

УДК 504.53.052

Е. А. Старостин, И. А. Кирпичев, О. А. Макаров

Оценка экологического состояния почв в районе ТКО «Непейно» (Дмитровский городской округ, Московская область)

Представлены результаты исследования загрязнения почв в районе полигона твердых коммунальных отходов «Непейно». По результатам исследования, проведённого впервые в пределах данной территории на наличие в почвах тяжёлых металлов, было выяснено, что концентрации загрязняющих веществ крайне малы и не превышают ПДК, а рассчитанный индекс Z_c (суммарный показатель загрязнения) говорит о наличии незагрязнённых почв.

Ключевые слова: полигон отходов, загрязнение, экологическое состояние почв, тяжёлые металлы

Об авторах

Старостин Евгений Андреевич – студент 2-го курса магистратуры кафедры экологии и наук о Земле государственного университета «Дубна». *E-mail:* starostinudjin1@mail.ru. 141980. Московская обл., г. Дубна, ул. Университетская, 19.

Кирпичев Илья Анатольевич – студент 1-го курса аспирантуры кафедры экологии и наук о Земле государственного университета «Дубна».

Макаров Олег Анатольевич – доктор биологических наук, профессор кафедры земельных ресурсов и оценки почв МГУ имени М.В. Ломоносова.

Дмитровский городской округ – один из крупнейших районов Московской области с населением около 165 тысяч человек. Протяжённость с севера на юг – около 70 км, с запада на восток – 40 км. Граничит с Сергиево-Посадским городским округом, городскими округами Пушкино, Солнечногорск, Талдом, Клин и Мытищи Московской области [11]. Долгое время изучаемый полигон был единственной точкой сбора отходов с территории района, однако в декабре 2019 года он был закрыт. Территориально полигон расположен в границах городского округа Дмитров на южной окраине д. Непейно и в 2,5 км на восток от села Орудьево. Рельеф территории холмистый, обусловлен расположением в моренной равнине Клинско-Дмитровской гряды. Изначально полигон был организован в отработанном песчаном карьере и просуществовал более 50 лет в режиме постоянной эксплуатации.

Целью работы является оценка экологического и геохимического состояния почв в зоне воздействия полигона твердых коммунальных отходов «Непейно». Работа является актуальной, ведь исследования почв в данном районе проводятся впервые.

Исследования состояния почв в последние десятилетия проводятся достаточно часто,

особенное внимание обращено к проблемам почв на территориях полигонов отходов [7]. Такие места содержат большое количество загрязняющих веществ и пагубно влияют на состояние окружающей природной среды. Исследования подобного типа позволяют решить проблемы захоронения и размещения отходов на специализированных территориях и имеют научно-прикладной характер. Проблемой большинства полигонов ТКО является несоответствие времени их эксплуатации на практике с указанным в нормативных документах. Все так же актуален вопрос создания «идеального» полигона, который явился бы решением проблемы рационального использования ресурсов и позволил бы снизить нагрузку на территории. Для определения сложившейся экологической ситуации служит количественный химический анализ почвенного покрова территории. Одним из наиболее актуальных и важных направлений эколого-почвенных исследований в зоне влияния полигонов захоронения отходов, на наш взгляд, является мониторинг загрязнения почв тяжёлыми металлами (ТМ).

Работа выполняется под научным руководством доктора биологических наук, профессора кафедры земельных ресурсов и оценки почв МГУ имени М.В. Ломоносова, Макарова Олега Анатольевича.

Методика исследований

Пробоотбор осуществлялся с заранее выбранных площадок, равномерно распределённых по исследуемой территории в зоне влияния полигона ТКО «Непейно». Точки отбора проб располагаются в 10, 50, 150, 300 и 500 метрах от центра полигона ТКО и простираются в четырех направлениях. Отбор проб производился из верхнего горизонта почв с глубины 0–20 см, в соответствии с требованиями нормативов [5]. Размеры площадок опробования методом конверта составляли 5×5 м, вес объединённой пробы составлял в среднем 1 кг.

