



Федеральное государственное
бюджетное учреждение науки
Федеральный исследовательский центр
«Коми научный центр
Уральского отделения
Российской академии наук»

НАУЧНЫЕ ДОКЛАДЫ

РИСКИ ОТ РАЗМЕЩЕНИЯ КРУПНЫХ ПОЛИГОНОВ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ НА СЛАБОВОСТАНАВЛИВАЮЩИХСЯ ТЕРРИТОРИЯХ СЕВЕРА РОССИИ (на примере станции Шиес, Архангельская область)

СЫКТЫВКАР 2020

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки
Федеральный исследовательский центр
«Коми научный центр Уральского отделения
Российской академии наук»

Институт биологии Коми научного центра
Уральского отделения Российской академии наук

Научные доклады
Выпуск 525

РИСКИ ОТ РАЗМЕЩЕНИЯ КРУПНЫХ
ПОЛИГОНОВ ТВЕРДЫХ
КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ
НА СЛАБОВОССТАНАВЛИВАЮЩИХСЯ
ТЕРРИТОРИЯХ СЕВЕРА РОССИИ
(НА ПРИМЕРЕ СТАНЦИИ ШИЕС,
АРХАНГЕЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Сыктывкар, 2020

УДК 504.61:574(470.11)
DOI: 10.19110/89606-007

Риски от размещения крупных полигонов твердых коммунальных отходов на слабовосстанавливающихся территориях Севера России (на примере станции Шиес, Архангельская область) / Коллектив авторов. Сыктывкар, 2020. 44 с. (Научные доклады / ФИЦ Коми НЦ УрО РАН. Вып. 525).

Представлены результаты натуральных исследований и прогнозной оценки состояния экосистем района предполагаемого строительства полигона твердых производственных и бытовых отходов (ЭкоТехноПарк «Шиес»). Установлены характеристики почвенного и растительного покровов, особенности химического состава поверхностных вод района. Рассчитаны треки атмосферной циркуляции от предполагаемого источника атмосферной эмиссии. Материалы спутниковых съемок позволили охарактеризовать площади доминирующих классов растительного покрова. Установлены ограничения для реализации проекта. Выполнены предварительные расчеты ущерба окружающей среде от потери экосистемных услуг.

Risks from solid municipal waste placement on large polygons located on weakly restoring territories of the Russian North (based on the example of railway station Shies, Arkhangelsk region) / A group of authors. Syktyvkar, 2020. 44 p. (Scientific reports / FRC Komi SC of the Ural Branch of RAS. No. 525)

The results of field studies and a predictive assessment of the state of the ecosystems are presented for the area of the proposed construction of waste polygon (EcoTechnoPark «Shies»). The characteristics of soil and vegetation cover and the features of the chemical composition of the surface waters are established. The atmospheric circulation tracks are calculated for the alleged source of atmospheric emission. The satellite imagery materials allowed to characterize the areas of the dominant classes of vegetation cover. Limitations for the implementation of the project are established. Preliminary calculations of environmental damage from loss of ecosystem services have been performed.

Редакционная коллегия:
акад. А.М. Асхабов (отв. редактор),
чл.-корр. РАН В.Н. Лаженцев (зам. отв. редактора),
к.х.н. А.Я. Полле (отв. секретарь),
чл.-корр. РАН А.В. Кучин, д.м.н. Е.Р. Бойко, д.и.н. И.О. Васкул,
д.ф.-м.н. Н.А. Громов, д.б.н. С.В. Дёгтева, д.э.н. Л.А. Попова,
д.х.н. С.А. Рубцова, д.г.-м.н. С.Н. Харин, д.филол.н. Е.А. Цыпанов,
к.э.н. А.А. Юдин

Рецензент:
чл.-корр. РАН, проф. Н.В. Лукина,
директор Центра по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН
(ЦЭПЛ РАН), председатель Научного совета РАН по лесу

© Коллектив авторов, 2020
© ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, 2020
© ИБ Коми НЦ УрО РАН, 2020

Введение

Создание полигонов складирования и захоронения твердых коммунальных отходов (ТКО)¹ остается одним из основных путей решения проблемы утилизации бытового мусора и промышленных отходов III-V классов опасности как в России, так и во многих странах мира на современном этапе развития. Как показывает отечественный и зарубежный опыт, полигоны ТКО – это источники серьезных экологических рисков для окружающей среды и здоровья населения. Происходит загрязнение практически всех компонентов природной среды (почв, поверхностных и подземных вод, атмосферного воздуха) органическими и неорганическими поллютантами, включая микроэлементы и канцерогены. Полигоны захоронения ТКО являются серьезным источником загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу. В результате минерализации органических веществ образуется свалочный газ, основные его компоненты – это метан и диоксид углерода. Сопутствующими продуктами разложения являются толуол, аммиак, ксилол, оксид углерода, формальдегид, бензол, этилбензол и другие. Необходимость выполнения представленного исследования обусловлена общественным резонансом, возникшим вокруг планов

¹ **Твердые коммунальные отходы** – отходы, образующиеся в жилых помещениях в процессе потребления физическими лицами, а также товары, утратившие свои потребительские свойства в процессе их использования физическими лицами в жилых помещениях в целях удовлетворения личных и бытовых нужд. К твердым коммунальным отходам также относятся отходы, образующиеся в процессе деятельности юридических лиц, индивидуальных предпринимателей и подобные по составу отходам, образующимся в жилых помещениях в процессе потребления физическими лицами [Федеральный закон от 24 июня 1998 г. № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления»] (п.3.13. СП 320.1325800.2017).

Полигоны твердых коммунальных отходов – специально оборудованные сооружения, предназначенные для размещения и обезвреживания отходов (п.3.7. СП 320.1325800.2017).

Захоронение отходов – изоляция отходов, не подлежащих дальнейшей утилизации, в специальных хранилищах в целях предотвращения попадания вредных веществ в окружающую среду [Федеральный закон от 24 июня 1998 г. № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления»] (п. 3.1. СП 320.1325800.2017).

строительства полигона твердых производственных и бытовых отходов (ЭкоТехноПарк «Шиес»), отсутствием материалов проектной документации по строительству, детальных картографических материалов, необходимостью объективной оценки современного состояния природных комплексов территории и возможности строительства полигона в данном районе. Приказом ФИЦ Коми научный центр УрО РАН № 106 от 08.05.2019 г. была создана рабочая группа по вопросу возможного строительства полигона твердых производственных и бытовых отходов ЭкоТехноПарк «Шиес».

История вопроса

В 2018 г. ОАО «Российские железные дороги» передало в аренду на 11 месяцев земельный участок площадью 44 га рядом со станцией Шиес компании ЭкоТехноПарк «Шиес» (строительство бытового городка с подсобными объектами для будущего полигона). Соседний лесной участок площадью 300 га был передан Министерством природных ресурсов и лесопромышленного комплекса Архангельской области 16.05.2019 г. для выполнения изыскательских работ в целях проектирования «высокотехнологического объекта по обращению с твердыми коммунальными отходами в районе станции Шиес» (без проведения рубок лесных насаждений). Дополнительно Минприроды Архангельской области предоставило в пользование московскому ГБУ «Автомобильные дороги» земельный участок в 15 га под размещение железнодорожных путей для разгрузки отходов и площадку их складирования. На участке вырублены древесные насаждения, осуществлен завоз грунта и гравийной отсыпки, начаты работы по строительству полигона твердых производственных и бытовых отходов (ЭкоТехноПарк «Шиес»). До настоящего времени не предоставлено документов, обосновывающих строительство и подтверждающих намеченную хозяйственную деятельность. Активность местного населения, отстаивающего право на благо-

приятную окружающую среду, достоверную информацию о ее состоянии и на возмещение ущерба, причиненного его здоровью или имуществу экологическим правонарушением, остановила строительство, привлекла внимание и вызвала широкий общественный резонанс.

Для получения полной информации о природной среде территории проведен анализ всех опубликованных и архивных материалов, сотрудниками Института биологии Коми НЦ УрО РАН в июне 2019 г., марте 2020 г. выполнены комплексные полевые исследования участка. Проведен анализ материалов архивных и современных спутниковых съемок, полученных из открытых источников: спектрональных изображений Landsat и Sentinel (источник данных <https://glovis.usgs.gov/>), рассчитанной цифровой модели рельефа.

Район исследований

Территория исследований расположена в 120 км к северо-востоку от г. Коряжмы Архангельской области, в 95 км к северо-западу от г. Сыктывкара, в 32 км к юго-западу от пгт. Жешарт Усть-Вымского района Республики Коми, в подзоне средней тайги. Участок предполагаемого строительства занимает водораздел рек Шиес и Камашор – притоков первого порядка р. Вычегды и локализован в непосредственной близости от речной долины. Для р. Вычегды характерны извилистость русла и высокий коэффициент меандрирования, расширение долины, увеличение ширины поймы и речных террас, большое количество старичных озер и значительных по размеру заболоченных участков.

Рельеф территории – равнинный, с абсолютными высотами 120-135 м над ур.м., что обуславливает специфику ее растительного покрова. В соответствии с геоморфологическим строением (Геологическая..., 2013), данная территория имеет флювиальный эрозионно-аккумулятивный рельеф позднеплейстоценового-голоценового возраста.

та. Третья надпойменная терраса позднеплейстоценового (сулинский, лайский горизонты, нерасчлененные) возраста р. Вычегды имеет ровную поверхность, полого наклоненную в сторону русла главного водотока. На плоских водоразделах широко распространены различные лесные сообщества, в понижениях рельефа формируются болотные массивы.

Биогенный аккумулятивный рельеф голоценового возраста развит в пределах ванн современных болот верхового, низинного и переходного типов. Представлен плоскими субгоризонтальными площадками поверхностей современных болот. Специфические формы микро-рельефа – топи, низкие гряды, межгрядовые мочажины, кочки с относительной высотой до 1,0-1,5 м.

В структурно-тектоническом плане (по осадочному чехлу) данная территория принадлежит Сысольской котловине – структура второго порядка Нижневычегодской впадины Русской плиты Восточно-Европейской платформы (Геологическая..., 2013). В неотектоническом плане в районе Шиес выделяется локальное бескорневое неотектоническое поднятие. Здесь возможны проявления сейсмической активности, территория входит в состав сейсмогенной зоны категорий I-II с возможными землетрясениями с магнитудой ($5,0 \leq M \leq 6,0$) (Лютоев, Лютоева, 2017).

