

Дмитриев В.В.¹, Огурцов А.Н.², Русаков А.В.³,
Машкин Ю.Л.⁴, Петров И.М.⁵

ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА НА УЧАСТКЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВТОРОЙ ОЧЕРЕДИ ПОЛИГОНА ТБО ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА

АННОТАЦИЯ

Загрязнение почвы, вызванное захоронением твердых бытовых отходов (ТБО), вызывает беспокойство во многих странах, поскольку значительное количество отходов все еще утилизируется на полигонах. Многие исследования показали, что в основной перечень загрязнителей почвы от полигонов входят тяжелые металлы. Поэтому важной экологической проблемой, связанной с местами захоронения твердых бытовых отходов, является загрязнение почвы тяжелыми металлами.

Целью исследования являлись анализ и оценка состояния окружающей среды при решении инженерно-экологических задач на участке проектирования второй очереди полигона твердых бытовых отходов г. Великого Новгорода. В состав задач входило изучение загрязнения почвенного покрова тяжелыми металлами (ТМ). В контур исследования загрязнения почв была включена площадка, выделенная для размещения второй очереди полигона ТБО и прилегающие к ней лесные кварталы Новгородского лесничества.

Проанализированные данные были интегрированы в среду Surfer для построения интерполяционных моделей. На интерполяционных моделях проведен анализ особенностей пространственного распределения ТМ.

Проведенные исследования не выявили заметного влияния действующей свалки на уровень загрязнения почв тяжелыми металлами. Особенностью пространственного распределения ТМ являлись их низкие значения K_c ($K_c < 1$) или значения K_c , близкие к фоновым ($K_c = 1$). Лишь на отдельном участке в северной части полигона отмечается накопление Cd. Ареал накопления кадмия совпадает с локальным понижением в этой части полигона. Здесь фоновые значения превышены в 1,5–2 раза. В группу с наиболее низкими концентрациями ($K_c < 0,5$) входят Pb и Co.

Полученные результаты будут использованы для оценки устойчивости почв к загрязнению ТМ.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: полигон ТБО, загрязнение почвы, тяжелые металлы, коэффициенты концентраций, оценка, ГИС.

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле СПбГУ, 10-линия 33–35, 199178, Санкт-Петербург, ВО, Россия, *e-mail*: vasiliy-dmitriev@rambler.ru

² Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле СПбГУ, 10-линия 33–35, 199178, Санкт-Петербург, ВО, Россия, *e-mail*: aogurcov@yandex.ru

³ Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле СПбГУ, 10-линия 33–35, 199178, Санкт-Петербург, ВО, Россия, *e-mail*: a.rusakov@spbu.ru

⁴ Центр экологического проектирования, инжиниринга и инноваций (ООО «ЦЭПИИ»), Малоохтинский пр-т, д. 68, 195112, Санкт-Петербург, Россия, *e-mail*: eco@ceprii.ru

⁵ Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле СПбГУ, 10-линия 33–35, 199178, Санкт-Петербург, ВО, Россия, *e-mail*: ilyalovesalo@gmail.com

Vasily V. Dmitriev¹, Alexander N. Ogurtsov², Aleksey V. Rusakov³,
Yuri L. Mashkin⁴, Ilya M. Petrov⁵

FEATURES OF THE SPATIAL STRUCTURE OF SOIL CONTAMINATION BY HEAVY METALS AT THE SITE DESIGN OF THE SECOND STAGE OF MSW LANDFILL OF GREAT NOVGOROD'S

ABSTRACT

Soil contamination caused by municipal solid waste (MSW) landfills has been a concern in many countries since a significant amount of waste is still disposed of in landfills. Many studies have shown that the main list of soil pollutants from landfills include heavy metals. Therefore, important environmental problem associated with the disposal sites of municipal solid waste is soil contamination with heavy metals.

The aim of the study was to analyze and assess the state of the environment when solving engineering and environmental problems at the site of designing the second stage of the municipal solid waste in Great Novgorod. The tasks included studying the contamination of the soil cover with heavy metals (HM). In the contour of soil contamination research, a site was allocated for placing the second stage of the solid domestic waste landfill and adjacent forest districts of the Novgorod forestry.

The analyzed data were integrated into Surfer environment to construct interpolation models. On interpolation models the analysis of features of spatial distribution of HM was carried out.

The conducted studies did not reveal a significant effect of the existing landfill on the level of soil contamination with heavy metals. A feature of the spatial distribution of TMs was their low values of K_c ($K_c < 1$) or the values of K_c near to the background values ($K_c = 1$). Only in a separate section in the northern part of the test site is the accumulation of Cd. The area of cadmium accumulation coincides with the local decrease in this part of the polygon. Here background values are exceeded by 1.5–2 times. The group with the lowest concentrations ($K_c < 0.5$) includes Pb and Co.

The results obtained will be used to assess the stability of soils to contaminate HM.

KEYWORDS: landfill, soil contamination, heavy metals, concentration coefficients, assessment, GIS.