Лабораторные исследования проводились различными методами. Потенциометрическим методом определены значения водородного показателя (рН) на рН-метре ЭКСПЕРТ-рН-001-3. Значения органического углерода (%) в почве были определены мокрым сжиганием по методу Тюрина, окислением углерода перегной почвы избытком бихромата калия с дальнейшим титрованием хромовой кислоты. Запасы фосфатов в почвах оценены по методу Кирсанова извлечением фосфатов из почв 0,2 н. HCl. Валовое содержание тяжёлых металлов определялось методом пламенной атомно-абсорбционной спектроскопии на спектрофотометре «Квант-2А». Для статистической достоверности все измерения проводились в двукратной повторности.

Характеристика объекта исследования

В геоморфологическом отношении исследуемая территория входит в состав Клинско-Дмитровской зоны, расположенной на северо-востоке Московской области. По степени преобразования естественных природных ландшафтов эта территория относится к природно-техногенной со средней степенью восстановления ресурсного потенциала [6]. На большей части территории преобладают ландшафты с глубиной преобразования до 5 метров.

Ландшафты Дмитровского района приурочены к Смоленско-Московской моренно-эрозионной возвышенности, имеющей крутой

северный склон (до 80 м), рельеф слабоволнистый с небольшими пологими возвышенностями [12]. Гидрогеологическая характеристика в районе полигона: водоносный комплекс представлен волжско-альбским терригенным горизонтом; литологический состав представляет из себя переслаивание песков, глин, алевролитов. Преобладающим типом почв в окрестностях полигона являются болотные и супесчаные дерново-подзолистые почвы. Преобладающими в году являются ветры юго-западного сектора (З, ЮЗ, Ю), повторяемость их составляет 60%. Эти же ветры обладают наибольшей скоростью, особенно в зимний период. Наименьшей повторяемостью обладают ветры СВ направления (4%). В месяц может отмечаться до 14 случаев штиля.

Полигон ТКО «Непейно» эксплуатировался с 1969 г., на некоторое время закрывался как нерентабельный и оставался в качестве резервного. Затем деятельность на полигоне была возобновлена. Захоронение отходов на полигоне осуществляется картовым методом с послойной изоляцией грунтом. Проектная мощность полигона 1450 тыс. тонн, Министерством экологии и природопользования Московской области установлена мощность 260 тыс. тонн/год, в момент написания статьи полигон полностью выработал свой ресурс и является официально закрытым.

Для размещения отходов на полигоне ТБО «Непейно» получена лицензия на осуществление деятельности по сбору, транспортированию, обезвреживанию и размещению отходов IV класса опасности № 050 143 от 08.02.2018 г., выданная Министерством экологии и природопользования Московской области [6].

Потенциальными неорганизованными источниками загрязнения служат выбросы газообразных веществ от свалочного тела и сезонного периодического возгорания несортированных отходов.

С востока, юга и запада к полигону прилегают земли Дмитровского и Орудьевского лесничеств, с севера – бывшие земли сельскохозяйственного назначения (рис. 1).