Наиболее крупные водотоки имеют выработанные продольные профили, приближающиеся к кривой равновесия с плавным возрастанием продольных уклонов вверх по течению (от 0,50-0,53 до 0,63-0,65 м/км), а также лоткообразные поперечные профили с террасированными склонами. Заболоченные лесные сообщества территории, примыкающей к поселку, уцелели от крупного пожара, контур нарушений от которого (свежий выгоревший лес) (рис. 1) отчетливо читается на спутниковых изображениях Landsat MSS 18.07.1973. Его распространение остановлено участками переувлажненных и заболоченных лесных сообществ, доминирующих в растительном покрове территории предполагаемого строительства. Коренные ста-

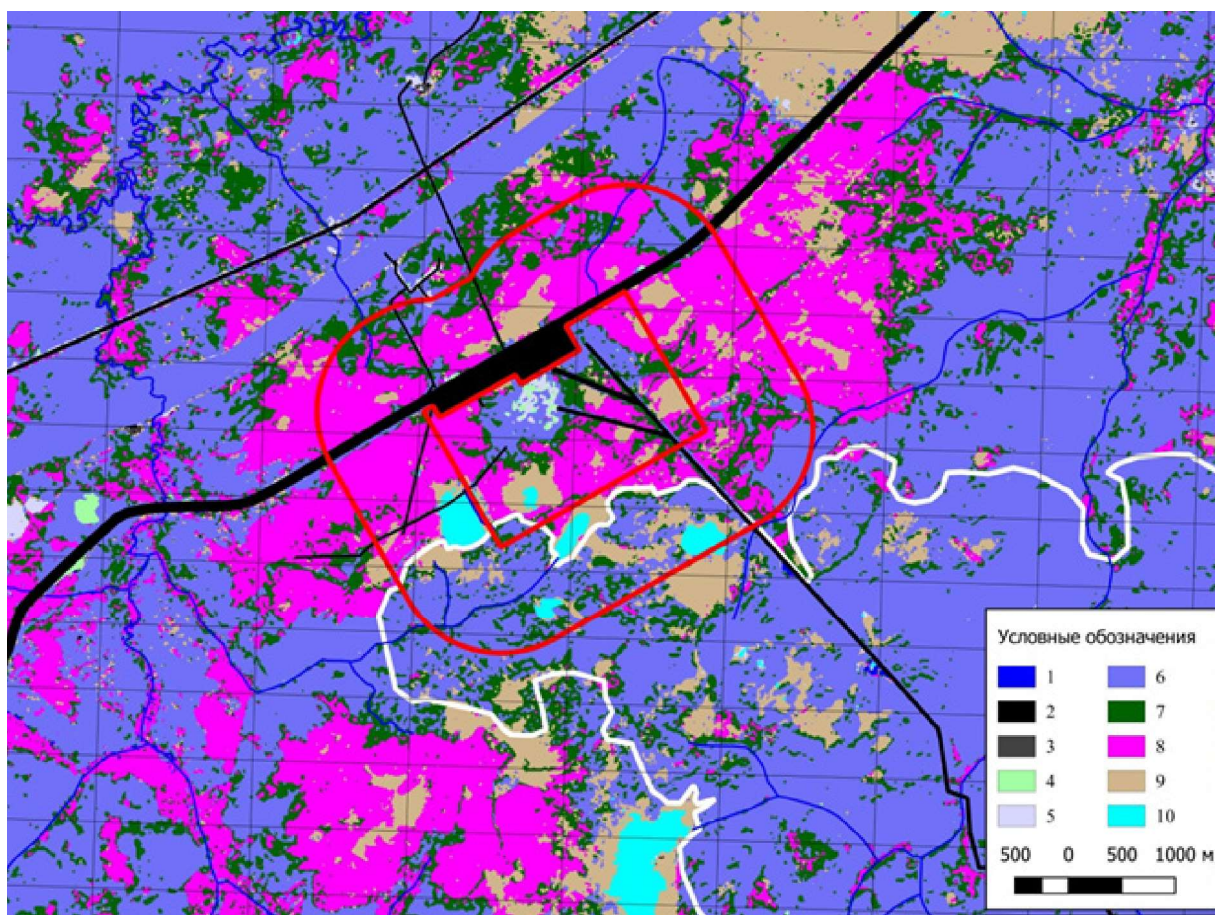


Рис. 1. Распределение доминирующих классов растительного покрова по материалам дешифрирования спектрзональных спутниковых изображений (Sentinel-2, съемка от 30.07.2018). Нанесены контуры предполагаемого строительства и буферной зоны 1 км (красный контур), зафиксированного пожара (белый контур), по данным съемки Landsat MSS (18.07.1973).

Цифрами обозначены классы: 1 – водные поверхности; 2 и 3 – участки нарушенного почвенно-растительного покрова; 4 – луга и травяно-осоковые сообщества; 5 – сообщества восстанавливающихся участков; 6 – лиственные леса (березняки); 7 – смешанные хвойно-лиственные леса; 8 – заболоченные хвойные леса (ельники сфагновые, сфагново-долгомошные, травяные); болотные комплексы: 9 – сосново-кустарничково-пушицево-сфагновые (верховые и переходные); 10 – кустарничково-пушицево-сфагновые.

ровозрастные леса (возрастом до 150-160 лет), не представляющие коммерческой ценности, сформировали на территории рефугиумы с высоким уровнем биологического разнообразия. Среди эталонов ненарушенных хозяйственной деятельностью лесов отмечены редкие и индикаторные лишайники, подчеркивающие особую ценность и уникальность фитоценозов территории.

По материалам спутниковой съемки коренные типы растительных сообществ на территории, прилегающей к участку работ, представлены преимущественно еловыми зеленомошными, заболоченными еловыми, сосновыми, елово-березовыми и лиственными лесами. Фрагментарно на участке расположены значительные площади болотных массивов. Большинство широко распространенных в районе лиственных и смешанных лесов представляют собой этапы восстановления сообществ, нарушенных пожарами и рубками. При характеристике доминирующих классов растительного покрова использовали материалы полевых маршрутных наблюдений в сочетании с данными спектрально-зональных спутниковых съемок, что предоставляет более высокие возможности для крупномасштабного картографирования растительного покрова и корректного дешифрирования классов растительности даже в сравнении с визуальными пешеходными и аэроблюдениями (Способ..., 2012). С появлением доступных для широкого использования материалов спутниковой съемки 10-метрового разрешения Sentinel-2 корректность распознавания классов растительности существенно возросла. Заболоченность территории окрестностей ж/д станции Шиес хорошо выделена на спутниковых изображениях Sentinel-2 (2019) и последующей классификации. Гидроморфные сообщества занимают 54,8% обследованной территории, из них наибольшие площади – это хвойные заболоченные леса (37,8%) и участки болот (15,6%), менее распространены осоковые сообщества на месте заброшенного поселка (1,41%) (табл. 1).

Таблица 1

Распределение доминирующих классов земной поверхности и растительного покрова в пределах участка предполагаемого строительства

Выделенные классы	S, га	%
1	2	3
Водные поверхности	0,23	0,08
Участки нарушенного почвенно-растительного покрова	0,4	0,13
Луга и травяно-осоковые сообщества	4,3	1,41

1	2	3
Зарастающие вырубки	6,36	2,09
Лесные сообщества		
Листоенные леса (березняки)	69,15	22,7
Смешанные хвойно-листоенные леса	61,6	20,2
Заболоченные хвойные леса	115,22	37,8
Болотные комплексы		
Сосново-кустарничково-пушицево-сфагновое	43,76	14,4
Кустарничково-пушицево-сфагновое	3,5	1,15
Итого:	304	100

Антропогенно нарушенные экосистемы на территории исследования представлены: (а) территорией ж/д станции Шиес; (б) территорией бывшего поселка Шиес-Айкинский; (в) сетью грунтовых дорог, связывающих ж/д станцию Шиес с удаленными поселками. Растительный покров на территории заброшенного поселка Шиес-Айкинский (<http://urdoma.info/post/34640>) в значительной степени преобразован. Поселок фигурирует на старых топографических картах. Он был создан в 40-х гг. прошлого столетия, сначала как лагпункт, затем как поселок лесозаготовителей просуществовал до конца 60-х – начала 70-х гг. XX в. За прошедшее время вся инфраструктура и жилой фонд поселка полностью ликвидированы. Единично сохранились отдельные фрагменты срубов, заборов, железобетонных конструкций и пр. Территория поселка в настоящее время активно зарастает видами местных травянистых растений (преимущественно гигрофитами) и кустарников (ивой, смородиной красной). В травяном ярусе доминирует лабазник вязолистный, осоки, гравилат речной и др. По словам местного населения, поселок построен на заболоченной территории. Для его осушения была организована сеть дренажных канав, многие из которых сохранились до настоящего времени. На момент проведения обследования дренажные канавы полностью заполнены водой.

Несмотря на имеющуюся сеть дрен на территории бывшего поселка четко фиксируется процесс вторичного заболачивания. На многих участках сформирован кочковатый микрорельеф за счет осоки дернистой (*Carex caespitosa*), характеризующейся наличием узлов кущения над поверхностью почвы. Последовательное формирование кочек осоки препятствует стоку поверхностных вод, обуславливая застой влаги и развитие поверхностного заболачивания. Развитию вторичного заболачивания способствуют также: (1) нарушение стока дренажных вод по сети дрен из-за их обрушения; (2) резкое уменьшение десукции (потребления почвенной воды растениями) из-за вырубki деревьев на прилегающих к поселку лесных участках. Избыток поверхностных вод благоприятствует расселению сначала травянистых болотных растений (осоки, хвощи), затем сфагновых мхов и развитию заболачивания по верховому типу.

Участки зарастания пионерными сообществами

На месте участков, подвергавшихся или испытывающих в настоящее время частое механическое воздействие, растительный покров уничтожен или значительно разрежен, структура сообществ упрощена. Видовой состав травянистых растений обеднен и представлен преимущественно адвентивными, рудеральными и пионерными видами. Главная ценообразующая роль принадлежит местным видам – апофитам, из них наиболее часто встречаются иван-чай обыкновенный (*Chamaenerion angustifolium*), мать-и-мачеха обыкновенная (*Tussilago farfara*), вейник наземный (*Calamagrostis epigeios*), злаки (щучка дернистая (*Deschampsia cespitosa*) и полевица тонкая (*Agrostis tenuis*)), хвощ лесной (*Equisetum sylvaticum*), клевер ползучий (*Amoria repens*). Вдоль железнодорожной насыпи отмечено произрастание истода обыкновенного (*Polygala vulgaris*).

