokrova: ucheb. posobie*. [Methods of soil and soil cover research: textbook]. Novosibirsk: Publ., NGAU, 2011, 202 p. (In Russ.).
  7. GN 2.1.7.2041-06. *Predel'no dopustimye kontsentratsii (PDK) khimicheskikh veshchestv v pochve: Gigienicheskie normativy*. [Maximum permissible concentrations (MPC) of chemicals in the soil: Hygienic standards]. Moscow: Federal'nyi tsentr gigieny i epidemiologii Rospotrebnadzora, 2006, 15 p. (In Russ.).

Received: 17.03.2024

### ***About the Author***

*Borisova Elena Anatolyevna*

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Department of environmental engineering, Institute of civil protection, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Udmurt state University", 426034, Universitetskaya str., 1/4, Izhevsk, Russia.

E-mail: [e\\_borisova75@mail.ru](mailto:e_borisova75@mail.ru)