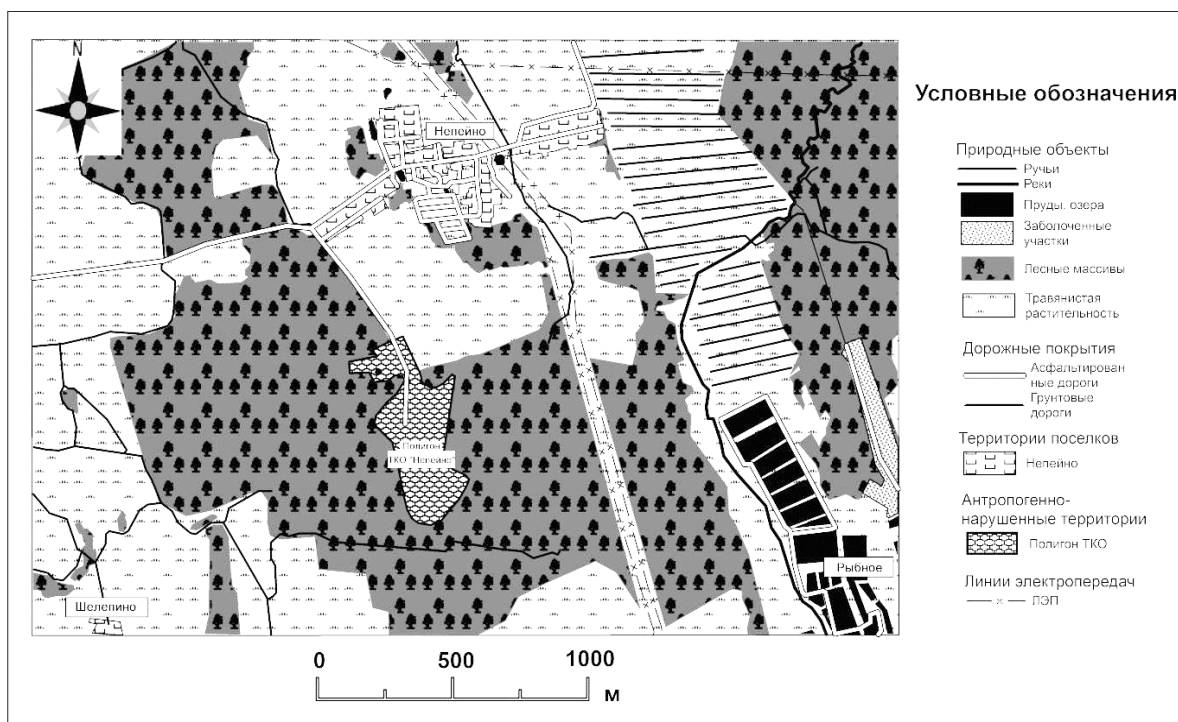


Рис. 1. Схема расположения полигона ТКО «Непейно»

Результаты исследований

В пределах зоны влияния объекта отобрано 20 почвенных проб, в которых исследованы содержание гумуса, pH, запасы фосфатов, валовое содержание форм тяжёлых металлов – Pb, Zn, Cu, Cd, Ni.

Значения pH водной вытяжки в почвах колеблются от 4,54 до 6,34 единиц. Кислая среда ($4,5 < \text{pH} < 5,5$) отмечается в 80% почвенных образцов; слабокислая среда ($5,5 < \text{pH} < 6,5$) – в 20% случаев. Значения pH солевой вытяжки в почвах составляют от 3,16 до 5,37 единицы. Сильнокислая среда ($\text{pH} < 4$) отмечается в 70% почвенных образцов; сильноокислая среда ($4,1 < \text{pH} < 4,5$) – в 25% случаев; среднекислая среда ($4,6 < \text{pH} < 5,0$) – в 5% случаев. Пространственное распределение водородного показателя почв следующее: большей части почв присуща кислая среда; северная часть исследуемой территории характеризуется слабокислой средой.

Средние концентрации фосфатов (P_2O_5 , мг/100 г) в исследуемых почвах варьируют от

0,058 мг/100 г до 0,402 мг/100 г, что говорит об очень низкой (<3 мг/100 г) обеспеченности исследуемых почв фосфатами.

Содержание гумуса в почвах составляет от 0,12 до 8,06%. При этом для 20% проб характерны значения до 1%, для 35% проб – до 2%, для 30% – до 3%, а для 15% проб характерны значения от 3 до 8%. Это по большей части говорит о неплодородных подзолистых почвах с преобладанием в составе песков и супесей (рис. 2).

На участках, прилегающих к территории полигона, были проведены исследования на загрязнение почв тяжёлыми металлами (ТМ). При анализе отобранных проб почв превышений предельно-допустимых концентраций (ПДК) не выявлено. Пространственные особенности распределения в почвах значений валового содержания исследованных ТМ в зоне влияния полигона рассмотрены ниже. Расчётные значения показателей ТМ в почве представлены в табл 1.