Редкие и нуждающиеся в охране виды животных, растений и лишайников

Рубка и снижение первичной продуктивности приведут к значительному сокращению численности зоофауны (и ее трансформации) и промысловых видов (лось, кабан, горноста́й, ласка, лисица, бобр). На проектируемой территории полигона и в зоне его воздействия расположены ареалы обитания 15 видов редких и охраняемых животных, включенных в Красную книгу Российской Федерации (скопа, беркут, орлан-белохвост, сапсан) и перечень видов, рекомендуемых для внесения в Красную книгу Архангельской области (большая выпь, лебедь-кликун, обыкновенный осоед, чеглок, кобчик, филин, мохноногий сыч, воробьиный сыч, длиннохвостая неясыть, бородатая неясыть, белка-летяга).

В р. Вычегде и ее притоках водятся следующие виды рыб: лещ (*Abramis brama*), окунь (*Perca fluviatilis*), щука (*Esox lucius*), налим (*Lota lota*), язь (*Leuciscus idus*), голавль (*Squalius cephalus*), плотва (*Rutilus rutilus*), ерш (*Gymnocephalus cernua*), пескарь (*Gobio gobio*), нельма (*Stenodus nelma*), хариус (*Thymallus thymallus*), реже – судак (*Sander lucioperca*), стерлядь (*Acipenser ruthenus*). В притоках Вычегды существуют нерестово-вырастные угодья атлантического лосося – семги (*Salmo salar*). Реки Ленского района: Яренга с притоками, Верхняя Лупья, Ленка, Виледь, входят в перечень семужьенерестовых и лососевых рек Архангельской области.

В ходе полевых исследований, проведенных в июне 2019 г., в границах строительства полигона твердых производственных и бытовых отходов было выявлено четыре вида лишайников (лобария легочная – *Lobaria pulmonaria*, бриория Фремонта – *Bryoria fremonti*, нефромопсис Лайрера – *Nephromopsis laureri*, псевдеверния зернистая – *Pseudevernia furfuracea*) и два вида сосудистых растений (пальчатокоренник Траунштейнера – *Dactylorhiza traunsteineri*, п. кровавый – *D. cruenta*), охраняемых на территории Архангельской области (Красная книга Ар-

хангельской области..., 2020). Из них четыре таксона (*Lobaria pulmonaria*, *Bryoria fremontii*, *Nephromopsis laureri*, *Dactylorhiza traunsteineri*) включены в Красную книгу Российской Федерации (2008). В перечень объектов растительного мира, нуждающихся в особом внимании к их состоянию в природной среде и рекомендуемых для бионадзора в Архангельской области, вошел еще один редкий лишайник рамалина волосовидная (*Ramalina thrausta*) (табл. 2). В итоге на обследованной территории установлены местообитания шести представителей растительного мира и лишайников, включенных в Красные книги различного ранга. Еще один вид нуждается в биологическом надзоре за состоянием его популяций в природе.

Таблица 2

Список охраняемых видов лишайников и сосудистых растений района размещения полигона

Вид	Статус охраны в Красной книге Архангельской области (2020)	Статус охраны в Красной книге Российской Федерации (2008)
1	2	3
Лишайники		
1. Лобария легочная – <i>Lobaria pulmonaria</i> (L.) Hoffm.	3 редкий вид	2б уязвимый вид, сокращающийся в численности в результате изменения условий существования, разрушения местообитаний и сбора
2. Бриория Фремонта – <i>Bryoria fremontii</i> (Tuck.) Brodo et D. Hawksw.	3 редкий вид	3б редкий вид. Имеет значительный ареал, в пределах которого встречается с небольшой численностью популяций
3. Нефромопсис Лаурера – <i>Nephromopsis laureri</i> (Kremp.) Kurok.	3 редкий вид	3б редкий вид. Имеет значительный ареал, в пределах которого встречается с небольшой численностью популяций
4. Псевдеверния зернистая – <i>Pseudevernia furfuracea</i>	3 редкий вид	
5. Рамалина волосовидная – <i>Ramalina thrausta</i> (Ach.) Nyl.	Бионадзор	

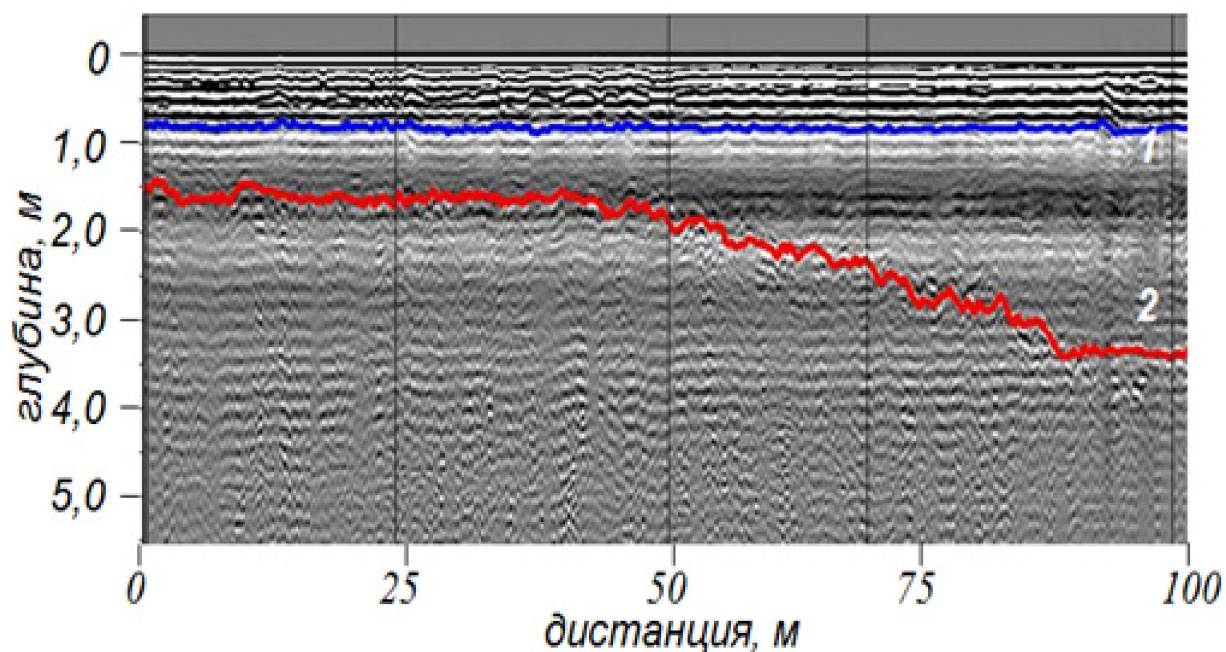
1	2	3
Сосудистые растения		
6. Пальчатокоренник Траунштейнера – <i>Dactylorhiza traunsteineri</i> (Saut.) Soo s.l.	3 редкий вид	Зб,в редкий вид. Вид с дизъюнктивным ареалом
7. Пальчатокоренник кровавый – <i>Dactylorhiza cruenta</i> (O.F. Muel.) Soo.	3 редкий вид	

Почвенный покров территории

Согласно почвенно-географическому районированию (Добровольский, Урусевская, 2005), обследованный участок расположен на границе двух почвенных провинций: (1) Онежско-Печорской провинции глееподзолистых, болотно-подзолистых и болотных почв; (2) Онего-Вычегодской провинции подзолистых и болотно-подзолистых почв. Рельеф территории – равнинный, с абсолютными высотами 120-135 м над ур.м.

Характеристика почвенного покрова рассматриваемой территории приведена на основании маршрутного обследования и описания прикопок на ключевых участках. В болотных массивах мощность торфяной залежи оценивали методом ручного бурения с использованием бура для отбора проб торфа. В марте 2020 г. в пределах природных комплексов территории проведена георадарная съемка по заложенным профилям с протяженностью от 0,5-1,5 км с использованием георадара Zond 12-Е с антенной 300 МГц (рис. 2 А). Учитывая сроки выполнения работ, полнопрофильные разрезы не закладывали, пробы почв для выполнения физико-химических исследований не отбирали.

Болотно-подзолистые почвы приурочены к заболоченным лесам, которые в основном представлены на обследованной территории. Распространение сочетаний торфянисто-подзолисто-глееватых и торфяно-подзолисто-



(А)

(Б)



Рис. 2. Изображение радиолокационного сечения одной из трансект исследованного участка на профиле экотона лес – верховое болото. Отмечены нижние границы снежной толщи (1) и обводненной торфяной залежи (2), по данным георадарного зондирования (А). Участок разгрузки подземных вод на поверхность (родник) (Б).

глеевых почв подчеркивает комплексность почвенного покрова таежных лесов. Для первых характерна мощность торфяного горизонта 10-20 см, для вторых – 20-30 см. В заболоченных (переувлажненных) ложбинах с осоково-сфагновым напочвенным покровом, встречающихся в пределах заболоченных лесных массивов, представлены торфяно-глеевые почвы, мощность торфяного горизонта в которых может ограничиваться всего 10-20 см. Ниже по

профилю развит сизый глеевый горизонт. Все почвы оказались переувлажненными, что объясняется раннелетним периодом проведения обследований. В профилях болотно-подзолистых почв сохранялась верховодка, глубина залегания которой фиксировалась в пределах 30-40 см от поверхности почв.

Болотные верховые торфяно-глеевые и болотные верховые торфяные почвы отмечены на участках болотных массивов (часто с редкостойной сосной и единичной березой) с кустарничково-сфагновым покровом. Мощность торфа, по данным георадарного зондирования, превышает более 1,5-2,0 м.

Почвенный покров обследованной территории также сформирован под влиянием антропогенного воздействия. В частности, на территории бывшего поселка лесозаготовителей Шиес-Айкинский в настоящее время идет процесс самовосстановления нарушенных почв через стадии формирования вторичных растительных сообществ с развитым травяным ярусом. Наличие сохранившихся с 60-70-х гг. прошлого столетия дренажных канав сдерживает процесс естественного заболачивания этой территории. Грунтовые и лесовозные дороги определяют изменение гидрологического режима (изменение поверхностного и внутрипочвенного латерального стоков) прилегающих к ним участков лесных массивов, обуславливая подтопление лесов с одной стороны дороги и подсушивание – с другой. Рубка лесов, проводимая в промышленных масштабах в 60-70-е гг. прошлого столетия, способствовала дополнительному переувлажнению почв на первых этапах послерубочной сукцессии и изменению их некоторых физико-химических свойств – на последующих после восстановления листового древостоя.

Развитие процессов подтопления на участках перекрытия стоков

Строительство насыпей без обустройства должного водоотведения на отдельных участках перекрыло есте-

ственные пути миграции поверхностных и почвенно-грунтовых вод. Это привело к их подтоплению, что сопровождается усыханием древостоя, развитием гигрофильных видов мхов и трав. Отсутствие закрепления склонов насыпных сооружений в районе строительства разгрузочно-погрузочной площадки на ж/д станции Шиес способствует активному переносу песчаного материала и погребению прилегающих участков. Вынос песка на участке стока поверхностных вод от водоотводной канавы в восточной части строительной площадки привел к постепенному его накоплению в русле руч. Безымянный.

