

**МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГРУНТОВЫХ И
ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ФИЛЬТРАТОМ ПОЛИГОНА ТВЕРДЫХ
БЫТОВЫХ ОТХОДОВ**

**SIMULATION AND ASSESSMENT OF GROUNDWATER AND SURFACE
WATER POLLUTION BY THE FILTRATE OF SOLID WASTE LANDFILL**



УДК 55.4:532.54+543.31

DOI:10.24411/2588-0209-2021-10305

Шаповалов Дмитрий Анатольевич, д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО Государственный университет по землеустройству, кафедра почвоведения, экологии и природопользования, e-mail shapoval_ecology@mail.ru

Холин Родион Николаевич, аспирант, ФГБОУ ВО Государственный университет по землеустройству, кафедра почвоведения, экологии и природопользования, e-mail rodion95@mail.ru.

Скоробогатова Ульяна Евгеньевна, старший преподаватель, ФГБОУ ВО Государственный университет по землеустройству, кафедра дистанционного зондирования и цифровой картографии, г. Москва

Shapovalov D.A. shapoval_ecology@mail.ru

Kholin R.N. rodion8049494@yandex.ru

Skorobogatova U.E. ulyana_sk@mail.ru

Аннотация

В настоящей статье рассматриваются вопросы моделирования фильтрационного стока полигона твердых коммунальных отходов. Проведены расчеты для геоэкологических условий фильтрации грунтов Московского региона. Оценено, что объем фильтрата достигает десятков кубических метров в сутки, а коэффициент разбавления $2 \cdot 10^{-3}$. Апробация модели проведена на полигоне «Долгопрудный». В ходе инженерно-экологических изысканий были проведены исследования поверхностных вод реки Бусинка, а также осуществлен отбор проб грунтовой воды на прилегающей территории. Результаты показали существенный вклад фильтрата в загрязнение грунтовых и поверхностных вод. По ряду показателей превышение ПДК достигает

десятков раз. Полученные данные показывают удовлетворительное совпадение модельных расчетов и экспериментальных результатов.

Summary

This article discusses the modeling filtration run-off process in the solid waste landfill. Calculations have been made for geocological conditions of filtration of soils of the Moscow region. It is estimated that the volume of the filtrat reaches tens of cubic meters per day, and the dilution factor is $2 \cdot 10^{-3}$. The model was tested at the polygon «Dolgoprudny». During the course of environmental engineering studies, studies were carried out on the surface waters of the Businka river, as well as samples of groundwater in the surrounding area were taken. The results showed a significant contribution of the filtrat to the pollution of groundwater and surface water. According to a number of indicators, the excess of PDK reaches dozens of times. The data show a satisfactory convergence of model calculations and experimental results.

Ключевые слова: полигон коммунальных отходов, фильтрат, геоэкологические условия, грунтовые воды, химический анализ.

Keywords : solid municipal waste landfill, filtrat, geocological conditions, groundwater, chemical analysis

Введение.

На территории Российской Федерации насчитывается более тысячи полигонов ТКО и около пятнадцати тысяч официально зарегистрированных свалок. По разным данным, около семнадцати тысяч полигонов и свалок функционируют незаконно.

На территории Московского региона насчитывается 45 полигонов ТКО, из которых по официальным данным 45% закрыты, 30% находятся на стадии рекультивации, 25% действующие. Помимо официально зарегистрированных полигонов ТКО, в Московской области функционируют свыше полутора тысяч несанкционированных свалок [1-3].

Основная особенность проявления негативного влияния полигона ТКО на окружающую природную среду заключается в загрязнении атмосферного воздуха, почвенного покрова и грунтовых вод.

Свалки и полигоны ТКО активно загрязняют атмосферный воздух и подземные воды за счет выделения метана, углекислого, сернистого газов, различных диоксидов, а также фильтрата. Фильтрат содержит огромное количество токсичных соединений, отравляющих почвы и подземные воды. Среди таких веществ выделяют фенол, марганец, аммиак, нефтепродукты, медь, никель и прочие тяжелые металлы, пестициды, а также фосфат и нитриты [4-7].

Целью работы является оценка возможностей использования расчетных моделей по фильтрации поллютантов из тела полигона твердых коммунальных отходов (ТКО) для прогноза масштабов загрязнения подземных и поверхностных вод вблизи территории полигона, а также апробация расчетных данных для реального объекта.