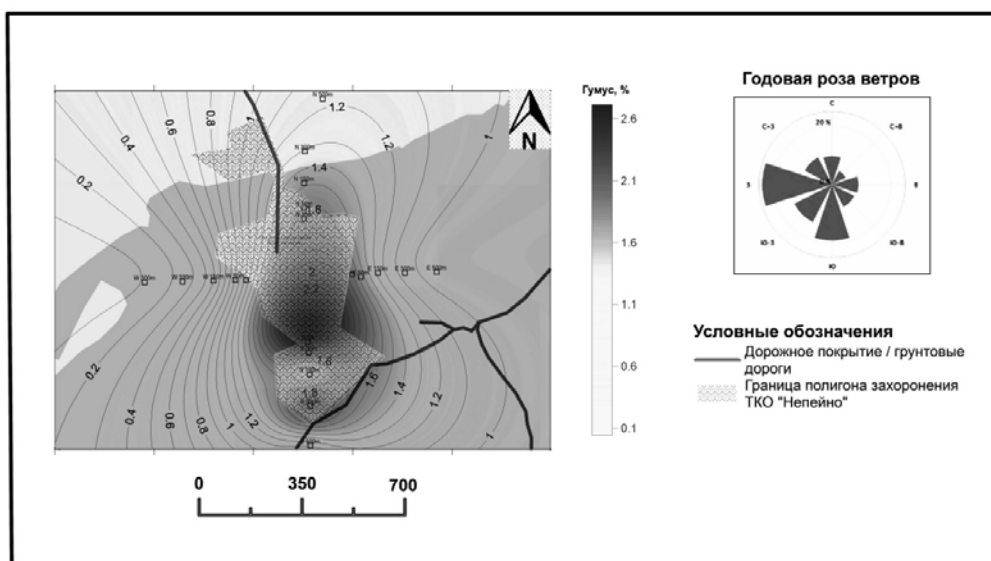


Рис. 2. Схема значений содержания гумуса в почве

Таблица 1. Расчётные значения показателей ТМ в почве

Точка отбора проб	Концентрация тяжелых металлов				
	Pb, мг/кг	Zn, мг/кг	Cu, мг/кг	Cd, мг/кг	Ni, мг/кг
Юг 5 м	7,55	7,16	1,77	0,13	1,20
Юг 50 м	1,34	2,93	1,22	0,19	3,79
Юг 150 м	3,24	2,52	0,25	0,17	1,10
Юг 300 м	3,54	2,88	0,97	0,03	2,00
Юг 500 м	1,60	1,10	0,60	0,11	1,96
Запад 10м	2,05	2,37	0,60	0,02	1,04
Запад 50м	2,13	5,96	1,14	0,15	3,32
Запад 150м	3,24	2,52	0,25	0,17	1,10
Запад 300м	2,98	2,63	0,83	0,12	2,19
Запад 500м	1,32	1,40	0,51	0,11	1,68
Север 10м	6,96	6,15	2,11	0,12	2,34
Север 50м	5,97	8,39	1,54	0,13	2,58
Север 150м	1,18	8,11	0,65	0,09	1,97
Север 300м	3,74	13,50	4,76	0,14	4,52
Север 500м	4,03	17,98	4,22	0,16	8,91
Восток 10м	2,36	1,73	0,94	0,19	1,31
Восток 50м	3,44	2,56	0,45	0,03	3,02
Восток 150м	1,19	2,13	1,12	0,13	2,66
Восток 300м	5,12	3,51	1,67	0,12	2,01
Восток 500м	5,21	3,29	1,87	0,14	1,98

Свинец. Валовое содержание составляет 1,19–7,55 мг/кг. Всю область исследуемой территории занимают почвы со значениями концентрации ниже предельно допустимых значений. Максимальные значения концентраций наблюдаются в непосредственной близости к полигону ТКО (ПДК составляет 32 мг/кг).