Гидрохимическая характеристика территории предполагаемого строительства

Согласно гидрологическому районированию территории (Атлас..., 1976), участок исследования локализован на границе Северодвинско-Вычегодского района пойменных рек и Верхнелальского района глубоких речных долин Онега-Вага-Двинского округа, входящего в состав Онега-Двина-Мезенской области. Для последней характерны реки равнинного типа, средняя густота речной сети – 0,37 км/км², коэффициент озерности – 2,5%. Болота и заболоченные земли многочисленны, занимают до 60% площади (болота – до 12%). Питание осуществляется за счет атмосферных осадков и разгрузки подземных вод. Поверхностные воды имеют преимущественно гидрокарбонатно-кальциевый химический состав ультрапресные, в период весеннего половодья минерализация менее 50 мг/дм³. Химический состав вод формируется в основном за счет компонентов, поступающих с поверхности водосбора, атмосферных осадков, большое влияние оказывает заболоченность территории. Поверхностные воды на рассматриваемом участке представлены преимущественно:

– болотными водами верховых и переходных болотных массивов сфагновых, сосново-сфагново-кустарничко-

вых сообществ, для которых характерен отсутствующий или очень незначительный по величине сток. Данные водные объекты могут быть отнесены к ложногрунтовыми водам, как не имеющим над собой постоянной и выдержанной в латеральном плане зоны аэрации (Шапошников, 1978);

– речными водами лесных речек и ручьев (правый приток руч. Безымянный);

– дренажно-коллекторными водами (дренажные траншеи зарастающие, старовозрастные и свежие по периметру строительной площадки).

В ходе полевых наблюдений зимнего периода 2020 г. на территории предполагаемого строительства отмечены участки разгрузки подземных вод на поверхность в виде родников. Участки хорошо маркируются по незамерзшим обводненным мочажинам, с отсутствующим снежным покровом и струящимся истечением вод (см. рис. 2 Б).

Результаты аналитических исследований, выполненных в лаборатории Института биологии Коми НЦ УрО РАН, представлены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты химического анализа поверхностных вод для территории исследований

Показатель	Ед. изм	Нормативы		Содержание в пробе			
		ПД _{КХ-п} [*] , мг/дм ³	ПД _{КР-Х} ^{**} , мг/дм ³	1	2	3	4
1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Общие показатели</i>							
Удельная электропроводность	мкСм/см	-	-	45.4	275	40.9	42.9
Водородный показатель, рН	б/р	6.5-8.5	6.5-8.5	4.14	7.21	4.90	4.27
Сухой остаток	мг/дм ³	-	-	93	300	163	149
<i>Главные ионы</i>							
Хлориды, Cl ⁻	мг/дм ³	350.0	300.0	<0.5	19.6	0.76	<0.5
Сульфаты, SO ₄ ²⁻	мг/дм ³	500.0	100.0	<2.0	21.7	<2.0	<2.0

Окончание табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8
Кальций, Ca ²⁺	мг/дм ³	-	180.0	0.91	46	4.5	2.7
Магний, Mg ²⁺	мг/дм ³	50.0	40.0	0.31	8.8	1.15	0.78
Натрий, Na ⁺	мг/дм ³	200.0	120.0	0.94	8.1	1.29	0.70
Калий, K ⁺	мг/дм ³	30.0	50.0	0.32	3.8	1.09	0.66
<i>Загрязняющие вещества органического происхождения</i>							
Биохимическое потребление кислорода, БПК ₅	мг/дм ³	≤2.000	-	1.76	3.7	1.04	0.96
Химическое потребление кислорода, ХПК	мгО/дм ³	15.000	-	146	95	110	135
Нефтепродукты	мг/дм ³	0.300	0.050	0.0058	0.071	0.008	0.013
Фенол	мкг/дм ³		1.0	0.47	1.00	0.39	1.29
<i>Биогенные компоненты</i>							
Аммоний-ион, NH ₄ ⁺	мг/дм ³	1.50	0.50	0.33	0.64	0.39	0.33
Нитриты, NO ₂ ⁻	мг/дм ³	3.30	0.08	<0.01	0.014	<0.01	<0.01
Нитраты, NO ₃ ⁻	мг/дм ³	45.00	40.0	<0.01	0.25	<0.01	<0.01
<i>Загрязняющие вещества неорганического происхождения</i>							
Железо общее растворенное, Fe _{общ.}	мг/дм ³	0.3000	0.10	1.85	1.07	2.5	2.9
Цинк, Zn	мкг/дм ³	1000	10	14	<5.0	14	11
Медь, Cu	мкг/дм ³	1000	1	<1.0	1.5	1.8	1.5
Свинец, Pb	мкг/дм ³	10	6	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0
Марганец, Mn	мкг/дм ³	100	10	83	123	113	94

Примечание. Значения предельно допустимых концентраций представлены согласно: * – ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования»; ** – «Нормативам качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативам предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения»; 1 – жирным шрифтом выделены значения, превышающие нормативы.

Заболоченность водосбора территории обуславливает специфичность гидрологического режима и химического состава поверхностных вод. Улучшение условий аэрации поверхностных вод, прослеживаемое в направлении от болотных экосистем к лесным водотокам, связано с ростом интенсивности водообмена. Последнее существенно изменяет окислительно-восстановительный потенциал и кислотно-основное состояние системы и, как следствие, влияет на растворимость многих соединений. Исследованные образцы поверхностных вод отражают общую картину их трансформации под влиянием изменения условий анаэробнобиоза и могут быть выстроены в ряд: болотные воды (образец 1 – преимущественно анаэробные условия) → дренажные воды осушительной сети (образцы 2 и 3 – нарастание аэробных условий) → воды ручьев и естественных водотоков (образец 4 – аэробные условия).

Качественные показатели рассмотренных образцов поверхностных вод подчинены общим закономерностям гидрохимической зональности. В таежной зоне речные воды относятся, как правило, к классу гидрокарбонатно-кальциевых, пресных вод. Показатель минерализации может варьировать от ультрапресных ($< 0,2$ г/дм³) до солоноватых и соленых (2-5 г/дм³) в зависимости от сезона года, зональных особенностей (Телицин, 2004) и специфики химического состава разгружающихся в водотоки подземных вод. В водных пробах показатель минерализации варьировал в пределах 93-300 мг/дм³, что соответствует ультрапресным (образец 1 – болотная вода) и пресным (образцы 4 – речная и 2, 3 – дренажные воды). Наибольшими величинами содержания минеральных компонентов (сухой остаток – 300 мг/дм³, удельная электропроводность – 275 мкСм/см) характеризовался образец 2, опробованный в дренажной траншее на территории строительной площадки. Для данного образца отмечено существенно более высокое содержание всех катионов (K^+ , Na^+ , Mg^{2+} и, особенно, Ca^{2+}), а также хлорид- и сульфат-ионов, по сравнению с остальными

ми пробами воды. Это обусловлено, по всей видимости, особенностями свежего антропогенного загрязнения почвенно-грунтовых вод при проведении строительных работ по организации строительной площадки в последние месяцы.

Специфичность химического состава воды в дренажной сети, оборудованной по периметру строительной площадки, подтверждается различиями в величине рН. Болотные (образец 1), речные (образец 4), а также дренажные (образец 3) воды, опробованные за пределами территории проведения строительных работ на ж/д станции Шиес, характеризуются кислой реакцией среды (рН 4.14-4.90). Она обусловлена присутствием в болотных и поверхностных водах, в первую очередь, фульвокислот и низкомолекулярных органических кислот, поступающих в почвенно-грунтовые воды и водотоки при разложении оторфованного материала в болотных и болотно-подзолистых почвах. Следует отметить, что кислая реакция среды агрессивна по отношению к бетону, что необходимо учитывать при проведении строительных работ.

Образец 2, в отличие от вышеперечисленных образцов поверхностных вод (образцы 1, 3, 4), имеет нейтральную реакцию среды – водородный показатель 7.21 ед. рН (см. табл. 3). Это связано с присутствием в воде в первую очередь гидрокарбонатов кальция и магния. Многочисленные исследования химического состава дренажных вод показывают, что при осушении почв содержание гидрокарбонат-ионов увеличивается (Усенко, 1979; Мамаева, 1991; и др.) за счет диссоциации $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ и $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ (Алекин, 1970).

Все исследованные пробы поверхностных вод характеризуются высоким содержанием железа и марганца, превышающим ПДК_{рбх}, соответственно в 10.7-29 и 8-12.3 раза (см. табл. 3). Для образцов воды 1, 3 и 4 отмечено также превышение ПДК_{рбх} по содержанию цинка в 1.1-1.4 раза, для образцов 2-4 – превышение ПДК_{рбх} по содержанию меди в 1.5-1.8 раза. Установленные превышения ПДК_{рбх} обусловлены скорее всего природной специфи-

кой региона. В таежной зоне железо и марганец являются типоморфными элементами (Перельман, Касимов, 1999). Источниками поступления микроэлементов (Fe, Mn, Cu и Zn и др.) в водотоки являются породы зоны аэрации водосборной площади и незначительно атмосферные осадки. Важную геохимическую роль играют болота, богатые растворенным органическим веществом. В водах, содержащих высокие концентрации фульвокислот, что характерно для рек заболоченных водоразделов, большая часть (80-95%) ионов Fe^{2+} и Cu^{2+} находится в виде соединений с этими кислотами. При наличии устойчивых комплексных соединений происходит смещение равновесий в геохимических процессах (растворение, выщелачивание, соосаждение, сорбция, ионный обмен, окисление, восстановление) в сторону водной фазы (Крайнов, Швец, 1980). Высокое содержание нефтепродуктов ($1,4 \text{ ПДК}_{\text{рбх}}$), фенола ($1 \text{ ПДК}_{\text{рбх}}$), ионов аммония ($1,3 \text{ ПДК}_{\text{рбх}}$), отмеченные для образца воды (2), опробованной из дренажной канавы, расположенной по периметру строительной площадки на ж/д станции Шиес, свидетельствуют об антропогенном характере загрязнения этими компонентами. Поверхностная вода данного объекта по показателю БПК_5 ($3,7 \text{ мг/дм}^3$) относится, в соответствии с классификацией степени загрязненности водных объектов (Зенина, Белоусова, 1988), к категории умеренно загрязненных. Пробы воды всех остальных исследованных объектов по этому показателю соответствуют категории чистых вод ($0,96-1,76 \text{ мг/дм}^3$).