Объектом исследований выбран полигон ТКО «Долгопрудный», расположенный в Московской области. Выбор объекта обусловлен сложным рельефом и наличием вблизи водных объектов, в том числе малой реки Бусинка и канала им. Москвы.

Материалы и методы.

Для оценок массовых параметров фильтрации загрязняющих веществ полигона в окружающую среду определим количество поступающего в подземные воды фильтрата за сутки (ф-ла 1):

$$q_{\text{ср.сут.}} = \frac{K(Q_{\text{а.г.}} + Q_{\text{п.т.}})}{365} \quad (1),$$

где $q_{\text{ср.сут.}}$ – максимальное количество поступающего фильтрата;

K – коэффициент, учитывающий влагопоглощающую и испарительную способность ТКО (из расчета $K = 0,1$ для полигонов ТКО, располагающихся по высотной и $K = 0,15$ – из расчета по наклонной схеме);

$Q_{\text{а.г.}}$ – общий годовой объем осадков, выпадающих на поверхность полигона ТКО, м³/год;

$Q_{\text{п.т.}}$ – общее годовое количество стока и воды, распространяемых по поверхности отходов (включает мойку автомобилей, стоки противопожарных мероприятий, фильтрат и пр.) м³/год [8].

Для определения годового объема фильтрата, образующегося у основания полигона, применяется формула (2):

$$Q_{\text{фг}} = K_p \cdot K_{\text{ф}} \cdot f \cdot \Phi \cdot \frac{T_1}{C_n} \dots \dots (2),$$

где $Q_{\text{фг}}$ – годовой объем фильтрата;

K_p – коэффициент, учитывающий водопоглотительную и испарительную функцию отходов (из расчета 0,08 для оврагов);

$K_{\text{ф}}$ – коэффициент, учитывающий фильтрационные свойства водоупорного слоя с учетом кольматации;

f – годовой объем осадков;

T_1 – расчетный срок, г;

C_n – коэффициент, учитывающий пористость ТКО в основании полигона.

Существует множество факторов, влияющих на качество фильтрата, например, возраст свалки, сезонные колебания погоды, общее количество осадков, тип отходов и их состав [9].

В зависимости от возраста свалки состав выщелачиваемых веществ существенно меняется.

Существует три типа фильтратов, определяемых в зависимости от возраста свалки.

Фильтрат – основной источник загрязнения поверхностных и грунтовых вод. Действие фильтрата может распространяться на площадь во много раз превосходящей территорию полигона [10]. Также необходимо учитывать характер геоморфологических процессов – флювиальных, карстовых, суффозий. Наличие карстовых провалов, суффозионных блюдечек может привести к распространению фильтрата.

Для проведения корректных оценок, на этапе исследования природных условий необходимо обладать информацией о глубине залегания подземных вод и мощности водоносных горизонтов. Главное и необходимое условие этого этапа – минимизировать условия просачивания фильтрата. Для определения времени проникновения фильтрата применяется формула:

$$t = x \cdot \frac{n}{K_{\text{ф}}} \quad (4),$$

где t – время, сут.;

x – глубина залегания грунтовых вод, м;

n – коэффициент пористости породы;

$K_{\text{ф}}$ – коэффициент фильтрации породы.

Для условий тестового полигона по оценкам [6] время фильтрации может оставлять от нескольких часов до нескольких суток.

Эколого-биохимические исследования.

На прилегающей территории также была проведена оценка уровня санитарного химического загрязнения поверхностных (р. Бусинка) и грунтовых вод.

Для определения уровня загрязнения поверхностных вод в районе размещения полигона ТКО был произведен отбор проб из реки Бусинка в шести точках (рис.1).



Рис.1 Схема отбора проб воды.

При санитарно-химическом исследовании поверхностных и подземных вод исследовалось содержание различных компонентов загрязнителей, включая растворы солей, рН, тяжелых металлов, а также минерализации. Результаты исследований представлены в Таблице 1.

