



Общество с Ограниченной Ответственностью «РАРИТЕТ-ЭКО»
195112, г. Санкт-Петербург, Малоохтинский пр. д. 16. к.1,
е-mail: office@raritet-eco.ru
СРО-П-029-250920009 от 05.06.2023г.

ЗАКАЗЧИК – Управление городского хозяйства Администрации города Пскова

Объект: «Разработка проектно-сметной документации на ликвидацию объекта накопленного вреда окружающей среде – Псковской городской свалки в рамках реализации федерального проекта «Чистая страна»

Проектная документация.

Раздел 5. Сведения об инженерном оборудовании, о сетях инженерно-технологического обеспечения, перечень инженерно-технологических мероприятий, содержание технологических решений

Подраздел 7. Технологические решения

158-ИОС7

Том 5.7

Изм.	№ док.	Подп.	Дата

г. Санкт-Петербург

2023



Общество с Ограниченной Ответственностью «РАРИТЕТ-ЭКО»
195112, г. Санкт-Петербург, Малоохтинский пр. д. 16. к.1,
e-mail: office@raritet-eco.ru
СРО-П-029-250920009 от 05.06.2023г.

ЗАКАЗЧИК – Управление городского хозяйства Администрации города Пскова

Объект: «Разработка проектно-сметной документации на ликвидацию объекта накопленного вреда окружающей среде – Псковской городской свалки в рамках реализации федерального проекта «Чистая страна»

Проектная документация.

Раздел 5. Сведения об инженерном оборудовании, о сетях инженерно-технологического обеспечения, перечень инженерно-технологических мероприятий, содержание технологических решений

Подраздел 7. Технологические решения

158-ИОС7

Том 5.7

Изм.	№ док.	Подп.	Дата

Руководитель проекта

Вавилов В.К.

Главный инженер проекта

Дуброва С.В.

г. Санкт-Петербург

2023



Общество с ограниченной ответственностью «ИНКО»
197022, г. Санкт-Петербург, пр-т Аптекарский, дом 6, литер А, помещение 6-Н, офис 603
e-mail: oooinko@internet.ru
СРО-П-212-23072019 от 07.02.2020 г.

ЗАКАЗЧИК – Управление городского хозяйства Администрации города Пскова

**Объект: «Разработка проектно-сметной документации на ликвидацию
объекта накопленного вреда окружающей среде – Псковской
городской свалки в рамках реализации федерального проекта
«Чистая страна»**

Проектная документация

Раздел 5. Сведения об инженерном оборудовании, о сетях инженерно-
технического обеспечения, перечень инженерно-технических мероприятий,
содержание технологических решений

Подраздел 7. Технологические решения

158-ИОС7

Том 5.7

Изм.	№ док.	Подп.	Дата

г. Санкт-Петербург
2023



Общество с ограниченной ответственностью «ИНКО»
197022, г. Санкт-Петербург, пр-т Аптекарский, дом 6, литер А, помещение 6-Н, офис 603
e-mail: oooinko@internet.ru
СРО-П-212-23072019 от 07.02.2020 г.

ЗАКАЗЧИК – Управление городского хозяйства Администрации города Пскова

**Объект: «Разработка проектно-сметной документации на ликвидацию
объекта накопленного вреда окружающей среде – Псковской
городской свалки в рамках реализации федерального проекта
«Чистая страна»**

Проектная документация.
Корректировка

Раздел 5. Сведения об инженерном оборудовании, о сетях инженерно-
технического обеспечения, перечень инженерно-технических мероприятий,
содержание технологических решений

Подраздел 7. Технологические решения

158-ИОС7

Том 5.7

Изм.	№ док.	Подп.	Дата

Генеральный директор

Вивтоненко А.В.

Главный инженер проекта

Ильяшенко С.А.