Таким образом, изучение химического состава поверхностных вод на территории исследования (образцов болотной и речной воды, дренажных вод) показало следующее. Поверхностные воды имеют характерные природные особенности, связанные с заболоченностью территории. Их отличительными чертами являются кислая среда, высокое содержание соединений Fe, Mn, Zn, Cu. Присутствие загрязняющих веществ, поступающих в настоящее время от производственной деятельности на обустраиваемых строительных площадках на территории ж/д станции Шиес,

проявляется в резком изменении показателей рН дренажных вод, возрастании в них содержания нефтепродуктов, ряда катионов и анионов, величины минерализации. Масштабное нарушение целостности почвенного покрова при строительстве полигона ТКО, погребение торфяных и оторфованных горизонтов болотных и болотно-подзолистых почв, анаэробная минерализация органического материала, изменение условий дренированности территории приведут к смене окислительно-восстановительных процессов в почвах и грунтах, существенно изменят растворимость и скорость миграции многих органических и неорганических соединений.

Использование модели HYSPLIT при оценке переноса воздушных масс от возможных источников эмиссии в районе ж/д станции Шиес

Полигоны захоронения твердых коммунальных отходов (ТКО) являются серьезным источником загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу. В результате брожения органических составляющих отходов, находящихся в теле полигона в ходе процессов биохимического разложения, образуется свалочный газ (биогаз), составляющими которого являются метан и диоксид углерода. Также сопутствующими продуктами разложения являются такие вещества, как толуол, аммиак, ксилол, оксид углерода, формальдегид, бензол, этилбензол и другие (Биогаз..., 2006).

Наиболее сильное негативное воздействие образующейся газовой смеси проявляется в ее взрывоопасности, что влечет за собой самовоспламенение полигонов ТКО. В таких случаях полигоны ТКО выступают источниками различных токсичных продуктов горения, в том числе диоксинов, имеющих мутагенные и канцерогенные свойства и весьма опасных для биологических организмов (Джамалова, 2013). В связи с этим создание новых полигонов ТКО образует новые источники эмиссии поллютантов в окружающую среду.

Считается, что траектория атмосферного переноса представляет наиболее вероятную историю движения предполагаемого загрязняющего вещества по истечении некоторого временного промежутка. Метод статистики траекторий переноса воздушных масс дает возможность анализировать средние характеристики процессов циркуляции атмосферы (Виноградова, Иванова, 2013). Использование модели HYSPLIT для построения траекторий переноса воздушных масс с целью выявления возможных источников поступления различных загрязняющих веществ в окружающую среду в настоящее время довольно часто упоминается в литературе (Кожевникова и др., 2011; Кабашников и др., 2012; Удачин, 2012; Scarchilli et al., 2011; Izquierdo et al., 2012). Так, например, оценка вероятного местоположения источников поступления ртути в Арктику с использованием метода траекторного моделирования с расчетом обратных траекторий позволила определить области, где могли находиться вероятные источники загрязнения ртути для случаев, когда были зарегистрированы большие концентрации ртути в приземном слое атмосферы. Подобные явления были отмечены в период активной фазы извержения вулканов в Исландии (2011 и 2012 гг.) (Панкратов, 2013). Таким образом, метод анализа траекторий переноса воздушных масс достаточно обоснован, информативен и повсеместно используется в научной практике.

Цель исследования – оценить особенности атмосферной циркуляции от ж/д станции Шиес Архангельской области, где существует вероятность размещения нового крупнейшего в Европе полигона ТКО (до 3 тыс. га), используя модель HYSPLIT для расчета траекторий переноса воздушных масс.

Ежедневные прямые траектории поступления воздушных масс за 2014-2018 гг. рассчитывались с помощью программы HYSPLIT, разработанной лабораторией воздушных ресурсов Американской национальной администрации по исследованию океана и атмосферы (NOAA)

на (<http://www.arl.noss.gov>). Для расчета траекторий использовали следующие параметры: время движения воздушных масс – 24 ч; высота воздушных масс над уровнем земли в точке расчета – 100 м. Выбор высоты расчета нами основан на том, что крупномасштабное перемещение атмосферных аэрозольных масс в основном происходит в пограничном слое атмосферы (Кабашников и др., 2012). Расчет суточных траекторий наиболее актуален в связи с временем неизменного пребывания в атмосфере различных примесей. Так, практически все газы и другие компоненты сохраняются в атмосфере в неизменном состоянии в течение одних-двух суток, далее идет их трансформация, связывание, осаждение (Кислотные..., 1989; Малахов, Маханько, 1990). Кроме того, расчет длительных траекторий приводит к снижению точности получаемых данных (Kahl et al., 1989). Таким образом, на каждый год было получено по 365 траекторий переноса, разбитых сегментами на 24 часовых отрезка, т.е. положение перемещения фиксировано через каждый час. Координаты точек траекторий переведены в точечные и линейные векторные слои и положены на карту регионов России. Работа по созданию карта-схем проведена в программном пакете Arc GIS 9.3. Для статистической обработки данных расчета траекторий также использовали программы Arc GIS 9.3 и Erdas Imagine 10.0.

С использованием траекторной модели HYSPLIT и архивных данных NOAA проведены анализ характера движения воздушных масс от станции Шиес и основные направления переноса за пятилетний период. Анализ распространения траекторий переноса воздушных масс от станции Шиес показал, что особенность циркуляции атмосферы такова, что в случае нахождения в этом месте предполагаемого источника эмиссии поллютантов, их перенос преимущественно будет направлен в сторону территории Республики Коми (55.7%) (табл. 4). Также под потенциальным аэрогенным воздействием окажется территория Архангельской области, в меньшей степени – Кировская область и Пермский край. Это связано с преобладанием

Таблица 4

**Частота расположения точек прямых траекторий
переноса воздушных масс от станции Шиес**

Регион	Количество точек	Доля, %
Республика Коми	24406	55.73
Архангельская область	10216	23.33
Кировская область	2850	6.51
Пермский край	2079	4.75
Вологодская область	1062	2.42
Ханты-Мансийский а.о.*	581	1.33
Ненецкий а.о.	575	1.31
Свердловская область	491	1.12
Костромская область	348	0.79
Удмуртская республика	282	0.64
Акватория Северного Ледовитого океана	265	0.61
Нижегородская область	149	0.34
Республика Татарстан	93	0.21
Республика Марий Эл	79	0.18
Ямало-Ненецкий а.о.	79	0.18
Республика Башкортостан	72	0.16
Республика Карелия	40	0.09
Тюменская область	19	0.04
Челябинская область	17	0.04
Мурманская область	14	0.03

Примечание. * – автономный округ.

западных направлений ветров и переносом воздушных масс с запада на восток.

Согласно метеорологическим данным расположенной в 78 км от станции Шиес метеостанции, в с. Усть-Вымь в среднем за год преобладают ветра юго-западного, южного и западного направлений, что определяет доминирующее направление переноса на территорию Республики Коми (рис. 3а) (Атлас..., 1997). На основании статистической об-

работки и пространственного анализа результатов расчета прямых траекторий перемещения воздушных масс выполнен растр распределения частоты расположения точек траекторий в пространстве (рис. 3б).

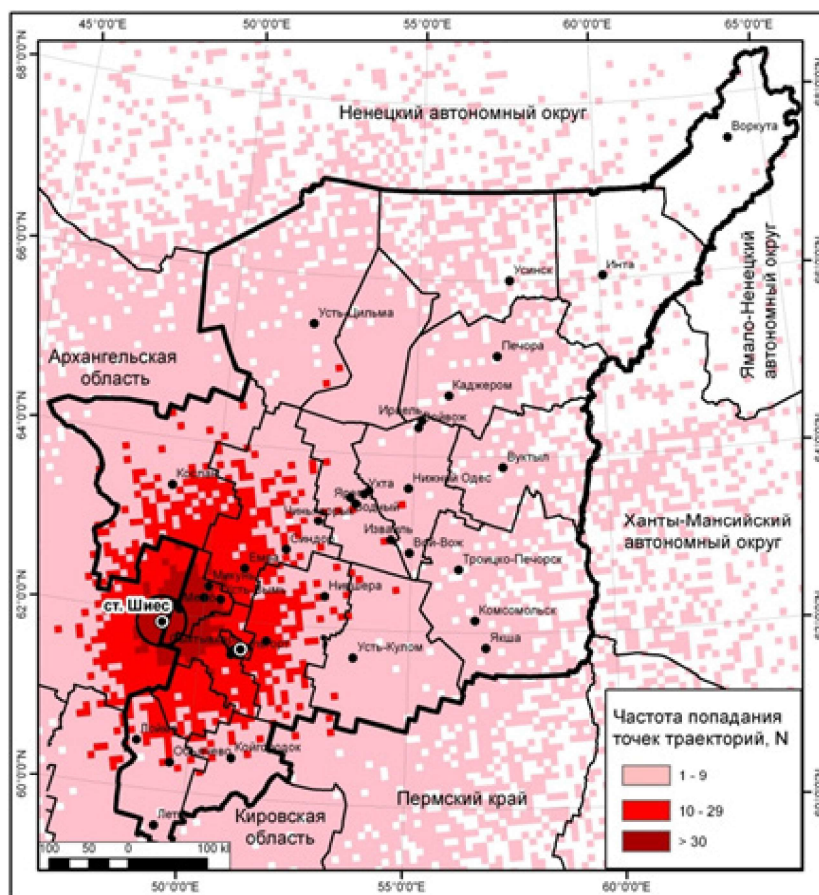
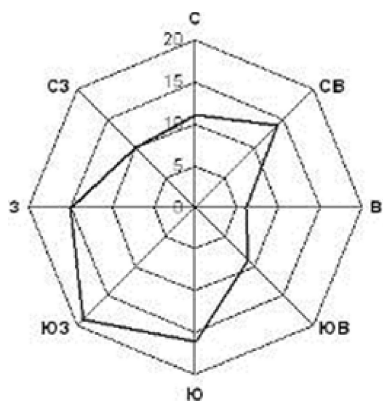


Рис. 3. Роза ветров и плотность поступления потоков воздушных масс от станции Шиес, по данным HYSPLIT (суммарно за год).

