

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Северный (Арктический) федеральный университет
имени М.В.Ломоносова»

А.Л. Невзоров, А.А. Коршунов

**ПОСЛЕДСТВИЯ СКЛАДИРОВАНИЯ ТБО
МАЛЫХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ
НА ЗАБОЛОЧЕННОЙ ТЕРРИТОРИИ**

Монография

Архангельск
2022

ББК 30.69
УДК 502.51(285.3):504.5
Н 40

Рецензенты:

Лаврусевич А.А., доктор геолого-минералогических наук,
Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет;

Малов А.И., доктор геолого-минералогических наук,
Федеральный исследовательский центр комплексного
изучения Арктики Российской академии наук

Невзоров А.Л.
Н 40 Последствия складирования ТБО малых населенных пунктов на заболоченной территории: монография / А.Л. Невзоров, А.А. Коршунов; Сев. (Арктич.) федер. ун-т. – Архангельск: САФУ, 2022. – 154 с.
ISBN 978-5-261-01602-1

Представлены результаты исследования кинетики сорбционно-десорбционных процессов и миграции веществ-поллютантов, переносимых грунтовыми водами, в торфе и глинистых грунтах в условиях холодного климата, особенности численного моделирования распространения веществ-поллютантов в торфе, а также даны рекомендации по устройству новых и изоляции существующих накопителей отходов для территорий с малой плотностью населения.

Для специалистов проектно-изыскательских организаций, предприятий строительной отрасли, а также других юридических и физических лиц, осуществляющих деятельность в области обращения с ТБО.

ББК 30.69
УДК 502.51(285.3):504.5

Исследование выполнено за счет средств гранта Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 18-45-292004).

ISBN 978-5-261-01602-1

© Невзоров А.Л., Коршунов А.А., 2022
© Северный (Арктический) федеральный
университет имени М.В.Ломоносова, 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ	6
1. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ СОСТАВА И КОНЦЕНТРАЦИИ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ОСНОВАНИЯХ НАКОПИТЕЛЕЙ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ	8
1.1. Этапы разложения твердых бытовых отходов и состав образующегося фильтрата.....	8
1.2. Загрязнение грунтовых вод в основании накопителей твердых бытовых отходов.....	11
1.2.1. Кластерный анализ влияния климатических факторов на загрязнение грунтовых вод.....	13
1.2.2. Статистический анализ концентрации поллютантов по климатическим группам	17
1.2.3. Анализ концентрации веществ-поллютантов и оценка вероятности превышения ПДК	20
1.2.4. Кластерный анализ и выявление корреляционных взаимосвязей между концентрациями поллютантов	23
Выводы	30
2. МОНИТОРИНГ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГРУНТОВЫХ ВОД И ГРУНТОВ НА УЧАСТКАХ СКЛАДИРОВАНИЯ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ.....	32
2.1. Краткая характеристика природно-климатических условий региона и практика размещения отходов.....	32
2.2. Рекогносцировочные исследования на накопителях ТБО	34
2.3. Организация участков мониторинга	38
2.4. Мониторинг грунтовых вод на участке складирования промышленно- бытовых отходов на болоте Конинник в г. Онеге	39
2.5. Химический состав грунтовых вод и грунтов на участках рекогносцировки	43
2.6. Обоснование выбора опытных участков и веществ-поллютантов для мониторинга	49
2.7. Исследования химического состава грунтовых вод на участках мониторинга	55
2.8. Исследования химического состава грунтов на участках мониторинга ..	57
2.9. Исследование изменения во времени содержания веществ- поллютантов в грунтовых водах и грунтах на участках мониторинга.....	60
2.9.1. Грунтовые воды	60
2.9.2. Грунты	65
Выводы	72

3. ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГРУНТОВ С ОПЫТНЫХ УЧАСТКОВ	74
3.1. Исследования торфа	74
3.1.1. Водопроницаемость.....	74
3.1.2. Интенсивность выноса веществ-поллютантов потоком фильтрующейся воды	78
Выводы.....	81
3.2. Исследования глинистых грунтов.....	82
3.2.1. Физические свойства и состав	82
3.2.2. Определение удельной поверхности	83
3.2.3. Изучение адсорбционной способности	84
3.2.4. Набухание грунтов	85
3.2.5. Морозное пучение и водопроницаемость при циклическом промерзании-оттаивании	88
3.2.6. Изучение возможности переноса веществ-поллютантов при сезонном промерзании.....	102
Выводы	105
4. ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВЕЩЕСТВ-ПОЛЛЮТАНТОВ.....	108
4.1. Общие положения.....	108
4.2. Краткая характеристика опытных участков.....	111
4.3. Создание геометрических моделей полигонов ТБО	111
4.4. Моделирование гидрогеологического режима опытных участков	114
4.5. Моделирование распространения веществ-поллютантов в основании полигонов	118
4.5.1. Моделирование распространения загрязнений на болоте Конинник	118
4.5.2. Моделирование распространения загрязнений на опытных участках	122
Выводы	126
5. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РЕКУЛЬТИВАЦИИ ПОЛИГОНОВ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ	128
5.1. Инженерно-экологические и инженерно-геологические изыскания.....	128
5.2. Рекультивации участка размещения ТБО.....	131
5.3. Мониторинг состояния и загрязнения окружающей среды на территориях объектов размещения отходов.....	133
ПРИЛОЖЕНИЯ	135
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	145

ВВЕДЕНИЕ

Одним из последствий урбанизации и хозяйственной деятельности человека является формирование из промышленных и бытовых отходов техногенных массивов, оказывающих негативное воздействие на все компоненты природной среды. Размещение отходов на свалках, не отвечающих санитарно-гигиеническим требованиям, представляет опасность из-за непрерывного и неконтролируемого загрязнения природной среды, в частности фильтратом, формирующимся при инфильтрации дождевых и талых вод через слой отходов и содержащим вредные органические и неорганические вещества.

В Архангельской области из-за малых объемов утилизации масса отходов, складированных на временных или постоянных накопителях (свалках), постоянно возрастает, а работа по ликвидации несанкционированных свалок далека от завершения несмотря на прилагаемые усилия. Кроме того, следует учитывать, что даже после ликвидации несанкционированной свалки ее основание долгое время представляет собой источник загрязнения. В первую очередь это относится к болотным массивам, в которых многометровые толщи торфа, обладающего высокой пористостью, способны аккумулировать значительное количество загрязняющих веществ. Болота не являются замкнутыми системами, накопленные в них вещества-поллютанты мигрируют с грунтовыми и поверхностными водами, загрязняя прилегающие территории. Для оценки степени загрязнения торфяного массива, интенсивности и продолжительности миграции поллютантов требуется знать не только водопроницаемость и сорбционную способность торфа, но и особенности размещения отходов на заболоченной территории, характерные вещества-поллютанты, за которыми необходимо организовать наблюдение.

Для снижения негативного влияния складирования отходов на окружающую природную среду при устройстве полигонов следует выполнять изоляцию основания противофильтрационными экранами, а для предотвращения инфильтрации дождевых и талых вод в тело свалки необходимо устраивать покрытия. При проектировании свалок противофильтрационные экраны и покрытия зачастую выполняют из местных глинистых грунтов. Однако при проектировании таких экранов и покрытий для изоляции отходов не принимается во внимание зависимость их водно-физических свойств от сезонного промерзания-оттаивания.

В монографии представлены результаты исследования кинетики сорбционно-десорбционных процессов и миграции веществ-поллютантов, переносимых грунтовыми водами, в торфе и глинистых грунтах в условиях холодного климата, особенности численного моделирования распространения веществ-поллютантов в торфе, а также даны рекомендации по устройству новых и изоляции существующих накопителей отходов для территорий с малой плотностью населения.

Авторы выражают благодарность сотрудникам кафедры инженерной геологии, оснований и фундаментов САФУ за активное участие в исследованиях – А.В. Никитину, Ю.В. Саенко и С.В. Чуркину.