ВВЕДЕНИЕ

В сфере управления муниципальными твердыми отходами (ТБО), наряду с поиском эффективных способов переработки ТБО, остро стоят вопросы по утилизации бытового мусора. Как указано в работе [Cuartasetal., 2018], значительное количество отходов в странах Европейского Союза (ЕС) и США все еще утилизируется на полигонах. На территории Российской

¹ Saint Petersburg State University, Institute of Earth Sciences, 10-line 33–35, 199178, St. Petersburg, VO, Russia, e-mail: vasiliy-dmitriev@rambler.ru

² Saint Petersburg State University, Institute of Earth Sciences, 10-line 33–35, 199178, St. Petersburg, VO, Russia, e-mail: aogurcov@yandex.ru

³ Saint Petersburg State University, Institute of Earth Sciences, 10-line 33–35, 199178, St. Petersburg, VO, Russia, e-mail: aogurcov@yandex.ru

⁴ Center for environmental design, engineering and innovations Ltd. ("CEDEI" Ltd.), Malokhtinsky avenue 68, 195112, St. Petersburg, Russia, e-mail: eco@cepii.ru

⁵ Saint Petersburg State University, Institute of Earth Sciences, 10-line 33–35, 199178, St. Petersburg, VO, Russia, e-mail: ilyalovesalo@gmail.com

Федерации также основным способом утилизации ТБО было и остается в настоящее время их захоронение на полигонах (свалках). В связи с ростом населения и увеличением объемов накопления ТБО мощностей существующих полигонов зачастую не хватает. В связи с этим во многих регионах остро стоит задача по выбору и обоснованию местоположения площадок складирования с учетом экологического состояния и устойчивости отчуждаемых земель. В частности, к настоящему времени исчерпаны мощности полигона ТБО Великого Новгорода (первая очередь). По данным управления Росприроднадзора по Новгородской области превышение технико-экономических показателей этого техногенного объекта составляет: по площади участка складирования ТБО – 12,6 %, по вместимости полигона – 21 %, и по максимальной высоте складирования ТБО – 11 %. Это обусловило проведение работ по проектированию строительства второй очереди полигона. Обязательным условием на всех этапах строительства и иной хозяйственной деятельности согласно СНиП 11-02-96 и СП 11-102-97, является проведение инженерно-экологических изысканий и научно-исследовательских работ (НИР) для оценки современной экологической обстановки на территории строительства и получение прогноза возможных изменений окружающей природной среды.

Целью проведенной НИР являлись анализ и оценка состояния окружающей среды при решении инженерно-экологических задач на участке проектирования второй очереди полигона твердых бытовых отходов Великого Новгорода. В одну из задач НИР входило изучение загрязнения почвенного покрова тяжелыми металлами (ТМ). В контур исследования загрязнения почв площадью 16 га была включена площадка, выделенная для размещения второй очереди полигона ТБО, и прилегающие к ней лесные кварталы Новгородского лесничества.

Данная территория примыкает к северной периферии функционирующей площадки первой очереди полигона ТБО, она прошла инженерную подготовку в процессе организации полигона во второй половине 1980-х гг. Это нашло свое отражение в структуре и в составе растительности, которая представлена, в основном, порослью мелколиственных пород (береза, осина, ольха) с включением ели. Контраст растительного покрова полигона с растительностью прилегающих лесных кварталов хорошо прослеживается на космическом снимке (рис. 1).



Рис. 1. Участок размещения площадки второй очереди полигона ТБО
Fig. 1. Site for placing the area of the second stage of the landfill

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В ходе проведения полевого обследования территории полигона было заложено 16 почвенных разрезов с GPS-привязкой, проведено морфологическое описание почв и фотографирование почвенных профилей и ландшафтов, определено их классификационное положение. Разрезы закладывались в характерных местах, чтобы выявить: во-первых, почвенное разнообразие в пределах территории полигона; во-вторых, – состав почвообразующих пород; в-третьих, – степень антропогенной нарушенности почв (рис. 2).

Некоторые разрезы закладывались вне территории полигона, в непосредственной близости к нему (30–50 м), с целью охарактеризовать почвы коренных биогеноценозов (фоновые почвы).