г. Санкт-Петербург
2023

Содержание тома

<i>Обозначение</i>	<i>Наименование</i>	<i>Примечание</i>
158-ИОС7	Содержание тома	3
158-ИОС7	Текстовая часть	4-32
158-ИОС7	Ведомость объемов работ	33
158-ИОС7	Графическая часть	
Лист 1	План сетей газоудаления М 1:1000	
Лист 2	Схема сетей газоудаления. М 1:2000	
Лист1 - Лист8	Баланс свалочных масс	

Взам. инв. №								
	Подп. и дата							
Инв. № подл.	158-ИОС7.С							
	Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата		
	Разработал		Федоров			02.23		
	ГИП		Ильяшенко			02.23		
						02.23		
Пояснительная записка						Стадия	Лист	Листов
						П	1	
						 ИНЖЕНЕРНАЯ КОМПАНИЯ		

1. Общие сведения

1.1. Основание на проектирование

Псковская городская свалка не отвечает требованиям, предъявляемым к сооружениям по захоронению отходов. На данном объекте отсутствует входной контроль, гидроизоляция основания, очистные сооружения и прочие технические сооружения. Свалка находится в границе города на земельном участке с кадастровым номером: 60:27:0000000:4294, расположен по адресу: г. Псков. Рижский проспект, 106 «б». Проект разработан на основании следующих исходных данных:

- архитектурно-строительных чертежей;
- генплана и плана организации рельефа М 1:500;
- геоподосновы М 1:500;
- технического задания;
- Постановление Правительства РФ №542 от 04.05.2018 «Об утверждении Правил организации работ по ликвидации накопленного вреда.

1.2. Общие данные

Псковская городская свалка создана в 1947 (1946?) году, то есть более 70 лет назад. Впервые о его закрытии заговорили в 80-е годы прошлого столетия. Псковская городская свалка расположен по адресу: г. Псков. Рижский проспект, 106 «б» не отвечает требованиям, предъявляемым к сооружениям по захоронению отходов. На данную свалку поступали отходы из города Пскова и Псковского района (Ершовская, Завеличская, Карамышевская, Краснопудская, Логозовская, Писковичская, Середкинская, Торошинская, Тямшанская и Ядровская волости и территория Залитских островов). Поступающий на свалку примерный объем отходов 528,4 тыс. м³/год, обозначен на территориальной схеме обращения с отходами производства и потребления. Следует учитывать, что на территорию полигона поступали смешанные отходы из разных источников образования. Территория данного объекта входит в пределы городской черты Пскова и составляет около 185 тыс.м². Для полигонов предусмотрена СЗЗ 500 м, но так как отсутствуют данные о входном контроле – существует возможность поступления в зону захоронения отходов I и II классов опасности, следует выделить ориентировочную СЗЗ равную 1000 м.

28.11.2017 Администрация города Псков издала постановление о закрытии городского полигона отходов производства и потребления. В данном документе говорится о закрытии существующего объекта с 31.12.2017. С 1 января 2018 года - полигон твердых бытовых отходов в Пскове закрыт после 70 лет эксплуатации.

Действующие объекты и сооружения на территории рекультивации отсутствуют.

Технические решения, принятые в данном разделе, соответствуют требованиям экологических, санитарно-гигиенических, противопожарных и других норм, действующих на территории Российской Федерации, и обеспечивают безопасность для жизни и здоровья людей, эксплуатацию объекта при соблюдении предусмотренных в проекте мероприятий.

Тип предлагаемого оборудования в процессе рабочего проектирования может быть изменен - при условии сохранения функционального назначения систем инженерного обеспечения и наличия соответствующих сертификатов Российской Федерации на применяемое оборудование.

1.2.1. Характеристики участка застройки

Земельный участок с кадастровым номером: 60:27:0000000:4294, расположен в г. Псков, Рижский проспект, 106 «б».

Категория земель участка (зона Р1) – зона озелененных территорий общего пользования. Свалка находится в границе города, ее местоположение показано на рисунках 1.1 .