Цинк. Валовое содержание составляет 1,10–17,98 мг/кг. Данные концентрации также не превышают ПДК(ОДК). Зоны с максимальными значениями концентрации расположены в северной части исследуемой территории на самой её границе (ПДК составляет 23 мг/кг).

Медь. Валовое содержание составляет 0,25–4,76 мг/кг. Концентрации металла не

превышают допустимые. Пространственное распределение идентично с цинком (ОДК составляет 33 мг/кг).

Кадмий. Валовое содержание составляет 0,02–0,19 мг/кг. Пространственное распределение равномерно по всей исследуемой территории. Зоны с максимальными значениями концентрации сходны с остальными исследу-

емыми компонентами (рис. 3) (ОДК составляет 0,5 мг/кг).

Никель. Валовое содержание составляет 1,04–8,91 мг/кг. Концентрации металла не превышают допустимые. Пространственное распределение идентично с остальными исследуемыми компонентами (ОДК составляет 20 мг/кг).

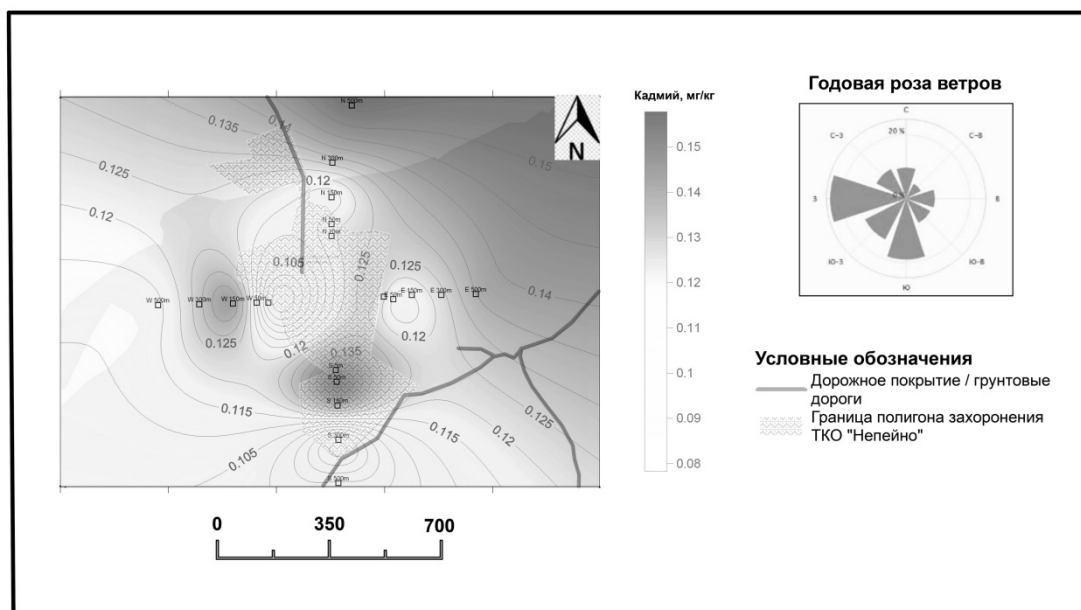


Рис. 3. Схема распределения значений концентрации Cd

Таким образом, почвы в зоне влияния полигона не загрязнены тяжёлыми металлами. Это обусловлено особенностями почвообразующих пород. В почвах преобладают крупноразмерные фракции, что способствует их хорошей пропускной способности. Вероятно, загрязняющие вещества, вместе с дождевыми и талыми водами просачиваются в грунтовые горизонты. Отсюда существует риск сильного загрязнения грунтовых вод, которые могут использоваться жителями ближайших поселений, таких как Непейно, Шелепино и Рыбное. Наличие на территории заболоченных участков, а также системы канав и протоков говорит о близком залегании грунтовых вод к поверхности. Ранее ряд исследователей испытательной лаборатории ООО «ЭСГ Охрана труда» проводили качественный химический анализ вод исследуемой территории, используя в качестве источников вод колодцы и сточные

канавы. Исследования подтвердили наличие загрязняющих веществ, превышающих ПДК. К ним относятся алюминий, железо, магний, общий хром, сульфаты, хлориды и нитраты. Ситуация вызывает серьезные опасения, т.к. воды такого состава ухудшают здоровье людей.