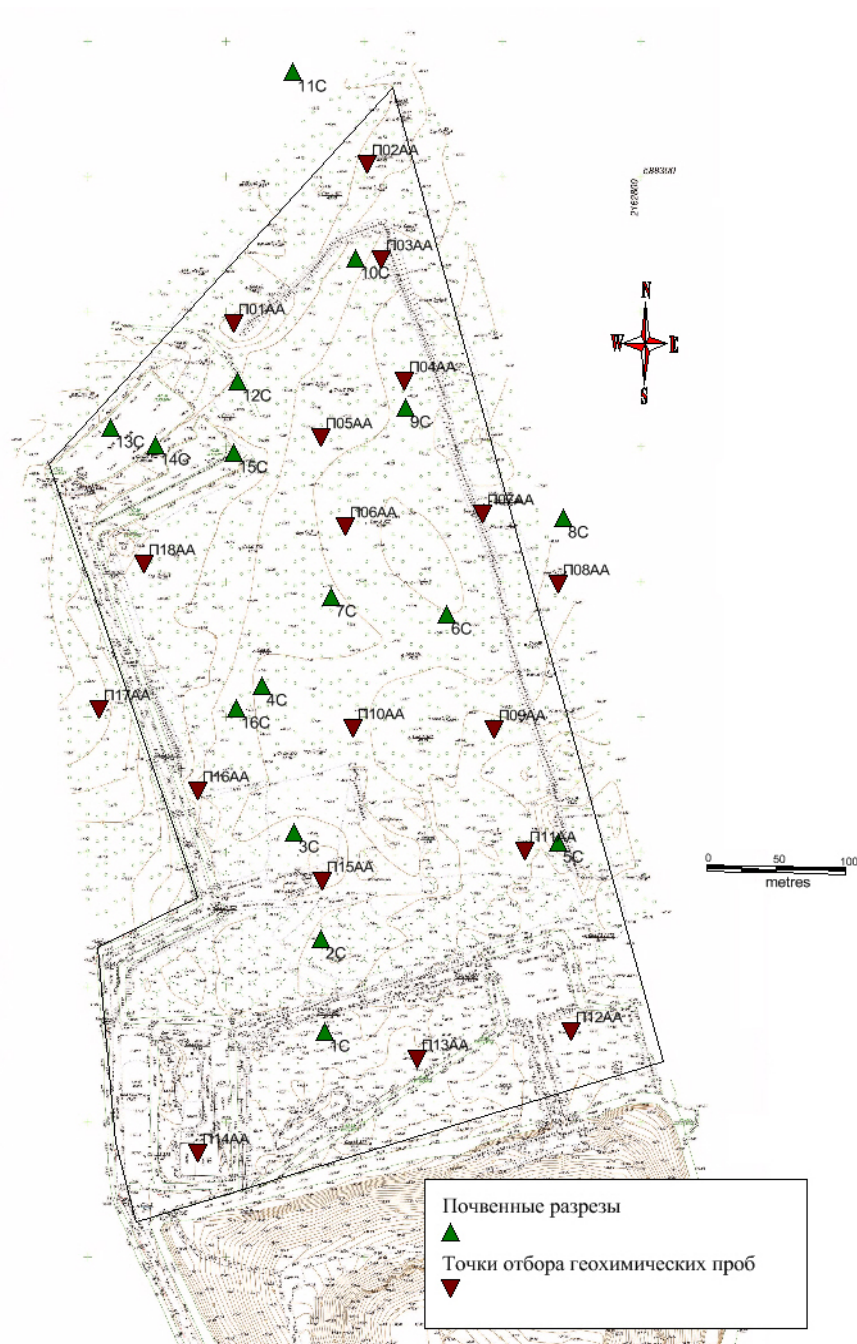


Рис. 2. Схема отбора проб почвы и почвенных разрезов
Fig. 2. Scheme of soil sampling and soil sections

Отбор проб почв для физико-химических анализов проводился компанией EcoStandard group в соответствии с ГОСТ 17.4.3.01-83, ГОСТ 17.4.4.02-84 и РД 39-0147098-015-90 на наиболее типичных участках ландшафтов с однородным растительным и почвенным покровом. Пробы почв для химического анализа были отобраны из 18 точек наблюдений, равномерно распределенных по территории проектируемого полигона ТБО, две из которых расположены за пределами этого участка (см. рис. 2).

Для химического анализа отбирались объединенные пробы почво-грунтов с пробных площадок размером 5×5 м.

Учитывая, что пробы почв были предназначены и для определения валового содержания тяжелых металлов, отобранный керн препарировали пластмассовым шпателем. Пробы почв помещались в маркированные полиэтиленовые пакеты.

Химический анализ почвенных проб на содержание валовых форм тяжелых металлов проводился на базе лаборатории химического анализа национального исследовательского центра «Курчатовский институт» методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой (ICP-AES), атомно-абсорбционной спектроскопии (ААС) «холодного пара» (Hg).

Химическое загрязнение почв оценивалось по коэффициентам концентраций ТМ (K_c) и суммарному показателю химического загрязнения Z_c по формулам:

$$K_c = C_i / C_{фон};$$
$$Z_c = K_{c_1} + \dots + K_{c_i} + \dots + K_{c_n} - (n-1),$$

где C_i – фактическое содержание элемента; $C_{фон}$ – геохимический фон; K_{c_i} – коэффициент концентрации i -го ТМ, n – число определяемых компонентов.

Коэффициенты концентраций отдельных загрязнителей определялись как кратность превышения содержания данного ТМ над его фоновым значением. В качестве фоновых значений принимались средние концентрации микроэлементов в почвах Северо-Запада России [Гагарина и др., 1995]. Необходимо отметить, что для Лужско-Шелонского почвенного округа, к которому относятся исследуемые почвы, характерны незначительно повышенные или близкие к фону значения концентраций микроэлементов $0,94 < K_c < 1,59$.

Анализ пространственной структуры загрязнения ТМ проводился на интерполяционных цифровых моделях программными средствами Surfer 10. Задача пространственной интерполяции коэффициентов концентраций ТМ решалась на основе метода «Kriging».

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно почвенно-географическому районированию России [Добровольский, Урусевская, 2004], район исследования приурочен к северной окраине Прибалтийской провинции дерново-подзолистых слабогумусированных и болотно-подзолистых почв. Провинция представляет собой равнину, покрытую толщей ледниковых и водно-ледниковых наносов, относящихся к последнему неоплейстоценовому валдайскому (осташковскому) оледенению. Поверхность характеризуется относительной молодостью и хорошей сохранностью ледниковых форм рельефа.

По почвенно-литолого-геоморфологическому районированию Северо-Запада России [Гагарина и др., 1995] обследованная территория расположена в северо-восточной части полуболотно-дерново-карбонатно-подзолистого суглинистого моренно-равнинного Лужско-Шелонского округа. Данный округ занимает юго-восточную часть Ленинградской и западную часть Новгородской области. Территория округа представляет собой водораздельную равнину, слабо понижающуюся как в сторону р. Волхов и оз. Ильмень, так и к долине р. Луга.

Почвообразующие породы в пределах изученной территории не отличаются разнообразием и представлены бескарбонатными моренными суглинками (мореной).