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

158-ИОС7

Лист

3

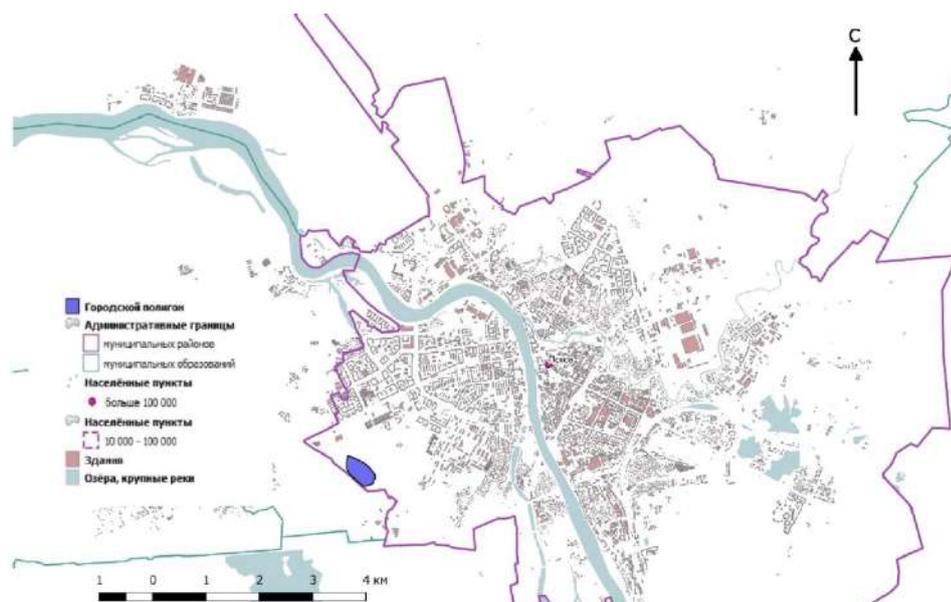


Рис. 1.1 Расположение территории Псковской свалки в границах города.

1.2.2. Описание объекта

Псковская городская свалка. Полигон захоронения твердых коммунальных отходов в г. Пскове не отвечает требованиям, предъявляемым к сооружениям по захоронению отходов. На данном объекте отсутствует входной контроль, гидроизоляция основания, очистные сооружения и прочите технические сооружения. Свалка находится на границе города на земельном участке с кадастровым номером:60:27:0000000:4294, расположен по адресу: г. Псков, Рижский проспект, 106 «б».

1.2.3. Инженерно-геологические условия

Псков расположен на западе европейской части России, на месте впадения р. Псковы в р. Великую и в 16 км от места впадения р. Великой в Псковское озеро. Город находится в центре Псковской низменности. Площадь города составляет 95,6 км². Протяжённость города с севера на юг 9,2 км, а с запада на восток 10 км. Средняя высота над уровнем моря 46,5 м.

Рельеф. Преимущественно низменно-холмистый (средняя высота - 110 м над уровнем моря) с тремя явно выделяющимися возвышенностями: Лужская возвышенность на севере области с максимальной высотой 204 м (гора Кочербуж), Судомская возвышенность в средней части с высшей точкой 293 м (гора Судом) и Бежаницкая возвышенность на юге с максимальной высотой всей области - 339 м (гора Лобно).

Климат. Климат области умеренно-континентальный, влажный, смягченный близостью Атлантического океана. Средняя температура января от -6°С; июля - от +17°С до +17,5°С. Количество осадков 600 мм в год, в основном в летний и осенний периоды.

Продолжительность вегетационного периода в западной части области до 144 суток, в восточной несколько меньше.

Климат Пскова переходный от умеренно морского к умеренно континентальному, с мягкой зимой и тёплым летом. Осадков больше выпадает летом и ранней осенью. Июль 2010 года был признан самым жарким за всю историю метеонаблюдений в Пскове. Среднегодовое количество осадков чуть превышает 600 миллиметров. Среднегодовая относительная

Изм. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

158-ИОС7

Лист

4

влажность воздуха – 79%. Среднегодовая скорость ветра – 3,4 метра в секунду.