Каждый пиксель данной карта-схемы соответствует квадрату $9 \times 9 \text{ км}^2$. Показано, что потенциально возможная эмиссия в атмосферу от планируемого полигона отходов на станции Шиес преимущественно будет направлена на Усть-Вымский район и Республику Коми в целом. Цветом выделены зоны от наибольшей до наименьшей частоты расположения точек траекторий, что эквивалентно зонам потенциального воздействия эмиссии. В зоне наибольшего потенциального воздействия будут находиться такие населенные пункты Усть-Вымского района, как Казлук, Нефтебаза, Донаель, Межег, Мадмас, Римья, Жешарт. Меньшему, но также ощутимому воздействию возможной

эмиссии могут быть подвержены Сыктывдинский район и юго-западная часть Княжпогостского района, в том числе столица Республики Коми г. Сыктывкар. На территории Архангельской области в зоне наибольшего воздействия окажутся населенные пункты: села Яренск, Ирта, Урдома, Лыσιμο, Очяя, Яреньга. В Кировской области – Подосиновский и Лузский районы.

Данные по полученным за пятилетний период траекториям обратного переноса воздушных масс также разбили по сезонам года. На рис. 4 видно, что в зависимости от сезона года направления ветров меняются. Так, в зимний период преобладает северо-восточное и северное направления переноса, что обуславливает увеличение доли точек траекторий, попадающих на территорию Республики Коми. Весной увеличивается доля переноса на восток от пункта исследования, когда наблюдается резкое увеличение поступлений воздушных масс на территории Свердловской и Тюменской областей, Ямало-Ненецкого автономного округа. Летом отмечается доминирование южных направлений переноса (ветры с севера). Осенью наиболее выражено восточное направление переноса воздушных масс.

Таким образом, проведен анализ особенностей атмосферной циркуляции на станции Шиес с использованием модели HYSPLIT для расчета траекторий движения воздушных масс за пятилетний период 2014-2018 гг. Отмечено, что доминирующее направление переноса воздушных масс от станции Шиес около 60% будет направлено на территорию Республики Коми. В меньшей степени перенос воздушных масс осуществляется на территорию Архангельской и Кировской областей, Пермского края. Наибольшая частота прохождения траекторий отмечена для территорий Усть-Вымского, Сыктывдинского и юго-западной части Княжпогостского районов Республики Коми. В зависимости от сезона повторяемость направлений переноса меняется. Наибольшая доля переноса на территорию Коми отмечается в зимний период. По результатам исследования

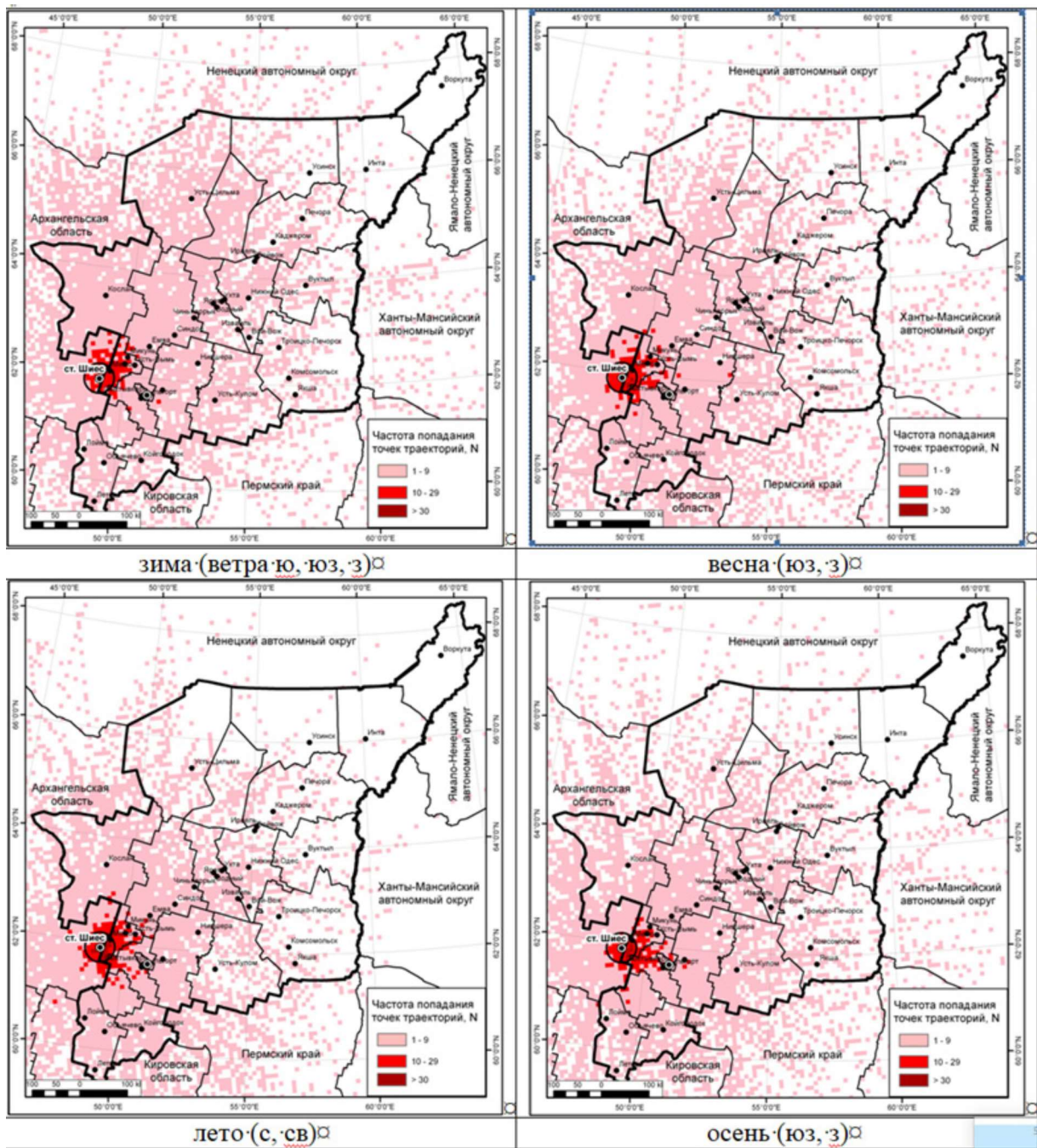


Рис. 4. Траектории переноса воздушных масс от станции Шиес по сезонам.

можно заключить, что близкое расположение к границам региона станции Шиес и особенности атмосферной циркуляции будут способствовать распространению значительной доли поллютантов от предполагаемого полигона ТКО на территорию Республики Коми.

Расчет ущерба территории от потери экосистемных услуг

При оценке вариантов размещения полигона захоронения отходов непременно возникает вопрос прогноза социальных и экологических последствий антропогенной деятельности. Укрупненная оценка экономического ущерба требует наличия информации об экономической ценности природных ресурсов в рамках того типового ландшафтного района, где предполагается местоположение объекта, оказывающего отрицательное воздействие на окружающую среду. На северных малоосвоенных территориях, отличающихся наличием хрупких, неустойчивых к антропогенному воздействию экосистем особую значимость приобретает прогноз экологических последствий и экономического ущерба, обусловленного загрязнением природной среды. Из природного капитала, наряду с продуктами, экосистемы обеспечивают людей так называемыми «экосистемными услугами», – всеми выгодами, которые люди получают от природы (МЕА, 2005)². Мы рассматриваем природные ресурсы как природный капитал, включающий как продукты, так и услуги. Экосистемы рассматриваются как провайдеры экосистемных функций, формирующих экосистемные услуги- выгоды, которые люди получают от природы. Выделяют четыре категории экосистемных услуг (МЕА, 2005): обеспечивающие (древесина, волокна, недревесные продукты, в том числе пищевые и лекарственные, пресная вода), регулирующие (регулирование климата, гидрологического режима), культурные (рекреация, духовное обогащение) и поддерживающие (почвообразование, фотосинтез). Например, лесная экосистема поглощает загрязняющие вещества из атмосферы, углекислый газ; аккумулирует в подземных горизонтах объем воды; защищает от эрозии близлежащие территории; формирует устойчи-

² *MEA 2005 – Millennium ecosystem assessment – Sub-global assessments. 2005. In UNEP/GRID-Arendal Maps and Graphics Library. Retrieved 13:50, July 8, 2010. [Электронный ресурс] URL: <http://maps.grida.no/go/graphic/millennium-ecosystem-assessment-sub-global-assessments>*

вый гидрологический режим. Болотные экосистемы способны очищать сточные воды. Лесные экосистемы, объединяя в себе леса, болота и реки, являются местом обитания животных, птиц, микроорганизмов, а также местом традиционного природопользования. Поэтому, нарушая целостность этой экосистемы, территория теряет блага, ей наносится экологический ущерб.

В результате анализа были оценены средообразующие услуги – регулирование климата; водорегулирование и водоохрана; водоочистка почв; предотвращение эрозии почвы благодаря лесным экосистемам; поглощение загрязняющих веществ воздуха (пыли³, вредных веществ); поддержка биоразнообразия. Эти услуги были оценены с помощью методов косвенной рыночной оценки, компенсационных затрат и метода предотвращенных затрат. Экономическая оценка каждой услуги зависит от определенных природных параметров и финансовых показателей, которые представлены в табл. 5.

Таблица 5

Регламентирующие параметры оценки экосистемных услуг

Экосистемная услуга/функция	Регламентирующие параметры оценки
1	2
Водорегулирование	<i>Климатические</i> (среднегодовые осадки, доля летних осадков), гидрологические (речной сток, подземный сток лесопокрытой территории, заболоченность территории); <i>Лесорастительные</i> (бонитет, возраст, полнота лесных насаждений); <i>Финансовые</i> (ставки платы/водный налог за использование подземных вод промышленными предприятиями по бассейну р. Северной Двины)
Водоохрана	<i>Лесорастительные</i> (доля хвойных насаждений); <i>Финансовые</i> (ставки платы/водный налог за использование поверхностных вод промышленными предприятиями по бассейну р. Северной Двины)

³ К показателям, которые обычно используются для характеристики пыли (взвешенных частиц (*PM* – *particulate matter*)) и имеют значение для здоровья, относятся массовые концентрации частиц диаметрами менее 10 мкм (*PM*₁₀) и 2,5 мкм (*PM*_{2,5}).

1	2
Депонирование CO ₂	<i>Лесорастительные</i> (доля хвойных насаждений, поглощающая способность углерода лесами); <i>Финансовая</i> (мировая цена тонны CO ₂ , по данным Киотского протокола)
Водоочистная способность болот	<i>Гидрологические</i> (площадь болот, эффективность фильтрационной способности); <i>Финансовые</i> (стоимость очистных установок)
Защита от эрозии почв	<i>Лесорастительные</i> (площадь хвойных лесов); <i>Финансовые</i> (цены на предполагаемые растительные культуры, например, горохо-овсяные смеси)
Поддержание биоразнообразия	<i>Экологические</i> (число особо охраняемых таксонов, занесенных в Красные книги Российской Федерации и Архангельской области); <i>Финансовые</i> (экспертные величины затрат на восстановление таксона)
Поглощение загрязнений из атмосферы (пыль, вредные вещества)	<i>Экологические</i> (удельная величина поглощения вредных веществ лесными экосистемами средней тайги Республики Коми по проекту Лесного плана); <i>Финансовые</i> (нормативы платы за негативное воздействие на атмосферу пыли и взвешенных веществ PM _{2,5} с учетом повышающего коэффициента на 2019 г.)