Моренные отложения последнего неоплейстоценового (валдайского, или ошашковского) оледенения обогащены грубообломочным материалом: щебнем, валунами, дресвой и неоднородны по гранулометрическому составу. Морена, как правило, бескарбонатная, буровато-красного цвета, глыбистая, плотная, слабозавалуненная. В ряде случаев на поверхности полигона встречались довольно крупные (в диаметре до 1,0–1,5 м) валуны. В составе морен валуны и щебень состоят из гранита и его контактных разностей, обломки кристаллических пород часто сильно выветрены. По гранулометрическому составу преобладают средне- и тяжелосуглинистые разности. Повышенное содержание тонкодисперсных частиц (фракций тонкой пыли и ила) обеспечивает бескарбонатным суглинкам благоприятный питательный режим, высокую емкость поглощения. Для морен суглинистого состава характерны высокая плотность сложения (до 1,9 г/см³) и низкая пористость (24–43 %). Водопроницаемость суглинистых морен невелика, от 13 до 90 см/сут. Отсюда вытекают неблагоприятные свойства моренных отложений как почвообразующей породы. Несортированность, большая плотность обуславливают плохую воздухо- и водопроницаемость развитых на них почв. Этот фактор, наряду с плоским рельефом, в условиях гумидного климата подзоны южной тайги определяет проявление оглеения в почвах.

Результаты полевого обследования территории полигона (табл. 1) свидетельствуют о достаточно большом разнообразии почвенного покрова. В пределах исследованного полигона выделены 7 почвенных разновидностей (рис. 3).

Такое педоразнообразие в обследованном районе обусловлено степенью естественного дренажа (глееватые и глеевые почвы), с различной мощностью органогенных и гумусово-аккумулятивных горизонтов, а также степенью антропогенного воздействия на исходный почвенный покров.

Отдел текстурно-дифференцированных почв представлен дерново-неглубоко- и глубокоподзолистыми глееватыми почвами, сформированными на моренных суглинках. Дерново-подзолистые глееватые почвы имеют устойчивые признаки оглеения. К последним относятся ржавые пятна и прожилки в гумусово-аккумулятивном и подзолистом горизонтах. Все горизонты, несущие следы оглеения, обогащены сегрегированными в ортштейны железом и марганцем и имеют сизоватый оттенок.

В гранулометрическом составе почти всех горизонтов данных почв преобладают фракции мелкого и среднего песка; содержание пылеватых частиц и илистой фракции, как правило, меньше. Содержание ила постепенно увеличивается с глубиной, максимальное количество ила накапливается в иллювиальном горизонте ВТ. Почвы имеют сильноокислую реакцию (рН аккумулятивно-гумусового и гумусово-элювиального горизонтов 3,6–4,1) и невысокую (6–11 м-экв на 100 г почвы) емкость поглощения. Степень насыщенности основаниями верхних горизонтов низкая. Химические показатели заметно дифференцированы по профилю. Элювиальная часть заметно обеднена химическими элементами.

Отдел глеевых почв объединяет почвы, общей чертой профиля которых является глеевый горизонт, залегающий непосредственно под аккумулятивным органогенным или гумусовым горизонтом. Глеевый горизонт может сменяться глеевой минеральной толщей. Поверхностные аккумуляции органического вещества представлены как грубыми органогенными горизонтами, так и гумусовыми горизонтами почв. Оглеение проявляется в холодных сизых, голубых или зеленоватых тонах окраски и является результатом восстановительной мобилизации железа в условиях периодически застойного переувлажнения.

Таблица 1. Описание почвенных разрезов
Table 1. Description of soil

| № п/п | Разрез | Название почвы | Генетические горизонты* | Мощность горизонта (суммарная мощность горизонтов), см |
|-------|--------|---|---|--|
| 1 | 1С | Артиурбистрат тяжелосуглинистый | Естественный почвенный покров отсутствует | – |
| 2 | 2С | Серогумусовая глееватая маломощная тяжелосуглинистая на моренных суглинках | AYg | 34 |
| 3 | 3С | Темногумусово-глеевая урбистратифицированная маломощная среднесуглинистая на моренных суглинках | AYg1 + AYg 2 | 39 |
| 4 | 4С | Дерново-глубокоподзолистая глееватая среднесуглинистая мелкая на моренных суглинках | O + AYg | 16 |
| 5 | 5С | Темногумусово-глеевая мелкая среднесуглинистая на моренных суглинках | AYg | 16 |
| 6 | 6С | Дерново-глубокоподзолистая глееватая среднесуглинистая мелкая на моренных суглинках | AYg | 17 |
| 7 | 7С | Дерново-неглубокоподзолистая глееватая среднесуглинистая мелкая на моренных суглинках | AYg | 18 |
| 8 | 8С | Дерново-глубокоподзолистая глееватая среднесуглинистая мелкая на моренных суглинках | O + AYg | 19 |
| 9 | 9С | Темногумусово-глеевая мелкая среднесуглинистая на моренных суглинках | AYg | 19 |
| 10 | 10С | Дерново-глубокоподзолистая глееватая среднесуглинистая среднемелкая на моренных суглинках | O + AYg | 21 |
| 11 | 11С | Дерново-глубокоподзолистая глееватая среднесуглинистая среднемелкая на моренных суглинках | O + AYg | 23 |
| 12 | 12С | Дерново-глубокоподзолистая глееватая среднесуглинистая мелкая на моренных суглинках | O + AYg | 18 |
| 13 | 13С | Дерново-глубокоподзолистая глееватая среднесуглинистая мелкая на моренных суглинках | O + AYg | 19 |
| 14 | 14С | Артиурбистрат тяжелосуглинистый | Естественный почвенный покров отсутствует | – |
| 15 | 15С | Дерново-глубокоподзолистая глееватая среднесуглинистая мелкая на моренных суглинках | O + AYg | 19 |
| 16 | 16С | Дерново-глубокоподзолистая глееватая среднесуглинистая мелкая на моренных суглинках | O + AYg | 20 |

Примечание. * Горизонты: AYg (AYg1, AYg2) – серогумусовый глееватый; O – подстилка.