Табл.1 Результаты санитарно-химических исследований поверхностных вод

Название компонента	Номер точки пробоотбора						ПДК
	1	2	3	4	5	6	
рН	7,1	7,2	7,2	7,2	7,0	7,2	
пермангантная окисляемость, мг/дм ³	2,78	2,84	2,98	2,88	2,54	2,43	
минерализация, мг/дм ³	720	716	708	703	684	693	
хлориды, мг/дм ³	135	138	143	156	132	134	300
сульфаты, мг/дм ³	72	74	75	76	63	67	100
гидрокарбонаты, мг/дм ³	62,7	63,4	67,8	68,3	52,0	51,6	

аммиак, мг/дм ³	0,68	0,62	0,64	0,62	0,41	0,39	0,05
нитриты, мг/дм ³	0,24	0,22	0,20	0,19	0,19	0,20	0,08
нитраты, мг/дм ³	15,9	16,3	16,8	17,8	14,6	14,3	40
кадмий, мг/дм ³	0,005	0,006	0,005	0,006	0,004	0,005	0,005
БПК ₅ , мг/дм ³	9,7	9,5	9,3	9,2	9,6	9,4	
ХПК, мг/дм ³	22,6	23,1	24,6	25,1	22,8	21,4	
медь, мг/дм ³	0,006	0,005	0,005	0,006	0,004	0,006	0,001
цинк, мг/дм ³	0,026	0,024	0,025	0,023	0,017	0,015	0,01
железо общее, мг/дм ³	1,12	1,14	1,16	1,18	1,07	1,09	0,1
магний, мг/дм ³	4,2	4,3	4,6	4,5	3,4	4,1	40
кальций, мг/дм ³	3,4	3,6	3,8	4,2	3,9	3,7	180
ртуть, мг/дм ³	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	0,0001 (отсутств ие)
мышьяк, мг/дм ³	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,05
свинец, мг/дм ³	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,006
нефтепродукты, мг/дм ³	0,17	0,18	0,21	0,19	0,12	0,11	0,05
взвешенные вещества, мг/дм ³	30	32	34	36	31	33	10
формальдегид, мг/дм ³	0,032	0,038	0,045	0,042	0,037	0,041	0,25

Результаты бактериологических исследований показывают превышение предельно допустимых уровней по присутствию колифагов, общих колиформных бактерий, а также термотолерантным колиформным бактериям. Поверхностные воды не удовлетворяют требованиям к составу и свойствам воды водных объектов для использования в качестве питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, а также не могут использоваться для водоснабжения пищевых предприятий. Результаты исследований представлены в Таблице 2.

Таблица 2 – Результаты бактериологических исследований поверхностных вод реки Бусинка

Номер точки	Возбудители кишечных инфекций (л)	Колифаги (БОЕ/100 мл)	Общие колиформные бактерии КОЕ/100 мл	Термотолерантные колиформные бактерии КОЕ/100 мл
1	Не обнаружено	$1,5 \times 10^2$	$1,6 \times 10^4$	0
2	Не обнаружено	8	$1,8 \times 10^4$	$6,0 \times 10^3$
3	Не обнаружено	0	$7,8 \times 10^4$	$3,1 \times 10^4$

4	Не обнаружено	0	$4,1 \times 10^2$	0
5	Не обнаружено	0	$3,3 \times 10^2$	0
6	Не обнаружено	0	10	0
Допустимый уровень	Отсутствие	Не более 10	Не более 500	Не более 100

Грунтовые и поверхностные природные воды на прилегающей территории не отвечают требованиям СанПиН 2.1.4.1175-02, СанПиН 2.1.5.980-00, что связано с воздействием на них фильтрата полигона.

В ходе проведенных работ были проведены исследования донных отложений в реке Бусинка и локальных понижений рельефа на территории полигона. Суммарный показатель загрязнения $32 < Z_c < 128$ показывает, что донные отложения из р. Бусинка классифицируются как «опасные».

Также был осуществлен отбор проб фильтрата на территории полигона из 2 геологических скважин восточного тела полигона и 1 геологической скважины западного тела полигона, осуществлялся отбор проб фильтрата из обводнённых локальных понижений рельефа на территории объекта – 6 проб. Всего был выполнен отбор 9 проб.

При санитарно-химическом исследовании поверхностных и подземных вод исследовалось содержание различных компонентов загрязнителей, включая растворы солей, рН, тяжелых металлов, а также минерализации

При санитарно-химическом исследовании сточных вод также проводились исследования содержания в отобранных пробах различных загрязнителей – углеводов, нефтепродуктов, тяжелых металлов и пр.

Верификация теоретических оценок.