В силу того, что множество функций природного капитала невозможно «продать или выставить на рынок», используются иные подходы, чем к оценке ресурсов. Так называемые «нерыночные» подходы/методы включают в себя: субъективную оценку (готовность платить за блага); превентивные расходы (например, расходы на смягчение ущерба); альтернативные издержки; стоимость восстановления; транспортно-путевые затраты во время отдыха и т.д. Методы оценки и расчетные значения экосистемных услуг представлены в табл. 6.

⁴ Авторское предложение.

Таблица 6

**Примеры расчета ключевых экосистемных услуг
для территории предполагаемого полигона
твердых бытовых отходов станции Шиес**

Экосистемная услуга	Методы оценки	Результаты, тыс.руб.
Поглощение загрязнений из атмосферы	Метод ущерба – платежи за негативное воздействие на окружающую среду (нормативы платы за выбросы взвешенных веществ РМ _{2,5} и пыли) ³	2509,17
Защита почв от эрозии	Метод замещающих товаров – потеря урожая зерновых от вымывания азота в почве (Юрак, 2018)	125,61
Сохранение биоразнообразия	Затратный метод – предполагаемые затраты на восстановление (Касимов, Пинаев, 2015)	3420,0
Депонирование CO ₂	Метод косвенной рыночной оценки с учетом гипотетических мировых цен на CO ₂ (согласно торговле квотами CO ₂) поглощения хвойными породами лесной экосистемы т/га (Юрак, 2018)	1172,3
Водорегулирование	Метод замещающих затрат по оценке среднегодового прироста подземного стока лесопокрытых водосборов и тарифов за использование воды из подземных водных объектов для промышленных предприятий, регламентированных по бассейнам рек (Ануфриев и др., 2013; Неклюдов, 2014)	632,6
Водоохрана	Затратный метод – увеличение речного стока в меженьный период за счет влияния лесных экосистем с учетом налоговой ставки за 1 тыс. куб. воды, забранной в пределах установленных лимитов водопользования из поверхностных водных объектов, регламентированных по бассейнам рек (Касимов Д.В., Касимов В.Д., 2015)	581,2
Водоочистка	Метод замещающих затрат по фильтрационной способности болотных экосистем, аналогичных очистным установкам (Бобылев и др., 2001)	136,53
Итого		8577,41

Согласно расчетным данным, только от потери средообразующих экосистемных функций территории объекта будет ежегодно наноситься ущерб в размере 8,6 млн. руб. для площади отчуждения в 300 га (участка предполагаемого строительства объекта). Для оценки ущерба за длительный период используется ставка дисконтирования. Наиболее распространенной нормой дисконтирования считается 10%. Однако, исходя из международного опыта и возможного использования экономических оценок лесных экосистем, предлагается вариант нормы дисконта в размере 3%. Эту норму можно назвать экологической, соответствующей концепции устойчивого развития, долгосрочным интересам будущих поколений. При ней будущие ценности, выгоды и ущербы уменьшаются при расчетах в меньшей степени по сравнению с более высокими нормами дисконта. Расчетные значения ущерба возрастают до значений 85,8 млн. руб. при условии ставки дисконтирования 10%; и до 285,9 млн. руб. – при ставке дисконтирования 3%.

Принятие управленческих решений зачастую согласуется с сравнением выгод (В) от будущей деятельности объекта с суммой затрат (З) и потенциальным ущербом, который складывается из потери экосистемных функций / услуг ($\Pi_{\text{эу}}$) территории и ущерба ($Y_{\text{ос}}$) при эксплуатации объекта (Grunewald et al., 2014). Таким образом выражение приобретает следующий вид:

$$B > Z + \Pi_{\text{эу}} + Y_{\text{ос}}$$

Учитывая информацию о предполагаемых затратах на строительство полигона, которые оцениваются в 10,5 млрд. руб.⁵ и выгодах в виде отчислений в разнообразные фонды (ОМС, ПФР и т.д.), налоги на доходы физических лиц и земельный налог в сумме за период 6 лет в размере

⁵ Кобылкин Д.Н. Минприроды РФ не получало на экспертизу проект строительства экотехнопарка «Шуес» https://futurerussia.gov.ru/nacionalnye-proekty/kobylkin-minprirody-rf-ne-polucalo-na-ekspertizu-proekt-stroitelstva-ekotehnoparka-sies?utm_referrer=https%3A%2F%2Fzen.yandex.com (дата обращения 19.11.2019).

912,1 млн. руб.,⁶ очевидно, что размещение полигона не целесообразно. Дополнительно потеря экосистемных услуг для площади 300 га оценивается в пределах 85,8-285,9 млн. руб. в зависимости от величины дисконтирования. Оценить ущерб окружающей среде во время эксплуатации объекта возможно только при наличии технико-экономической документации проекта, которой в настоящее время нет.

Согласно расчетам опасности существующих полигонов г. Москвы, проведенными А.С. Тулуповым, удельные ущербы составляют 3-24 млрд. руб/га (Мудрецов, Тулупов, 2013). В исследовании участвовали реальные 15 полигонов захоронения ТБО, расположенные в Московской области, со своими характеристиками физического состава, местных природных условий и т.д., что и объясняет разброс удельных величин ущерба окружающей среде. Учитывая тот факт, что для непосредственного хранения отходов на предполагаемом участке строительства объекта предназначены две карты общей площадью 15 га, можно оценить ущерб окружающей среде при эксплуатации объекта. Таким образом, для площадки 15 га под размещение отходов на станции Шиес вред окружающей среде оценивается в 45-360 млрд. руб. Очевидно, что неравенство, где выгоды должны быть больше затрат и потерь от негативного воздействия на природу не выполняется.

Заключение

Обследованная сотрудниками Института биологии Коми научного центра УрО РАН территория площадью 300 га, планируемая для организации полигона захоронения ТКО из г. Москвы, имеет существенную ценность, прежде всего с точки зрения сохранения и поддержания высокого уровня биологического разнообразия региона. Участки

⁶ Кузнецова Е., Антонова Е. Северный мусорный поток. *Новости РБК. Газета № 182 от 18 октября 2018 г.* <https://www.rbc.ru/newspaper/2018/10/19/5bc7abe39a79476afcb1bc55> (дата обращения 10.11.2018).

малонарушенных старовозрастных еловых лесов, большие площади, занятые болотами, плотная гидрографическая сеть, наличие лесных озер и ручьев, мозаичность почвенно-растительного покрова дают основания считать данную территорию потенциальным местом концентрации значительного числа редких представителей растительного и животного мира, что подтверждено в ходе полевых исследований. Установлены места произрастания шести видов сосудистых растений и лишайников, внесенных в Красные книги Архангельской области и Российской Федерации. Некоторые виды (например, лишайник нефромопсис Лаурера – *Nephromopsis laureri*) образуют многочисленные популяции. Обследование территории было проведено в начале вегетационного сезона, когда многие виды растений малозаметны, находятся в вегетативном состоянии, а грибы еще не появились. Поэтому необходимо дальнейшее детальное изучение территории как отводимой под размещение полигона ТКО, так и прилегающих участков, так как влияние полигона распространится на десятки километров вокруг. Крупномасштабная рубка лесов на площадях, выделенных под обустройство полигона, приведет к нарушению сложившихся коридоров между последними сохранившимися участками малонарушенных лесов на региональном уровне, будет способствовать деградации ценных природных экосистем Ленского района Архангельской области.

Участок исследований расположен на плоском заболоченном водоразделе и характеризуется значительным переувлажнением – доля гидроморфных сообществ составляет почти 55%, среди них преобладают заболоченные хвойные леса и болота. Наибольшее распространение получили болотно-подзолистые и болотные почвы. Нарушение гидрологического режима территории в результате строительства полигона площадью 300 га особенно негативно отразится на состоянии заболоченных экосистем: произойдет подтопление одних ее частей и осушение других, изменится структура естественных сообществ, прои-

зойдет их евтрофикация, исчезнут виды, чувствительные к загрязнению окружающей среды, появятся не характерные для естественных лесных и болотных сообществ растения.

В настоящее время отмечается изменение показателей гидрохимических характеристик поверхностных вод (превышение ПДК_{рбх} по нефтепродуктам, рост минерализации, рост величин рН) относительно фоновых значений. Все это непосредственно связано с осуществляемой деятельностью по строительству полигона ТКО.

Наличие в составе ввозимого мусора органических отходов будет сопровождаться развитием патогенной микрофлоры, а также увеличением численности синантропных видов животных (грызунов), которые являются переносчиками серьезных инфекционных заболеваний. Эпидемиологическое значение грызунов заключается также в формировании базы для развития видов кровососущих насекомых (клещи, блохи, комары). Последние, имея широкий круг хозяев среди позвоночных животных, могут нападать и на человека, что расширяет возможности для распространения этих заболеваний и инфекций. На станции Шиес при техногенном воздействии может быть активирован спящий почвенно-болотный очаг туляремии (территория предполагаемого полигона входит в категорию эпидемиологически опасных по туляремии и абровирусным⁷ инфекциям).

В современном мире большое внимание уделяется сохранению экосистемных услуг, которые поддерживают баланс в природе. Лесные экосистемы обеспечивают регулирование климата за счет поглощения углекислого газа, формируют устойчивый гидрологический режим территории, поглощают и обезвреживают загрязнения атмосферы, защищают почвы от эрозии, за счет болотных экосистем очищают воду. Эти услуги могут быть потеряны при строительстве объекта, проявится явный ущерб, который

⁷ От англ. *arthropod-borne viruses* – группа вирусов, переносчиками которых являются членистоногие.

можно выразить в денежном эквиваленте. Расчет проводился на основании данных обследования Института биологии Коми НЦ УрО РАН в июне 2019 г. для территории отчуждения 300 га. Ущерб от потери экосистемных услуг составляет 85,8-285,9 млн. руб. в зависимости от величины дисконтирования (3-10%).