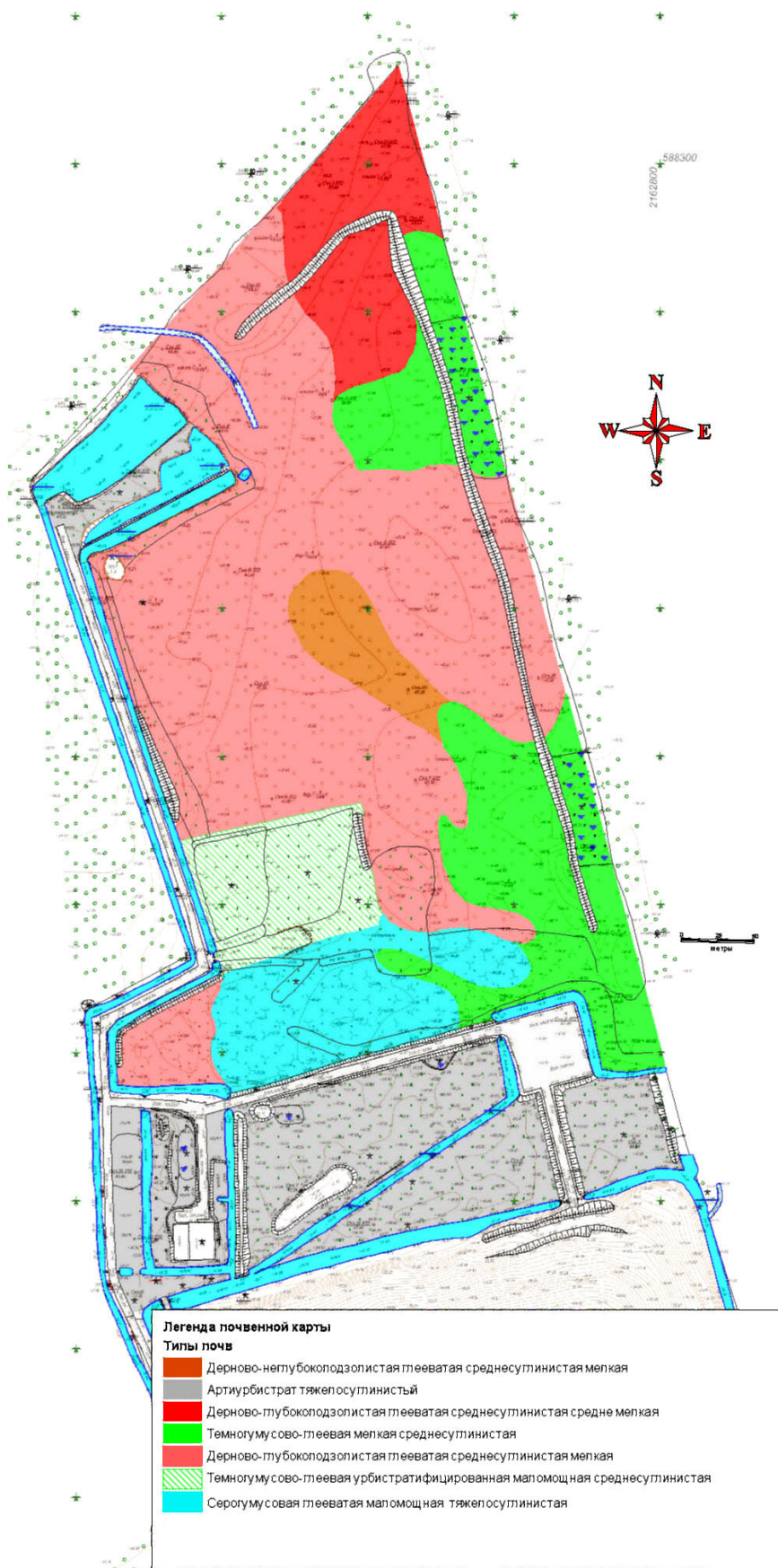


Рис. 3. Почвенный покров полигона исследования
Fig. 3. The soil cover of the study polygon

Для темногумусово-глеевых почв характерен темногумусовый горизонт, мощностью 20–50 см, который имеет темно-серый до черного цвет с сизо-стальным оттенком и творожистую, комковато-творожистую или икряную структуру. Встречаются мелкие ржавые пятна и конкреции. Иногда на поверхности присутствует маломощный слой перегнойного материала. Под темногумусовым горизонтом залегает серовато-сизый глеевый горизонт, верхняя часть которого обычно окрашена гумусом в грязно-бурые тона; горизонт часто имеет ореховато-комковатую структуру с сизо-серыми глинистыми пленками по граням структурных отдельностей. Содержание гумуса колеблется в широких пределах и может достигать 12–15 %. Соотношение фульво- и гуминовых кислот близко к 1,0 или несколько выше. Реакция среды слабокислая или нейтральная, в нижней части профиля может быть слабощелочной. Поглощающий комплекс слабо насыщен или насыщен основаниями.