Все тело свалки покрыто почвенно-растительным слоем мощностью 0,1 м. Местами произрастает мелкий кустарник.

В геолого-литологическом строении участка принимают участие современные техногенные образования и почвенно-растительный слой, залегающие на верхнечетвертичных озерно-ледниковых отложениях. Подстилающими являются образования верхнего девона.

Техногенные образования – твердые бытовые отходы. Мощность отложений 2,0-21,5 м. Техногенные образования слагают тело свалки, подлежащей рекультивации.

Озерно-ледниковые отложения представлены песками мелкими, супесями пластичными. Мощность озерно-ледниковых отложений 0,8-5,7 м.

Образования верхнего девона (чудовские слои) представлены элювиальным щебенистым грунтом и трещиноватыми известняками. Вскрытая мощность отложений 4,2-13,5 м.

По типу – воды грунтовые, безнапорные. Питание горизонта инфильтрационное, область питания совпадает с площадью распространения, область разгрузки – пониженные участки рельефа.

В период изысканий (декабрь 2019 г.) подземные воды были вскрыты на глубинах 2,00-2,50 м (абсолютные отметки 46,90-47,40 м). Данные уровни можно отнести к среднегодовым.

По степени агрессивности к бетонам марок W4, W6, W8 и к железобетонным конструкциям грунты неагрессивные (СНиП 2.03.11-85).

Оценка коррозионной активности грунтов по отношению к:

- свинцовой оболочке кабеля - высокая;
- алюминиевой оболочке кабеля - высокая;
- углеродистой стали - высокая.

К специфическим грунтам на территории изысканий относятся техногенные образования (tIV).

Техногенные образования на участке изысканий представлены ИГЭ-1 – Техногенные образования: переслаивание супеси темно-серой до черной с песком пылеватым, со строительным мусором и бытовыми отходами, с прослоями плотного строительного мусора: куски бетона, металла, пластика. Мощность составляет 2,00-21,5 м. Техногенные образования слагают тело свалки. Объем техногенных образований составляет 1849 тыс.м³.

Расчетное сопротивление техногенных грунтов, согласно таблице В.9 СП 22.13330.2011, составляет 120 кПа. Модуль деформации E = 10 МПа.

Грунты относятся к сильнопучинистым грунтам.

Плотность грунта, с учетом данных статического зондирования, рекомендуется принимать равной 2,20 г/см³. Техногенные грунты характеризуются неоднородностью состава и свойств по глубине и по площади и низкими значениями показателей физико-механических свойств, в связи с чем не рекомендуются для использования в качестве основания для проектируемых зданий.

Нормативная глубина сезонного промерзания для техногенных образований (ИГЭ-1), песков мелких (ИГЭ-2), супесей (ИГЭ-3) составляет 1,34 м, для щебенистого грунта (ИГЭ-4) – 1,62 м (рассчитана по формуле 5.3 СП 22.13330.2016).

Участок проектируемого строительства оценивается как безопасный в карстово-суффозионном отношении. Площадка изысканий по устойчивости относительно интенсивности образования карстовых провалов относится к категории VI (устойчивой). Провалообразование на площадке изысканий исключается.

Изм. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата	158-ИОС7	Лист
							5

2. Технологическая последовательность работ при возведении объектов или их отдельных элементов.

Рекультивация выполняется в два этапа: технический и биологический.

Технический этап является подготовительным для последующего биологического этапа, он включает проведение планировочных работ, формирование откосов, нанесение технологических слоев и потенциально-плодородных почв.

Биологический этап является завершающим этапом рекультивации, он включает комплекс агротехнических и фитомелиоративных мероприятий по восстановлению плодородия земель: минерализацию почвы и высев трав.

2.1. Подготовительный период.

Перечень работ подготовительного периода:

- Устройство ограждения строительной площадки;
- Устройство въездных ворот;
- Устройство и обустройство строительного городка;
- Устройство электроснабжения строительного городка и участков работ.
- Устройство ограждения строительной площадки.