С целью определения массовых параметров образования фильтрата на полигоне ТКО, рассчитаем суточный поток его выхода. Поскольку в расчетах необходимо учесть весь водный баланс, скорректируем формулу (1) из первой части исследования:

Расчет фильтрата:

$$OF = (AO + OV + VBX + Полив) - (ИС + ПС + БГ + ПБХ) \quad (7)$$

где OF — объем фильтрата;

АО — атмосферные осадки, выпавшие на полигон;

ОВ — отжимная влага;

VBX — выделение воды при биохимических реакциях;

ИС — испарение с поверхности полигона;

ПС — поверхностный сток;

БГ — потери воды с биогазом;

Полив — полив в пожароопасный период;

ПБХ — поглощение воды при биохимических реакциях.

Величины составляющих водного баланса можно принять согласно публикациям специалистов, которые занимаются исследованиями факторов, влияющих на образование фильтрата. Данные, приведенные в публикациях, не всегда совпадают между собой, но

являются достаточными для проведения оценки объемов образования фильтрата в рамках поставленной задачи.

Выясним, каким образом можно определить значения величин составляющих водного баланса полигона ТКО:

1. Атмосферные осадки, выпавшие на полигон (АО) (согласно СТП ВНИИГ 210.01.НТ-05 «Методика расчета гидрологических характеристик техногенно-нагруженных территорий», далее — Методика) [11]:

$$AO = F_1 \cdot h_1 \cdot K_p \quad (8)$$

где F_1 в основании полигона согласно ПЗУ - 12,8 тыс.м²;

h_1 — слой выпавших осадков, мм/год (месяц) (по данным наблюдений на ближайшей метеостанции г. Москва СП 131.13330.2012 $h_1=690$ мм/год=0,69м/год.

K_p — коэффициент перехода от средних многолетних годовых величин осадков к осадкам 5%-ной обеспеченности (Приложение 1 СТП ВНИИГ 210.01.НТ-05). $K_p=1,46$;

$$AO = F_1 \cdot h_1 \cdot K_p = 12800 \cdot 0,69 \cdot 1,46 = 12894,7 \text{ м}^3/\text{год.}$$

2. Испарение с поверхности полигона (ИС) (согласно Методике):

ИС = ИС(F_2) – испарение с площади, занятой ТКО, (9)

$$ИС(F_2) = F_2 \cdot h_2 \cdot K_e \cdot K_{вп} = 12800 \cdot 0,31 \cdot 1,113 \cdot 0,56 = 2473,2 \text{ м}^3/\text{год.}$$

где F_2 – площадь рабочей площадки, занятой ТКО, составляет 12800 м²;

h_2 — величина испарения, м/год (данные из отчета по ИГМИ) составляет 0,31 м/год.

K_e — коэффициент перехода от средней многолетней годовой испаряемости с техногенно-нагруженных территорий к испаряемости с различной вероятностью превышения (в методике СТП ВНИИГ 210.01.НТ-05 данный коэффициент равен 1,113);

$K_{вп}$ — поправочный коэффициент к среднему многолетнему испарению с естественных ландшафтов для различных видов поверхностей (согласно таблице 6 СТП ВНИИГ 210.01.НТ-05 для спланированных грунтовых поверхностей равен 0,56);

3. Отжимная влага (ОВ):

$$ОВ = K_{ОВ} \cdot (АО - ИС), \quad (10)$$

где $K_{ОВ} = 0,5$ — опытный коэффициент;

$$ОВ = K_{ОВ} \cdot (АО - ИС) = 0,5 \cdot (12894,7 - 2473,2) = 5210,8 \text{ м}^3/\text{год}$$

4. Выделение воды при биохимических реакциях (ВБХ) равно поглощению воды при биохимических реакциях (ПБХ), т.е. разницу между биохимически образуемой и потребляемой водой можно считать равной нулю;

5. Поверхностный сток (ПС):

ПС = 0, если сток отводится от полигона вместе с фильтратом;

ПС = 0,03 · АО, если сток отводится на локальные очистные сооружения;

$$ПС = 0,03 \cdot АО = 0,03 \cdot 327198,0 = 9815,94 \text{ м}^3/\text{год.}$$

6. Потери воды с биогазом (БГ):

$$БГ = 0,00006 \cdot V_{бг} \quad (11)$$

где $V_{бг}$ —объем размещенных отходов, м³/год при плотности 1,0 т/м³ составляет 42 430 м³/год;

$$БГ = 0,00006 \cdot V_{бг} = 0,00006 \cdot 2582234 = 154,9 \text{ м}^3/\text{год.}$$

7. Полив

Полив рассчитан исходя из п. 27 «Инструкции по проектированию, эксплуатации и рекультивации полигонов для твердых бытовых отходов», утв. Министерством строительства Российской Федерации 2 ноября 1996 года: 10 л на 1 м³ отходов в пожароопасный период [12].