Для *темногумусово-глеевых урбистратифицированных почв*, выявленных на полигоне, характерно наличие верхнего стратифицированного горизонта, содержащего значительное количество урбо-индустриальных включений (строительно-бытовой мусор, промышленные отходы).

Почвы отдела органо-аккумулятивных почв характеризуются одним ясно выраженным органогенным или гумусовым горизонтом, постепенно сменяющимся малоизмененной почвообразующей породой. Срединный горизонт, как самостоятельное генетическое образование, не выражен: средняя часть профиля не имеет педогенной структурной организации, ясно обозначенных свидетельств суспензионного переноса, иллювиирования органо-минеральных соединений, аккумуляции солей как результата миграции растворов и др.

Серогумусово-глееватые почвы объединяют группу почв с серогумусовым горизонтом, постепенно переходящим в почвообразующую породу. В пределах всего почвенного профиля присутствуют морфологические признаки оглеения в виде ржаво-охристых пятен, разводов. Гумусовый горизонт серого цвета с коричневатым или буроватым оттенком и комковатой, иногда зернисто-комковатой структурой имеет мощность не более полуметра. Профиль не дифференцирован или слабо дифференцирован по гранулометрическому и валовому химическому составам. Реакция почв кислая или слабокислая.

Техногенно-поверхностные образования (ТПО) выделяются по потенциальной способности их материала к последующему хозяйственному использованию и возобновлению почвообразования при поселении растительности. Это могут быть целенаправленно сконструированные почвоподобные тела, а также остаточные продукты хозяйственной деятельности, состоящие из природного и/или специфического новообразованного субстрата. Все эти образования, находясь на поверхности и тем самым функционируя в экосистеме, не являются почвами в докучаевском смысле этого понятия, поскольку в них еще не сформировались генетические горизонты. В этой связи, ТПО не могут быть предметом генетической почвенной классификации.

Группа ТПО, включающая *артифабрикаты*, состоит из искусственного насыпного нетоксичного материала, промышленного и урбаногенного происхождения, залегающего на почве или (чаще всего) на специально подготовленных площадках с полностью или частично нарушенными почвами.

Артиурбистраты представляют собой бытовые отходы городских свалок. Варьирование мощности органогенных и аккумулятивно-гумусовых горизонтов осуществляется в довольно узком пределе (от 39 до 18 см). Средняя мощность органогенных (подстилка) и аккумулятивных горизонтов, составляющих плодородный слой, составляет 21 см.

Геохимическое опробование почво-грунтов на исследуемой территории и их ГИС-анализ не выявили заметного влияния на уровень загрязнения ТМ существующего полигона ТБО. Отличительной геохимической особенностью почвенного покрова являются

низкие концентрации ($K_c < 1$) для большинства ТМ. На уровне ниже фоновых значений находится содержание Zn, Co, Hg, Cu, Ni, Mn, Pb, As. Анализ данных табл. 2 и картограмм (рис. 4) выявил не только низкие коэффициенты концентрации этих химических элементов, но и их незначительную вариабельность по территории особенно свинца, коэффициент концентрации которого изменяется в пределах от 0,20–0,45.

Таблица 2. Коэффициенты концентрации тяжелых металлов
Table 2. Concentration coefficients of heavy metals

| Индекс пробы | Коэффициенты концентрации | | | | | | | | | |
|--------------|---------------------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| | Mn | As | Cu | Zn | Cd | Cr | Pb | Ni | Hg | Co |
| П01АА | 0,6 | 0,6 | 0,06 | 0,56 | 1,12 | 1,09 | 0,3 | 0,43 | 0,25 | 0,4 |
| П02АА | 0,2 | 0,6 | 0,05 | 0,37 | 0,65 | 1,13 | 0,22 | 0,38 | 0,83 | 0,3 |
| П03АА | 0,4 | 0,5 | 0,05 | 0,37 | 2,76 | 0,93 | 0,44 | 0,29 | 0,83 | 0,3 |
| П04АА | 0,1 | 0,6 | 0,03 | 0,22 | 1,35 | 0,82 | 0,23 | 0,26 | 0,25 | 0,1 |
| П05АА | 0,05 | 0,5 | 0,03 | 0,2 | 1,12 | 0,75 | 0,23 | 0,24 | 0,25 | 0,2 |
| П06АА | 0,1 | 0,7 | 0,06 | 0,42 | 0,59 | 1,14 | 0,2 | 0,56 | 0,25 | 0,3 |
| П07АА | 0,1 | 0,5 | 0,07 | 0,49 | 0,71 | 1,34 | 0,23 | 0,66 | 0,25 | 0,4 |
| П08АА | 0,1 | 0,7 | 0,07 | 0,27 | 0,47 | 0,9 | 0,45 | 0,43 | 0,92 | 0,2 |
| П09АА | 0,1 | 0,4 | 0,07 | 0,15 | 0,82 | 0,81 | 0,24 | 0,32 | 1,0 | 0,2 |
| П10АА | 0,1 | 0,6 | 0,06 | 0,28 | 0,35 | 0,82 | 0,3 | 0,35 | 0,83 | 0,2 |
| П11АА | 0,1 | 0,5 | 0,06 | 0,31 | 0,65 | 1,0 | 0,3 | 0,4 | 0,25 | 0,2 |
| П12АА | 0,1 | 0,7 | 0,07 | 0,29 | 0,47 | 1,22 | 0,27 | 0,45 | 0,25 | 0,3 |
| П13АА | 0,1 | 0,3 | 0,07 | 0,29 | 0,29 | 1,04 | 0,4 | 0,43 | 0,83 | 0,2 |
| П14АА | 0,1 | 0,4 | 0,07 | 0,3 | 0,59 | 1,19 | 0,28 | 0,45 | 0,25 | 0,2 |
| П15АА | 0,2 | 0,7 | 0,53 | 0,76 | 0,29 | 0,77 | 0,25 | 0,43 | 0,25 | 0,3 |
| П16АА | 0,1 | 0,4 | 0,17 | 0,53 | 1,24 | 1,41 | 0,37 | 0,57 | 0,83 | 0,3 |
| П17АА | 0,2 | 0,5 | 0,07 | 0,46 | 1 | 1,26 | 0,3 | 0,47 | 0,25 | 0,3 |
| П18АА | 0,3 | 0,7 | 0,08 | 0,51 | 0,88 | 1,28 | 0,39 | 0,54 | 0,25 | 0,4 |
| Минимум | 0,05 | 0,3 | 0,03 | 0,15 | 0,29 | 0,75 | 0,2 | 0,24 | 0,25 | 0,1 |
| Максимум | 0,6 | 0,7 | 0,53 | 0,76 | 2,76 | 1,41 | 0,45 | 0,66 | 1,0 | 0,4 |
| Среднее | 0,17 | 0,5 | 0,09 | 0,38 | 0,85 | 1,05 | 0,3 | 0,43 | 0,49 | 0,3 |