2. МОНИТОРИНГ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГРУНТОВЫХ ВОД И ГРУНТОВ НА УЧАСТКАХ СКЛАДИРОВАНИЯ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

2.1. Краткая характеристика природно-климатических условий региона и практика размещения отходов

Архангельская область расположена на севере Восточно-Европейской равнины, омывается Белым и Баренцевым морями. Территория области равнинная со слабым уклоном в северном направлении и небольшими возвышенностями, представляющими собой конечные ледниковые морены [45].



Рис. 2.1. Районы Архангельской области с заболоченностью более 20 %

Местность плохо дренирована, заболочена. Общая площадь болот в пределах материковой части Архангельской области составляет 5,8 млн га, или 18,8 % территории, из которых 73 % относятся к верховому типу, 19 % – к низинному и 8 % – к переходному типу. Болота в регионе размещены неравномерно, наиболее заболоченными являются северные районы и бассейн Северной Двины (рис. 2.1) [45, 55, 64].

Климат области умеренно-континентальный, для которого характерны прохладное лето и продолжительная холодная зима, частая смена воздушных масс, поступающих из Арктики и средних широт. Средняя температура

января изменяется от $-13,2$ до $-15,3$ °С, июля от $+13,4$ до $+16,7$ °С. Среднегодовое количество осадков 500...600 мм [23].

Численность населения области (без Ненецкого АО) по данным на 2021 г. составляет 1 млн 82 тыс. человек, из них городское население – 79 % [73]. Средняя плотность населения – 1,91 чел/км², причем население размещается весьма неравномерно. Наиболее плотно заселены юго-западные районы, где плотность населения составляет 1,68...4,90 чел/км² (без учета населения городов), тогда как в северо-восточных районах 0,23...0,26 чел/км².

По данным статистического наблюдения, несмотря на сокращение численности населения, в регионе с 2010 по 2020 гг. наблюдается рост объема образующихся твердых бытовых отходов (ТБО) (рис. 2.2) [10].

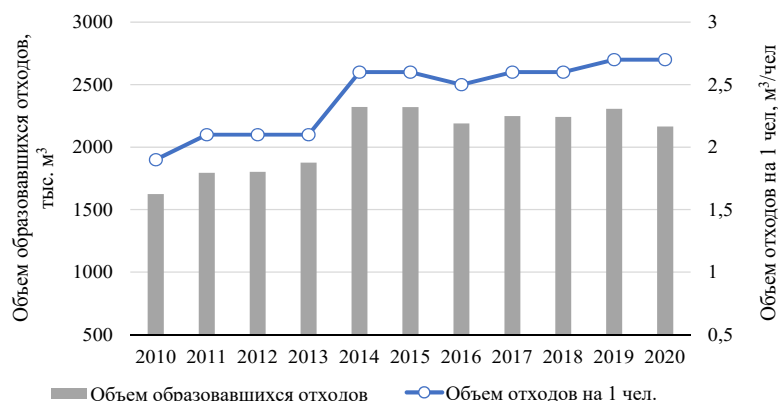


Рис. 2.2. Ежегодный объем образования ТБО в Архангельской области

Переработка и вторичное использование отходов ведутся в небольших объемах. Так, в 2020 г. было обезврежено и утилизировано лишь 4,2 %, оставшиеся отходы из-за отсутствия необходимой инфраструктуры и предприятий-переработчиков были складированы на временных или постоянных полигонах (свалках).

В Архангельском региональном реестре на 2020 г. значится 390 объектов размещения отходов, из них: 351 – муниципальные свалки, 39 – накопители отходов промышленных предприятий. Из указанного числа объектов только 14 % являются санкционированными и имеют разрешительные документы на вывоз, размещение и хранение отходов (рис. 2.3).