Для оценки экологической опасности загрязнения почв тяжёлыми металлами рассчитан коэффициент опасности (K_o) по формуле:

$$K_o = C_i / \text{ПДК},$$

где C_i – концентрация тяжелого металла в образце (мг/кг); ПДК (или ОДК) – предельно (или ориентировочно) допустимая концентрация ТМ (мг/кг).

При расчетах приняты значения ПДК и ОДК согласно нормативным документам [3; 4; 8] (табл. 2). Валовые формы тяжёлых металлов не превышают ПДК (ОДК). Значения всех коэффициентов < 1 .

Таблица 2. Коэффициент опасности (K_o) загрязнения почв тяжелыми металлами

Точка отбора проб	Коэффициент опасности загрязнения почв ТМ				
	Pb, мг/кг	Zn, мг/кг	Cu, мг/кг	Cd, мг/кг	Ni, мг/кг
Юг 5 м	0,24	0,31	0,05	0,26	0,06
Юг 50 м	0,04	0,13	0,04	0,38	0,19
Юг 150 м	0,10	0,11	0,01	0,34	0,06
Юг 300 м	0,11	0,13	0,03	0,06	0,10
Юг 500 м	0,05	0,05	0,02	0,22	0,10
Запад 10м	0,06	0,10	0,02	0,04	0,05
Запад 50м	0,07	0,26	0,03	0,3	0,17
Запад 150м	0,10	0,11	0,01	0,34	0,06
Запад 300м	0,09	0,11	0,03	0,24	0,11
Запад 500м	0,04	0,06	0,02	0,22	0,08
Север 10м	0,22	0,27	0,06	0,24	0,12
Север 50м	0,19	0,36	0,05	0,26	0,13
Север 150м	0,04	0,35	0,02	0,18	0,10
Север 300м	0,12	0,59	0,14	0,28	0,23
Север 500м	0,13	0,78	0,13	0,32	0,45
Восток 10м	0,07	0,08	0,03	0,38	0,07
Восток 50м	0,11	0,11	0,01	0,06	0,15
Восток 150м	0,04	0,09	0,03	0,26	0,13
Восток 300м	0,16	0,15	0,05	0,24	0,10
Восток 500м	0,16	0,14	0,06	0,28	0,10

Оценка степени загрязнения почвенного покрова группой ТМ согласно нормативным документам [8; 9; 10] проводится через суммарный показатель загрязнения Z_c , расчет которого ведется с использованием фоновых концентраций. Интегральная оценка почв в данной работе выполнена согласно методике, предложенной Н.А. Богдановым [1; 2], по индексу загрязнения почв (ИЗП), использующему нормативные лимитирующие гигиенические показатели ПДК и ОДК.

Выделяются следующие категории состояния химического загрязнения почв по ИЗП (качество почвогрунта): $<0,75$ – хорошее (чистые почвы), $0,75-1$ – удовлетворительное (проблемные), $>1,0$ – неудовлетворительное

(загрязненный) [1; 2]. Опасность загрязнения тем выше, чем больше значение ИЗП. Расчет ИЗП ведется по формуле:

$$\text{ИЗП} = \sum(K_o)/n,$$

где K_o (коэффициент опасности) – отношение содержания вещества в точке отбора пробы к нормативу ($C_i/\text{СПДК}$ или $C_i/\text{СОДК}$); n – любое, но фиксированное на обследуемой площади количество ингредиентов.

Результаты расчёта ИЗП в зоне влияния полигона ТКО «Непейно» приведены в табл. 3. ИЗП по валовому содержанию ТМ в 20 пробах (100%) характеризует почвы как чистые (хорошее состояние).