На уровне, близком к фоновому значению, находится содержание Cr. Коэффициент концентрации хрома изменяется от 0,75 до 1,41.

В то же время почвы на исследуемой территории характеризуются повышенным содержанием кадмия, на что указывают значения коэффициента концентрации. Коэффициент концентрации Cd изменяется от 0,29 до 2,76. Наибольшее содержание кадмия выявлено в северной части исследуемой территории. Здесь в дерново-глубокоподзолистой глееватой и среднесуглинистой среднемелкой почве в ареале накопления содержание кадмия превышает фоновые значения более чем в 2,5 раза. На остальной территории концентрация кадмия не превышает фоновое значения или близко к нему.

Суммарный показатель химического загрязнения имеет низкие значения и не превышает числа 2,3. Такое химическое загрязнение почв по суммарному показателю на проектируемой площадке характеризуется как «допустимое» (СанПиН 2.1.7.1287-03), и приурочено к ареалу максимальных значений кадмия. Почвы с таким уровнем загрязнения используются без ограничений, исключая объекты повышенного риска.

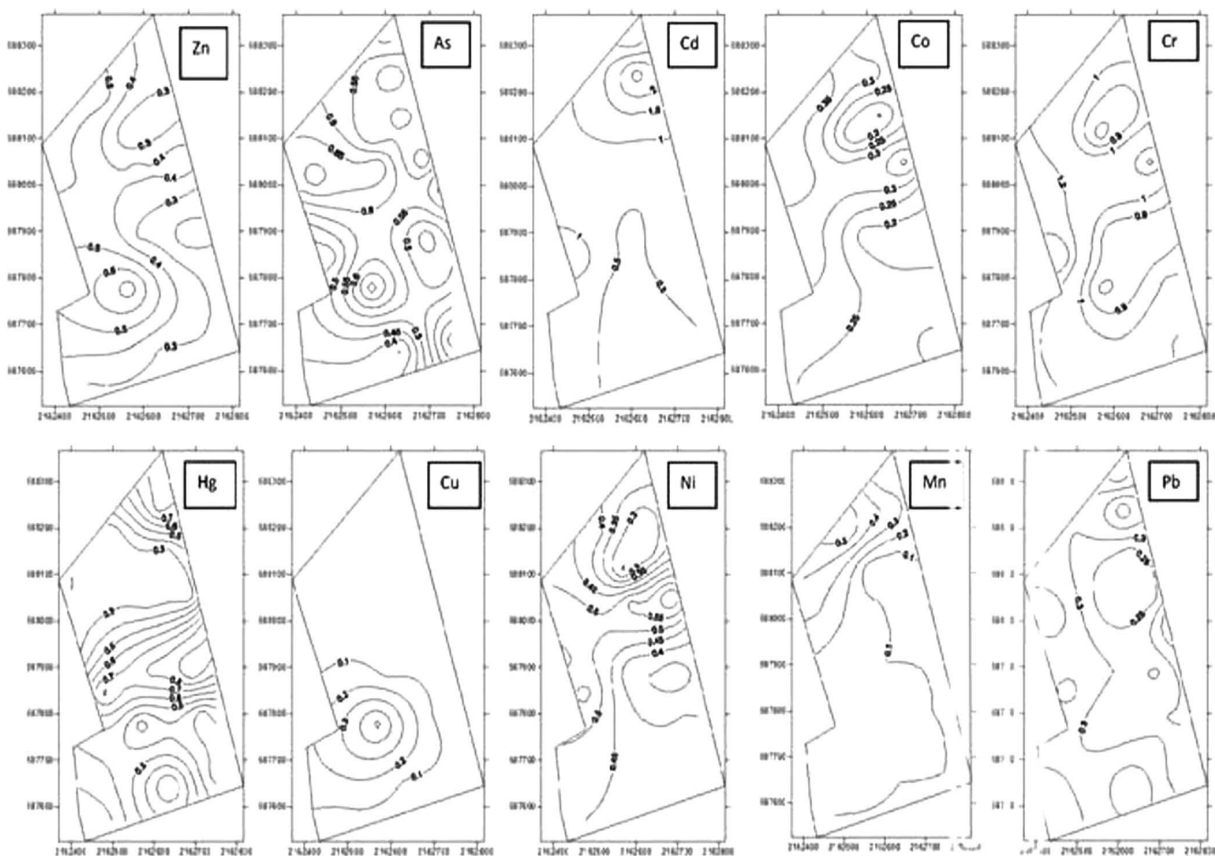


Рис. 4. Пространственное распределение коэффициентов концентраций тяжелых металлов
Fig. 4. Spatial distributions of heavy metal concentration coefficients