В перспективе можно отметить, что будет затронута буферная зона объекта, на которой отразится весь спектр потери экосистемных услуг. Также ожидается потеря биоресурсов леса (грибов, ягод, рыбы) от вырубki участка и загрязнения истоков рек ливневыми стоками с площадки и бытовыми стоками. Безусловно, без технических характеристик полигона (компонентного состава отходов, химического состава вредных веществ и т.д.), режима функционирования, т.е. его технико-экономического обоснования невозможно определить размеры негативного воздействия на окружающую среду. Однако, согласно расчетам д.э.н. А.С. Тулупова и А.Ф. Мудрецова (2013), оценка экологической опасности существующих 15 полигонов ТБО для г. Москвы показала, что удельные ущербы составят 3-24 млрд.руб/га. Учитывая это, ущерб добавочно к предыдущим расчетам станет достигать 45-360 млрд. руб., что доказывает экономическую нецелесообразность проекта строительства и эксплуатации объекта.

Таким образом, предполагаемые строительство и эксплуатация полигона ТКО вблизи ж/д станции Шиес Архангельской области повлекут за собой огромные необратимые риски и ущерб всем компонентам окружающей среды данной местности. Последствия необдуманного вмешательства в природный баланс приведут к угрозе здорового существования не только местного населения, но и потенциально всего населения Архангельской области и некоторых западных районов Республики Коми. На экологической карте Баренц-региона появится новая «горячая точка».

Литература

Алекин О.А. Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеоиздат, 1970. 442 с.

Ануфриев В.П. Водоохранная роль лесов: экономический аспект / В.П. Ануфриев, Ю.В. Лебедев, И.А. Неклюдов // Вестник Уральского отделения РАН. 2013. № 4. С. 31-39.

Атлас Архангельской области. М.: Главное управление по геодезии и картографии, 1976. 72 с.

Атлас по климату и гидрологии Республики Коми. М.: Дрофа, 1997. 115 с.

Биогаз: от сбора до дегазации // Экологические системы электронной энергосервисной компании. URL: ecosys.narod.ru/2006_9/art_145.htm (дата обращения: 27.10.2013).

Бобылев С.Н., Сидоренко В.Н., Лужецкая Н.В. Экономические основы сохранения водно-болотных угодий. М.: Wetlands International, 2001. 56 с.

Виноградова А.А., Иванова Ю.А. Загрязнение воздушной среды в центральной Карелии при дальнем переносе антропогенной примеси в атмосфере // Известия Российской академии наук. Серия Географическая. 2013. № 5. С. 98-108.

Джамалова Г.А. Эмиссия токсичного и взрывоопасного биогаза полигонами твердых коммунальных отходов // Известия СПбГИ (ТУ). 2013. № 22 (48). С. 92-95.

Добровольский Г.В., Урусевская И.С. География почв. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во МГУ, Изд-во «КолосС», 2004. 460 с.

Зенин А.А., Белоусова Н.В. Гидрохимический словарь. Л.: Гидрометеоиздат, 1988. 238 с.

Исследование путей переноса атмосферных аэрозолей в Белорусско-Украинском регионе по данным сети AERONET методом кластерного анализа / В.П. Кабашников, А.А. Акулинин, В.А. Данилевский, Д.В. Калинин, Е.Н. Корчемкина, Н.С. Метельская, Г.П. Милиневский, А.П. Бовчалюк, А. Петручук, П. Соболевский, А.П. Чайковский // Труды Украинского научно-исследовательского

гидрометеорологического института (Наукові праці Укр-НДГМІ). Київ, 2012. Вып. 262. С. 40-58.

Касимов Д.В., Касимов В.Д. Некоторые подходы к оценке экосистемных функций (услуг) лесных насаждений в практике природопользования. М.: Мир науки, 2015. 91 с.

Касимов Д.В., Пинаев В.Е. Теория и практика расчета и минимизации ущерба лесным ресурсам: редким видам растений, древесным и пищевым ресурсам, лекарственному сырью / М.: Мир науки, 2015. 95 с.

Кислотные дожди / Под.ред. Ю.А. Израэль. Л.: Гидрометеоиздат, 1989. 269 с.

Кожевникова М.Ф., Левенец В.В., Ролик И.Л. Идентификация источников загрязнения: вычислительные методы // Вопросы атомной науки и техники. 2011. № 6. С. 149-156.

Крайнов С.Р., Швец В.М. Основы геохимии подземных вод. М.: Недра, 1980. 286 с.

Красная книга Архангельской области. Red Data Book of the Arkhangelsk region. 2020. Arkhangelsk. 478 pp. (In Russian).

Красная книга Архангельской области / О.В. Аксенова [и др.]; Правительство Арханг. обл. [и др.]; редкол.: В.В. Ануфриев [и др.]. Архангельск: Сев. (Арктич.) федер. ун-т, 2020. 478 с.

Красная книга Российской Федерации (растения и грибы) / Сост. Р. В. Камелин и др. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. 855 с.

Лютноев В.А., Лютыева Н.В. Особенности сейсмического районирования платформенных областей (на примере Республики Коми) // Успехи современного естествознания. 2017. № 3. С. 102-111.

Малахов С.Г., Маханько Э.П. Выброс токсичных металлов в атмосферу и их накопление в поверхностном слое земли // Успехи химии. 1990. Т. 59. Вып. 11. С. 1777-1798. Kahl J.D., Harris J.M., Herbert G.A., Olson M.P. Intercomparison of three long-range trajectory models applied to Arctic haze // Tellus. 1989. Vol. 41(B). № 5. P. 524-536.

Мамаева Л.К. Влияние удобрений на свойства торфяных почв и гидрохимический режим вод мелиорируемых объектов Свердловской области // Проблемы природно-мелиоративного мониторинга СССР: Тез. докл конф. Смоленск: ГО АН СССР, 1991. С. 34-35.

Митяков С.Н., Теселкин В.С. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:200 000. Серия Мезенская. Лист Р-39-XX (Новоипатово). Карта четвертичных отложений. Пояснительная записка. М.: МФ ВСЕГЕИ, 2013.

Мудрецов А.Ф., Тулунов А.С. Оценка экологической опасности полигонов твердых бытовых отходов // Региональные проблемы преобразования экономики. 2013. №3 С. 242-247.

Неклюдов И.А. Эколого-экономическая оценка водорегулирующей роли лесопокрытых водосборов Среднего Урала // Проблемы обеспечения развития современного общества: Сборник трудов Межд. науч.-практ. конф. УФУ им. Б. Ельцина. Екатеринбург: ИЭ УрО РАН, 2014. С. 199-208.

Панкратов Ф.Ф. Динамика атмосферной ртути в Российской Арктике по результатам долговременного мониторинга: Автореферат дис. ... канд. техн. наук: 25.00.30. СПб., 2013. 29 с.

Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта: учебное пособие. М.: Астрей-2000, 1999. 768 с.

Способ оценки распределения и запасов ресурсных и редких видов растений в пределах крупных территориальных массивов: пат. 2443977 Рос. Федерация, МПК G01C 11/00 / В.В. Елсаков, В.В. Володин, И.Ф. Чадин, Ю.В. Марущак; РАН, УрО, г. Сыктывкар, Институт биологии Коми НЦ. - № 2010133214/28 ; Заявл. 06.08.2010 ; Оpubл. 27.02.2012, М // Изобретения. Полезные модели. 2012. № 6.

Телицин В.Л. Техногенная эволюция и оптимальное использование почв болотных систем. Новосибирск: СО РАН, 2004. С.247.

Удачин В.Н. Экогеохимия горнопромышленного техногенеза Южного Урала: Автореферат дис. ... док. геол.-минер. наук. Томск. политех. университет. Томск, 2012.

Усенко Л.Ф. Вынос химических элементов с подземным стоком на торфяных почвах // Экспресс-информация ЦБНТИ Минводхоза СССР. Сер. 2. Вып. 2. М., 1979. С. 12-14.

Шапошников М.А. Проблемы охраны природной среды в связи со строительством на болотах // Генезис и динамика болот. М.: Изд-во МГУ, 1978. Вып.2. С.34-39.

Юрак В.В. Методические рекомендации по экономической оценке регулирующих и социальных экосистемных услуг. Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2018. 55 с.

Grunewald K., Bastian O., Drozdov A., Grabovsky V. Erfassung und Bewertung von Ökosystemdienstleistungen (ÖSD). Bundesamt für Naturschutz. 2014. 374 p.

Izquierdo R., Avila F., Alarcón M. Trajectory statistical analysis of atmospheric transport patterns and trends in precipitation chemistry of a rural site in NE Spain in 1984-2009 // Atmospheric Environment. 2012. Vol. 61. P. 400-408.

Scarchilli C., Frezzotti M., Ruti P. M. Snow precipitation at four ice core sites in East Antarctica: provenance, seasonality and blocking factors // Climate Dynamics. 2011. Vol. 1. P. 2107-2125.

Содержание

Введение	3
История вопроса	4
Район исследований	5
Участки зарастания пионерными сообществами	10
Редкие и нуждающиеся в охране виды растений и лишайников	11
Почвенный покров территории	13
Развитие процессов подтопления на участках перекрытия стоков	15
Гидрохимическая характеристика территории предполагаемого строительства	16
Использование модели HYSPLIT при оценке переноса воздушных масс от возможных источников эмиссии в районе ж/д станции Шиес	22
Расчет ущерба территории от потери экосистемных услуг	29
Заключение	34
Литература.....	38

Для заметок

Научное издание

Владимир Валериевич Елсаков,
Мария Ивановна Василевич,
Евгения Владимировна Габова,
Надежда Николаевна Гончарова,
Дмитрий Александрович Каверин,
Сергей Калистратович Кочанов,
Сергей Николаевич Кузин,
Елена Морисовна Лаптева,
Татьяна Павловна Митюшева,
Татьяна Николаевна Пыстина,
Наталья Александровна Семёнова,
Татьяна Вячеславовна Тихонова

**РИСКИ ОТ РАЗМЕЩЕНИЯ КРУПНЫХ
ПОЛИГОНОВ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ
ОТХОДОВ НА СЛАБОВОССТАНАВЛИВАЮЩИХСЯ
ТЕРРИТОРИЯХ СЕВЕРА РОССИИ
(НА ПРИМЕРЕ СТАНЦИИ ШИЕС,
АРХАНГЕЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

Редактор О.А. Гросу
Оригинал-макет и дизайн обложки – Д.В. Осипова

Лицензия № 0047 от 10.01.99.
Компьютерный набор. Подписано в печать 29.06.20 г.
Формат 60x90 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Усл.-печ. л. 2,75.
Уч.-изд.л. 2,75. Тираж 100. Заказ № 27.

Редакционно-издательский отдел ФИЦ Коми НЦ УрО РАН
167982, Республика Коми, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 48.