Годовое количество отходов перемещаемых = 109066,0 м³/год.

Количество отходов в пожароопасный период (180 суток) = $109066 \cdot \frac{180}{365} = 53785,9$ м³/год;

Таким образом, расход воды на полив отходов в пожароопасный период = $53785,9 \cdot \frac{10}{1000} = 537,9$ м³/год.

Суммарное поступление влаги:

$$(AO + OB + ВБХ + Полив) = 12894,7 + 5210,8 + 0 + 537,9 = 18\ 643,4 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Суммарное поглощение влаги: (ИС + ПС + БГ + ПБХ) = 2473,2 + 9815,9 + 154,9 + 0 = 12444,0 м³/год.

Итого, общий суточный объем поступления фильтрата равен:

$$OF = (AO + OB + ВБХ + Полив) - (ИС + ПС + БГ + ПБХ) = 18643,4 - 12444,0 = 6199,4 \text{ м}^3/\text{год} = 17,0 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Таким образом, с учетом площади водосбора полигона оценка коэффициента разбавления фильтрата дает величину $2 \cdot 10^{-3}$.

Обсуждение результатов.

Сравнительная таблица результатов исследований представлена в Таблице 3.

Табл. 3 Сравнительная таблица результатов лабораторных исследований проб воды

Название компонента / место отбора	Бусинк а, к/т 2	Бусинка, к/т 4	Фильтрат к/т 1	Подземные воды, к/т 2	ПДК
рН	7,1	7,2		7,2	
пермангантная окисляемость, мг/дм ³	2,84	2,88		2,88	
минерализация, мг/дм ³	716	703		496	
хлориды, мг/дм ³	138	156	683	82	300
сульфаты, мг/дм ³	74	76	578	62	100
гидрокарбонаты, мг/дм ³	63,4	68,3		63,1	
аммиак, мг/дм ³	0,62	0,62	28,7	0,6	0,05
нитриты, мг/дм ³	0,24	0,19	1,98	0,15	0,08
нитраты, мг/дм ³	16,3	17,8	121,5	4,37	40
кадмий, мг/дм ³	0,006	0,006	0,009	0,006	
БПК ₅ , мг/дм ³	9,5	9,2	48,4	5,1	
ХПК, мг/дм ³	23,1	25,1	303,2	25	
медь, мг/дм ³	0,005	0,006	0,09	0,019	0,001

цинк, мг/дм ³	0,024	0,023	0,9	0,027	0,01
железо общее, мг/дм ³	1,14	1,18		2,45	0,1
магний, мг/дм ³	4,3	4,5		4,8	40
кальций, мг/дм ³	3,6	4,3		3,6	180
ртуть, мг/дм ³	<0,0003	<0,0003	0,004	<0,0003	0,0001
мышьяк, мг/дм ³	<0,005	<0,005	0,015	<0,005	0,05
свинец, мг/дм ³	<0,01	<0,01	0,059	<0,01	0,006
Фенолы			1,96		0,001
Фосфаты			1,94		0,05
Цианиды			0,013		0,05
Никель			0,65		0,01
Марганец			19,4		0,01
Общий азот			21,6		
Хром+3			0,11		0,07
Хром+6			0,014		0,02
нефтепродукты, мг/дм ³	0,18	0,19	12,34	0,18	0,05
взвешенные вещества, мг/дм ³	30	36	643	23	10
формальдегид, мг/дм ³	0,032	0,042		0,034	0,25

Лабораторный анализ проб фильтрата показал значительное превышение концентраций по следующим компонентам:

1. фенол – 1960 ПДК;
2. марганец – 1940 ПДК;
3. аммиак – 574 ПДК;
4. ртуть – 400 ПДК;
5. нефтепродукты – 247 ПДК;
6. никель – 65 ПДК;
7. цинк – 90 ПДК;
8. медь – 90 ПДК;
9. фосфаты – 39 ПДК;
10. нитриты – 25 ПДК.

Превышение ПДК наблюдается почти по всем исследуемым компонентам, что говорит о значительной экологической опасности полигона ТКО.