1. Устройство ограждения строительной площадки.

Ограждение строительной площадки выполняется по периметру земельного участка, выделенного под объект. Ограждение - сигнальное высотой 1,2 м из полимерной сетки, натянутой по вехам, установленным с шагом 5,0 м, общая длина - 1900 м. В качестве полимерной сетки ограждения используется решетка заборная 1,2x25 м из полиэтилена низкого давления; в качестве вех ограждения используются пластиковые стойки высотой 1,2 м на резиновых опорных подушках.

2. Устройство въездных ворот.

На въезде на строительную площадку (в северо-западном углу земельного участка объекта) устраиваются ворота распашные высотой 1,6 м шириной 5,0 м - из двух сварных створок, изготовленных из угловой стали 63x63x5 мм, с заполнением полимерной сеткой.

3. Устройство и обустройство строительного городка.

Состав работ по устройству и обустройству строительного городка:

3.1. Отсыпка площадки строительного городка.

Отсыпка площадки строительного городка на площади 120 м² осуществляется щебнем. Конструкция одежды площадки строительного городка - покрытие из щебня фракции 40÷70 мм толщиной 0,3 м с расклинкой щебнем фракции 20÷40 мм из расчета: 1,2 м³ щебня фракции 20÷40мм на 100 м² площадки.

3.2. Установка бытовых сооружений строительного городка.

Установка бытовых сооружений строительного городка (2 вагончика типа КП для размещения диспетчерского центра и обогрева работников, мобильная туалетная кабина (МТК) - биотуалет, площадка для отдыха с элементами малых архитектурных форм (стол, 2 скамьи, урна), щит с противопожарным инвентарем и ящиком с песком) производится в соответствии со Строительным генеральным планом (02-18-ПОС Лист 2).

4. Устройство электроснабжения строительного городка и участков работ.

Состав работ по устройству электроснабжения строительного городка и участков работ:

- Подключение к ГРЩ гаражного кооператива;
- Устройство заземления электроустановок и потребителей;
- Устройство электроснабжения строительного городка;
- Устройство электроснабжения участков работ.

Для электроснабжения потребителей на площадке строительного городка и на участке работ предусматривается подключение к ГРЩ гаражного кооператива .

Изм. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата	158-ИОС7	Лист
							6

Заземление электроустановок и потребителей выполняются общим, с одним централизованным заземляющим устройством, располагаемым вокруг дизельной электростанции. Контур заземления состоит из 4 вертикальных заземлителей длиной 3,0 м из круга стального диаметром 20,0 мм и горизонтального заземлителя длиной 12,0 м из коррозионностойкой полосы стальной омедненной сечением 4х30 мм.

Питание сети потребителей зданий для обогрева работающих (модульные здания) предусматривается от ящика управления Я5110 1874-3074 УХЛ4, кабелем КГНЗх10, проложенным по деревянным опорам высотой 11,0 м на ж /б подножке по серии 3.407.9-180 "Передвижные опоры линии электропередач до 1,0кВт".

Освещение площадки строительного городка выполняется 2 прожекторами ИО 04-1500-001, установленными на деревянных опорах высотой 11,0 м на ж /б подножке.

Питание сети наружного освещения строительного городка предусматривается от ящика управления освещением Я5110 1874-3074 УХЛ4. Сеть наружного освещения строительного городка от ящика управления до опоры № 1 осуществляется кабелем КГН 2х2,5 и далее проводом СИП 2х2,5 проложенным по деревянным опорам высотой 11,0 м на ж /б подножке.

Освещение 2 участков работ предусматривается 2 прожекторами (по 1 прожектору на участок работ) типа ИО04-1500-001, установленными на передвижных деревянных опорах, высотой 11,0 м на ж /б подножке.