ВЫВОДЫ

Проведенные исследования на площадке проектирования второй очереди полигона ТБО не выявили заметного влияния действующей свалки на уровень загрязнения почв тяжелыми металлами. Особенностью пространственного распределения ТМ являлись их низкие значения K_c ($K_c < 1$) или значения K_c , близкие к фоновым ($K_c = 1$). Лишь на отдельном участке в северной части полигона отмечается накопление Cd. Здесь фоновые значения превышены в 1,5–2,5 раза. Ареал накопления кадмия совпадает с локальным понижением в этой части полигона. В группу с наиболее низкими концентрациями ($K_c < 0,5$) входят Pb и Co. Полученные результаты будут использованы для оценки устойчивости почв к загрязнению ТМ.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают признательность Российскому Фонду Фундаментальных Исследований за поддержку исследований по оценке устойчивости в рамках выполнения гранта РФФИ № 16-05-00715-а, а также Институту наук о Земле СПбГУ за помощь в организации работ.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors are grateful to the Russian Foundation of Basic Research for supporting the studies on sustainability assessment within the framework of the RFBR grant No 16-05-00715-a, as well as to the Institute of Earth Sciences of St. Petersburg State University for assistance in organizing the works.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гагарина Э.И., Матинян Н.Н., Счастливая Л.С., Касаткина Г.А. Почвы и почвенный покров Северо-Запада России. СПб.: Изд-во СПбГУ. 1995. 234 с.
2. Добровольский Г.В., Урусевская И.С. География почв. М.: Изд-во МГУ, Изд-во «Колос», 2004. 460 с.
3. Cuartas M., López A., Pérez F., Lobo A. 2018. Analysis of landfill design variables based on scientific computing. Waste Management. 71, 287–300. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.10.043>

REFERENCES

1. Cuartas M., López A., Pérez F., Lobo A. Analysis of landfill design variables based on scientific computing. Waste Management. 2018. V. 71. P. 287–300. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.10.043>.
2. Dobrovolsky G.V., Urusevskaya I.S. Geography of soils. M.: Izd-vo MGU, Izd-vo "Kolos", 2004. 460 p. (in Russian).
3. Gagarina E.I., Matinyan N.N., Schastnaya L.S., Kasatkina G.A. Soils and soil cover of the North-West of Russia. SPb.: Izd. SPbGU, 1995. 234 p. (in Russian).

Замкина И.А.¹, Тесленок С.А.², Тесленок К.С.³

ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ГЕОИНФОРМАЦИОННО-КАРТОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ЛЕСНОЙ ПЛОЩАДИ РЕСПУБЛИКИ МОРДОВИЯ

АННОТАЦИЯ

В статье представлены результаты определения границ водосборных бассейнов рек Мокши и Суры в пределах Республики Мордовия средствами геоинформационных технологий, а также подсчета площадей речных бассейнов и лесов в их пределах, и единиц административного деления путем автоматизированного геоинформационно-картометрического анализа цифровой топографической карты масштаба 1 : 200 000.

Согласно полученным уточненным данным, бассейны названных рек были распределены на территории региона следующим образом: 54,1 % территории отнесены к бассейну р. Мокши, а 45,9 % – к бассейну р. Суры. В абсолютных значениях это составило, соответственно, 14 156 и 12 009 км².

Кроме того, получены и проанализированы уточненные данные по лесистости водосборных бассейнов рек Мокши и Суры (40,85 и 20,76 % соответственно), а также каждой административной единицы (изменяющиеся от 5,9 % для Ромодановского района до 67,7 % – для Zubovo-Полянского) и республики в целом (31,6 %).

Анализ этих данных показал, что лесопокрытая площадь, полученная по картографическим материалам в результате картометрических работ, превышает официальную площадь лесного фонда как в подавляющем большинстве административных единиц (прирост изменяется от 0,9 до 13,9 %), так и в целом по республике (4,6 %).

Увеличение лесопокрытой площади может быть объяснено забрасыванием и неиспользованием земель сельскохозяйственного назначения, зарастающих в настоящее время молодым лесом. Отмеченное незначительное уменьшение площади лесов в пределах небольшой части территории связывается с вырубками леса и последствиями пожаров (преимущественно в 2010 г.).

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: геоинформационные системы, геоинформационно-картометрический анализ, площадь, облесенность территории, речной бассейн.

¹ Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарева, ул. Большевикская, 68, 430005, Саранск, Республика Мордовия, Россия, *e-mail*: vandaeva94@mail.ru

² Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарева, ул. Большевикская, 68, 430005, Саранск, Республика Мордовия, Россия, *e-mail*: teslserg@mail.ru.

³ Общество с ограниченной ответственностью «Сурская горно-геологическая компания», ул. Ст. Разина, д. 17а, 430011, Саранск, Республика Мордовия, Россия, *e-mail*: kirilltesl@mail.ru