В соответствии с результатами анализов в реке Бусинка наблюдаются значительные превышения ПДК по азоту аммиака до 12 ПДК и нитритов до 3 ПДК, что с большой вероятностью свидетельствует о загрязнении природных вод сточными коммунально-бытовыми водами. Также в исследуемом водотоке наблюдается превышение концентраций меди до 6 ПДК и железа до 12 ПДК. Повышение концентрации железа в воде, в некоторой степени может быть вызвано повышенным естественным региональным фоном этого компонента. До 3,8 раз превышены ПДК по содержанию нефтепродуктов, что подтверждает факты, обнаруженные при рекогносцировочном обследовании водотока (появление

радужной пленки при надавливании на дно реки). В реке повышено содержание взвешенных веществ до 3,6 ПДК, что также было отмечено при рекогносцировочном обследовании, т.к. вода мутная на вид.

Анализ показал, что превышения концентраций наблюдаются как выше течения реки (точка пробоотбора №1), так и на территории, прилегающей к полигону ТКО, так и ниже по течению (точки пробоотбора №5,6). В целом концентрации на исследуемом участке реки варьируются слабо. Результаты исследования не позволяют однозначно сделать вывод о значительном влиянии полигона ТКО на гидрохимические показатели реки. Однако, в целом наблюдается превышение концентраций по аммиаку, нитритам, меди, цинку, железу, нефтепродуктам и взвешенным веществам на всем участке исследования реки Бусинка (выше и ниже по течению).

Грунтовые воды также, как и поверхностные загрязнены теми же самыми химическими компонентами – это аммиак до 12 ПДК; нитриты до 2 ПДК, медь до 19 ПДК и железо до 25 ПДК.

Заключение.

Проведенные исследования показали, что фильтрат полигона ТКО «Долгопрудный» сильно загрязнен химическими веществами. Для сбора фильтрата вдоль восточной и южной границ участка полигона ТБО необходимо выполнить дренажную систему с выпуском в сборную емкость и последующим вывозом на очистные сооружения. Существующие границы санитарно-защитной зоны не обеспечивают нормативного состояния водных ресурсов на прилегающих территориях. Использование модельных оценок по выходу фильтрата и коэффициента разбавления дают как правило лишь качественную оценку концентрации поллютантов вне пределов полигона. Для уточнения необходим существенно больший набор исходных данных, с учетом геохимических процессов и пространственной структуры поверхностных и подземных стоков.

Литература:

1. Ведешин Л.А., Шаповалов Д.А., Белорусцева Е.В. Космические информационные технологии для решения сельскохозяйственных задач// Экологические системы и приборы. 2011. № 9. сс. 3-10.
2. Щербаков А.Ю., Карев С.Ю., Абрамцев В.С., Прохоров И.С., Шаповалов Д.А., Скибарко А.П. Вопросы подготовки и контроля качества искусственно созданных грунтов для озеленения московских газонов// Экологические системы и приборы. 2012. № 10. сс. 28-33.
3. Рухович Д.И., Шаповалов Д.А. Об особенностях мониторинга почвенно-земельного покрова как информационной основы эффективного землепользования// Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2015. № 12 (131). сс. 31-49.
4. Шаповалов Д.А., Груздев В.С., Балоян Б.М., Ухоботина Е.В., Хромов В.М. Тяжелые металлы в малых водоёмах Подмосковья// Мелиорация и водное хозяйство. 2009. № 6. сс. 20-23.
5. Шаповалов Д.А., Ключин П.В., Горин В.В. Мониторинг газогеохимического состояния территории Люберецких полей фильтрации// Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2011. № 11 (83). сс. 034-040.
6. Шаповалов Д.А., Холин Р.Н., Скубиев С.И., Скоробогатова У.Е. Применение георадарного метода для оценки геоэкологического состояния территорий полигонов твердых коммунальных отходов, International Agricultural Journal. 2020. Т. 63. № 6. С. 8.
7. Volkov S.N., Shapovalov D.A., Klyushin P.V., Shirokova V.A., Khutorova A.O.,

Solutions of problems in defining indicators of agricultural land within the framework of activities for the implementation of the concept of development monitoring in the Russian Federation// International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM (см. в книгах). 2017. Т. 17. № 5.2. С. 819-828.