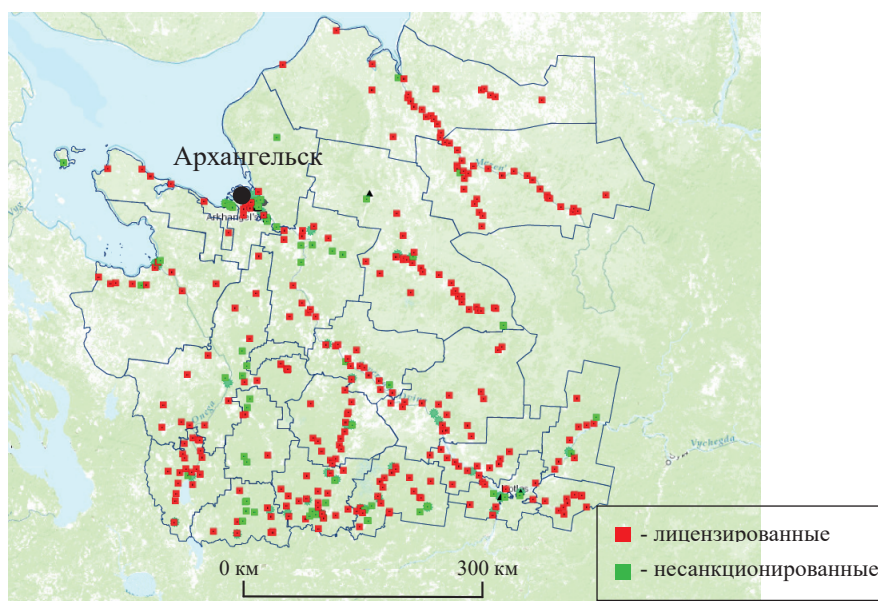


Рис. 2.3. Места размещения отходов в Архангельской области

В малых населенных пунктах проблема сбора и вывоза бытовых отходов стоит еще острее, зачастую мусор вывозится и складировается жителями или небольшими непрофильными предприятиями. Ежегодно увеличивается число стихийных свалок в лесах, вдоль дорог, на болотах и заболоченных территориях.



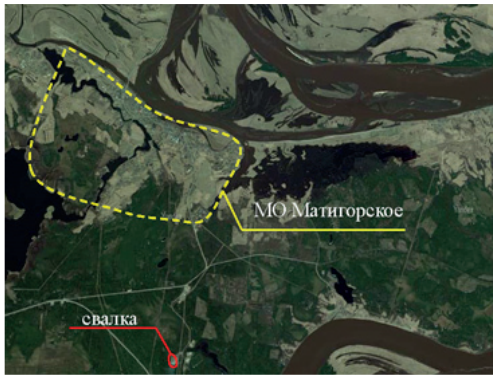
2.2. Рекогносцировочные исследования на накопителях ТБО

Рекогносцировочные исследования выполнялись на семи участках складирования твердых бытовых отходов на территории Архангельской области, схема расположения которых показана на рис. 2.4. Участки 1, 2, 4, 5 размещены на заболоченной местности, участки 3, 6, 7 – на глинистых грунтах. Характеристики участков приведены в табл. 2.1.