Питание сети наружного освещения рабочих участков предусматривается от ящика управления освещением Я5110 1874-3074 УХЛ4. Сеть наружного освещения рабочих участков от ящика управления до опоры № 1 осуществляется кабелем КГН 2х2,5 и далее проводом СИП 2х2,5 проложенным по 22 деревянным опорам высотой 11,0 м на ж /б подножке.

2.2. Основной период. Техническая рекультивация.

К работам технической рекультивации относятся:

- планировка территории рекультивации;
- формирование поверхности полигона и вылаживание откосов;
- Укладка слоя Геоспана ТН 20 (тканый геотекстиль);
- Устройство выравнивающего слоя грунта песчаного 0,50 м;
- Укладка слоя Геоспана ТН 20 (тканый геотекстиль);
- Укладка слоя геомембраны текстурированной с двух сторон 1,5 мм HDPE-T ;
- Устройство минерального песчаного материала 0,20 м;
- Устройство подстилающего слоя – грунт суглинистый 0,20 м;
- Устройство плодородного слоя грунта 0,20 м;
- Выполняется посев трав.
- Сооружение системы пассивной дегазации свалочного тела.
- Строительство системы экологического мониторинга качества грунтовых вод с помощью мониторинговых колодцев - перфорированные трубы диаметром не менее 130 мм и длиной 4,5 м, одну выше по течению, одну ниже по течению грунтовых вод

В соответствии с письмом Администрации города Пскова №2541 от 09.07.2021 сбор отходов, разлетевшихся с поверхности Псковской городской свалки, и их вывоз на территорию действующего полигона предусматривается при выполнении мероприятий Администрации (в период технического этапа рекультивации).

В период рекультивации производится следующий мониторинг:

- мониторинг химического загрязнения атмосферного воздуха и уровня физического воздействия (в соответствии с п. 10.1 тома 158-ООС) по утвержденной Программе производственного экологического контроля, действующей на момент производства работ по рекультивации;

Изм. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №
--------------	--------------	--------------

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата	158-ИОС7	Лист
							7

Демонтаж бытовых сооружений строительного городка (два вагончика типа КП для размещения диспетчерского центра и обогрева работников, мобильная туалетная кабина (МТК) - биотуалет, площадка для отдыха с элементами малых архитектурных форм (стол, 2 скамьи, урна), щит с противопожарным инвентарем и ящиком с песком) производится краном автомобильным КС 4517К-1 на шасси КАМАЗ 53215-15 с погрузкой в тягач седельный MAN TGS 33/430 с полуприцепом ТСП 94171-10.

4. Демонтаж электроснабжения строительного городка и участков работ.

Демонтаж электроснабжения строительного городка и участков работ.

Состав работ по демонтажу электроснабжения строительного городка и участков работ:

Демонтаж подключения от гаражного кооператива,

Демонтаж заземления электроустановок и потребителей,

Демонтаж электроснабжения строительного городка,

Демонтаж электроснабжения участков работ.

Демонтированное оборудование электроснабжения строительного городка и участков работ (контур заземления из 4 вертикальных заземлителей длиной 3,0 м из круга стального диаметром 20,0 мм и горизонтального заземлителя длиной 12,0 м из коррозионностойкой полосы стальной оцинкованной сечением 4х30 мм, кабель КГН3х10, кабель КГН 2х2,5, провод СИП2х2,5, 2 прожектора ИО 04-1500-001, деревянные опоры высотой 11,0 на ж /б подножке 27 шт.) загружается в тягач седельный MAN TGS 33/430 с полуприцепом ТСП 94171-10.

Вывозимое демонтируемое оборудование (ограждение строительной площадки, въездные ворота, временные здания и сооружения, оборудование электроснабжения) вывозятся на территорию застройщика до последующего использования на других объектах.

2.5. Методы производства основных видов работ

Земляные работы.

Земляные работы выполняются механизированным способом согласно требованиям проектной документации, проекта производства работ, а также требованиям СНиП 3.02.01-87, СНиП 2.06.03-85, СНиП 12-03-01, СНиП 12-04-02.