8. МУ 2.1.7.730-99. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест от 05.02.1999 [Электронный ресурс]. URL: [http://www.mhts.ru/BIBLIO/SNIPS/mu/ 2.1.7.730-99.htm](http://www.mhts.ru/BIBLIO/SNIPS/mu/2.1.7.730-99.htm)

9. WHO. 2009. Global health risks: mortality and burden of disease attributable to selected major risks. WHO Library Cataloguing-in-Publication Data. ISBN 978 92 4 156387 1 (NLM classification: WA 105). Geneva, Switzerland.

10. Зальцберг, Э. Мониторинг качества подземных вод в целях предотвращения аварийных ситуаций в районах свалок (на примере Канады) / Э. Зальцберг // Водные ресурсы. – 1997. - № 5. – С. 630-633.

11. Методика расчета гидрологических характеристик техногенно-нагруженных территорий / С.В. Сольский. – СПб: ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева», 2005.

12. Инструкция по проектированию и эксплуатации и рекультивации полигонов для твердых бытовых отходов. – М.: Минстрой РФ, 1998. – 46 с.

Literature

1. Vedeshin L.A., Shapovalov D.A., Belorustseva E.V. Kosmicheskie informatsionnye tekhnologii dlya resheniya sel'skokhozyaistvennykh zadach// Ekhologicheskie sistemy i pribory. 2011. № 9. cc. 3-10.

2. Shcherbakov A.YU., Karev S.YU., Abramtsev V.S., Prokhorov I.S., Shapovalov D.A., Skibarko A.P. Voprosy podgotovki i kontrolya kachestva iskusstvenno sozdannykh gruntov dlya ozeleneniya moskovskikh gazonov// Ekhologicheskie sistemy i pribory. 2012. № 10. cc. 28- 33.

3. Rukhovich D.I., Shapovalov D.A. Ob osobennostyakh monitoringa pochvennozemel'nogo pokrova kak informatsionnoi osnovy ehffektivnogo zemlepol'zovaniya// Zemleustroistvo, kadastr i monitoring zemel'. 2015. № 12 (131). cc. 31-49.

4. Shapovalov D.A., Gruzdev V.S., Baloyan B.M., Ukhobotina E.V., Khromov V.M. Tyazhelye metally v malykh vodoemakh Podmoskov'ya// Melioratsiya i vodnoe khozyaistvo. 2009. № 6. cc. 20-23.

5. Shapovalov D.A., Klyushin P.V., Gorin V.V. Monitoring gazogeokhimicheskogo sostoyaniya territorii Lyuberetskikh polei fil'tratsii// Zemleustroistvo, kadastr i monitoring zemel'. 2011. № 11 (83). cc. 034-040.

6. Shapovalov D.A., Kholin R.N, Skubiev S.I., Skorobogatova U.E. Application of the georadar method for the assess the geocological state of the territories of solid waste landfills. International Agricultural Journal. 2020. Т. 63. № 6. p. 8.

7. Volkov S.N., Shapovalov D.A., Klyushin P.V., Shirokova V.A., Khutorova A.O., *Solutions of problems in defining indicators of agricultural land within the framework of activities for the implementation of the concept of development monitoring in the Russian Federation// International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM (см. в книгах). 2017. Т. 17. № 5.2. С. 819-828.*

8. МУ 2.1.7.730-99. Gигиеническая otsenka kachestva pochvy naseleennykh mest 05.02.1999 [Elektronny resurs]. URL: [http://www.mhts.ru/BIBLIO/SNIPS/mu/ 2.1.7.730-99.htm](http://www.mhts.ru/BIBLIO/SNIPS/mu/2.1.7.730-99.htm)

9. WHO. 2009. *Global health risks: mortality and burden of disease attributable to selected major risks*. WHO Library Cataloguing-in-Publication Data. ISBN 978 92 4 156387 1 (NLM classification: WA 105). Geneva, Switzerland.

10. Zaltsberg E. Monitoring kachestva podzemnykh vod v tseliakh predotvrasheniya avarinikh situatsiy v raionakh svalok (na primere Kanady) // Vodnye resursy. – 1997. - № 5. – pp. 630-633.

11. Metodika rascheta gidrologicheskikh kharakteristik tekhnogenno-nagrugennykh territoriy / S.V. Solsky. – Spb: OAO «VNIIG im. B.E. Vedeneeva», 2005.

12. Instruktsia po proektirovaniy,ekspluatatsii i rekultivatsii poligonov dlia tverdyukh byutovyukh otkhodov. – M.: Minstroy RF, 1998. – 46 pp.