Рис. 2.4. Места складирования отходов в Архангельской области


Таблица 2.1. Характеристики участков складирования отходов

Номер участка	Ближайший населенный пункт	Координаты участка
1	<p>пос. 29-го лесозавода</p> <p>Описание. Участок расположен на расстоянии 0,6 км от поселка 29-го лесозавода с населением 1200 человек. Площадь свалки составляет 0,3 га. Высота отвала отходов – 1...1,5 м. На момент исследования складирование отходов прекращено и проведена рекультивация территории отсыпкой почвенного слоя и отходов лесопиления толщиной 0,2...0,4 м. Грунты основания представлены торфом слаборазложившимся</p>	<p>64°42'50"N, 40°36'30"E</p> 
2	<p>пос. Лайский док</p> <p>Описание. Участок находится на 23 км трассы Архангельск–Северодвинск. Здесь до 2009 г. складировались твердые бытовые отходы поселков Лайский док (население 730 чел.) и Рикасиха (около 2000 чел.). В 2010–2011 гг. проведена рекультивация территории отсыпкой почвенного слоя толщиной 0,4...0,5 м. Площадь участка 0,4 га, мощность отвала отходов в среднем составляет 1,5 м. В основании свалки залегает слаборазложившийся торф</p>	<p>64°31'43"N, 40°14'4"E</p> 
3	<p>д. Верхние Матигоры</p> <p>Описание. Участок расположен в 4,6 км от деревни Верхние Матигоры Холмогорского района. На участке складировались ТБО ближайших деревень МО «Матигорское» и «Холмогорское» с общим населением 7700 чел. Площадь участка складирования – 1,5 га, высота отвала отходов – 3...4 м. Верхний слой основания сложен мелким песком мощностью 0,5 м, под ним залегает суглинок тугопластичный</p>	<p>64°7'57"N, 41°40'18"E</p> 

Продолжение табл. 2.1

Номер участка	Ближайший населенный пункт	Координаты участка
4	<p>пос. Поньга</p> <p>Описание. Участок находится рядом с поселком Поньга Онежского района с населением 1000 чел. Площадь участка 0,14 га, слой отходов достигает высоты 2 м. Грунт основания – средне-разложившийся торф мощностью 1,5...2 м</p>	<p>63°53'30"N, 38°1'37"E</p> 
5	<p>пос. Самодед</p> <p>Описание. Участок находится на расстоянии 1,4 км от поселка Самодед Плесецкого района с населением 1250 чел. Первоначально на участке размещались отходы лесопиления, в настоящее время на нем складировались ТБО. Толщина слоя отходов лесопиления составляет 2...5 м, ТБО – до 1,5 м. Площадь свалки – 0,21 га. Основание сложено слаборазложившемся торфом</p>	<p>63°36'15"N, 40°32'51"E</p> 
6	<p>пос. Березник</p> <p>Описание. Участок расположен в 2 км от поселка Березник Виноградовского района с численностью населения около 5400 чел. Площадь участка составляет 1,3 га, мощность слоя отходов достигает 3,5 м. Основанием свалки служит мелкий песок (мощность слоя до 0,6 м), под ним залегает суглинок тугопластичный</p>	<p>62°50'2"N, 42°47'20"E</p> 

Окончание табл. 2.1

Номер участка	Ближайший населенный пункт	Координаты участка
7	г. Онега Описание. Участок расположен в 8 км от г. Онеги с численностью населения около 21350 чел.. Площадь участка составляет 2,2 га, мощность слоя отходов достигает 7 м. Основанием свалки служит мелкий песок (мощность слоя до 0,8 м), под ним залегает суглинок тугопластичный	63°59'4"N, 38°09'90"E 

На каждом из участков на расстоянии 2...4 м от границ отвала отходов были отобраны пробы грунтовой воды и грунтов из шурфов с глубины 0,5...1,0 м (рис. 2.5). Фоновые пробы грунтовых вод отбирались на расстоянии 140...500 м от участка складирования в местах, не подверженных влиянию стока фильтрата со свалки.

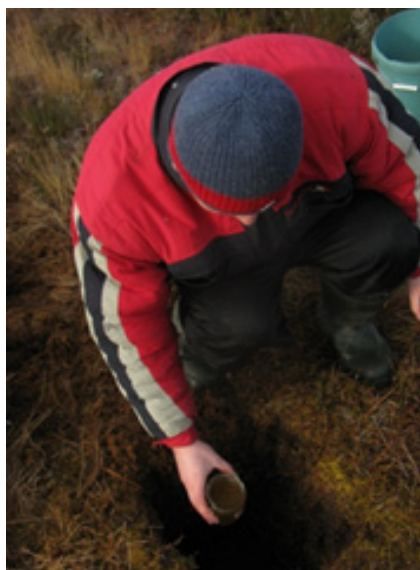


Рис. 2.5. Отбор проб грунтовых вод рядом со свалкой