Таблица 3. Суммарный показатель загрязнения ИЗП

Точка отбора проб	ИЗП (Zc), валовое содержание
Юг 5 м	0,16
Юг 50 м	0,12
Юг 150 м	0,09
Юг 300 м	0,08
Юг 500 м	0,07
Запад 10м	0,05
Запад 50м	0,14
Запад 150м	0,09
Запад 300м	0,09
Запад 500м	0,06
Север 10м	0,16
Север 50м	0,17
Север 150м	0,12
Север 300м	0,24
Север 500м	0,33
Восток 10м	0,09
Восток 50м	0,08
Восток 150м	0,08
Восток 300м	0,12
Восток 500м	0,12

Выводы

1. Почвы в районе полигона ТКО имеют значения рН, присущие кислым почвам. Эти результаты также можно подтвердить наличием растений биоиндикаторов (хвощ, щавель, кислица, подорожник).

2. Практически во всех образцах отобранной почвы содержание гумуса является низким. Наибольшие значения показателя наблюдаются в непосредственной близости от полигона.

3. На основании расчётов концентраций можно сделать вывод о том, что исследуемые почвы имеют низкую обеспеченность фосфатами. Это можно объяснить тем, что сами почвы не имеют сельскохозяйственного значения ввиду их нахождения в пределах полигона ТКО, а также тем, что они располагаются в лесной местности.

4. По результатам определения K_0 по валовому содержанию элементов установлено,

что концентрации тяжёлых металлов не превышают ПДК (ОДК).

5. ИЗП по валовому содержанию ТМ в 20 пробах почв (100%) характеризует почвы как чистые.

6. Вызывает опасение возможный вынос загрязняющих веществ с грунтовыми водами. Более подробное исследование этого процесса и химический анализ планируется провести в будущем.

Библиографический список

1. Богданов Н.А. Анализ информативности интегральных показателей химического загрязнения почв при оценке состояния территорий // Гигиена и санитария. 2012. № 1. С. 10–13.

2. Богданов Н.А. Диагностика территорий по интегральным показателям химического загрязнения почв и грунтов // Гигиена и санитария. 2014. № 1. С. 92–97.

3. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве.

М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. 15 с.

4. ГН 2.1.7.2511-09. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. 10 с.

5. ГОСТ 17.4.4.02-84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. М.: Изд-во стандартов, 1985. 12 с.

6. Информация о результатах государственного мониторинга земель (аналитическая записка) // Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии – URL: <https://rosreestr.ru/upload/Doc/16upr/Аналитическая%20записка%20о%20состоянии%20и%20использовании%20земель%20на%20территории%20Дмитровского%20района%20Московской%20области.pdf> (режим доступа: свободный. Дата обращения: 28.04.2020).

7. Михайлова Е.В., Проказов М.Ю. Оценка загрязнения почвенного покрова г. Балаково тяжелыми металлами // Наука в інформаційному просторі. Матеріали ІХ міжнародної науково-практичної конференції. Т. 7. Сучасні проблеми та

їх вирішення. Дніпропетровськ: Біла К.О., 2015. С. 55–59.

8. МУ 2.1.7.730-99. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест. Методические указания. М.: Федеральный центр Госкомсанэпиднадзора Минздрава России, 1999. 38 с.

9. СанПиН 2.1.7.1287-03. Почва, очистка населенных мест, бытовые и промышленные отходы, санитарная охрана почвы. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы. М.: Федеральный центр Госкомсанэпиднадзора России.

10. СП 47.13330.2012. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. М.: Госстрой России, 2013. 110 с.

11. Характеристика Дмитровского района Московской области. – URL: <http://www.ilpdmmitrov.ru/place/description> (режим доступа: свободный. Дата обращения: 28.04.2020).

12. Экологический паспорт Дмитровского района. – URL: http://ecopassmo.mosreg.ru/media/region_doc/rayon_dmitrovskiy.pdf (режим доступа: свободный. Дата обращения: 28.04.2020).

*Поступила в редакцию
28.08.2020*