Примерно 97 % всех земляных работ при формировании тела полигона, планировки территории комплексно механизированы, т.е. при выполнении процесса практически исключается ручной труд.

Проектом предусмотрен следующий порядок выполнения работ при формировании поверхности и откосов полигона:

- планировочные работы до проектных отметок;
- укладка изолирующего слоя полигона;
- устройство системы газового дренажа;
- нанесение рекультивационных слоев.

Предусмотрен следующий порядок выполнения работ при формировании откосов:

– Грубые планировочные работы до проектных отметок выполняются бульдозером.
 – Выполаживание откосов. Откосы свалки выполняются более пологими – 1:5 (в соответствии с томом 158-ПЗУ). Выполаживание откосов полигона предусматривается путем срезки части откосов. Коэффициент уплотнения откосов 0,88-0,90.

– В заключительный период рекультивации земель производится окончательная планировка бульдозером с целью выправки отдельных недочетов планировочных работ.

Выравнивание площади осуществляется таким образом, чтобы не было углублений, не имеющих стока воды. Эти выемки и углубления предусматривается засыпать до проектных отметок. В процессе перемещения грунта производится предварительная планировка площади. При этом твердо-бытовые отходы с прилегающей территории перемещаются непосредственно в тело полигона с обязательной изоляцией грунтом.

Изм. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	158-ИОС7						Лист
									9
Изм.	Коп. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата				

При срезке отдельных неровностей набор грунта осуществляется при движении бульдозера под уклон, движение бульдозера должно быть сверху вниз и перпендикулярно оси откоса.

В ходе работ по формированию тела полигона и планировки территории грунт срезается и перемещается бульдозерами для создания проектных отметок поверхности. Избыточный грунт и отходы с прилегающей территории разрабатываются экскаватором с погрузкой в автосамосвал, транспортируются и разгружаются после подъема кузова, разравниваются бульдозерами.

Форма свалочных масс приведена к проектной правильной форме террикона в соответствии с требованиями нормативной документации по проектированию терриконов, с одинаковыми откосами по периметру 1:5, двухскатной поверхностью верха, для минимизации объемов перемещения грунта верх террикона выполнен двухъярусным, произведена оптимизация формы с северо-восточной стороны, что позволило сократить объем перемещаемых масс с 240 тыс.м³ до 131 тыс.м³.

Принято решение отказаться от водоотводного лотка по периметру террикона, т.к. поверхности рельефа имеют уклон от террикона в сторону прилегающих участков, дождевая вода будет стекать по рельефу, впитываясь в грунт и фильтруясь в подземные воды, соответственно устройство дополнительного лотка нецелесообразно.

По уклонам от террикона на прилегающие территории – по существующим отметкам вокруг проектируемого террикона расположены выемки, которые будут заполняться дождевой водой, с последующей фильтрацией в почву, в том числе за границей производства работ, т.к. в тех. задание не входили работы по выравниванию существующего рельефа за границей подошвы террикона, эти работы в проект не заложены, для формирования рельефа придется завозить грунт в значительных объемах и производить работы за пределами зоны работ, что недопустимо.

Согласно тому 158-ИГИ «Технический отчет. Инженерно-геологические изыскания» техногенные образования, подлежащие утилизации, безводны. Подземные воды, вскрытые 2 скважинами в ходе инженерно-геологических изысканий, имеют спорадическое распространение и относятся к типу «верховодки». Данные скважины находятся за пределами тела свалки.

Таким образом, при устройстве конструкции гидроизоляции поверхности тела территории свалки экскавация свалочных масс ниже уровня подземных вод не предусматривается.

Работы на свалке не рекомендуется выполнять в период выпадения проливных дождей и снеготаяния.

Учитывая сложившийся рельеф поверхности полигона, для планировочных работ используются бульдозеры. По мере срезания отходов и увеличения призмы волочения бульдозера возрастает сопротивление перемещению бульдозера. Чтобы полностью использовать силу тяги бульдозера толщина стружки должна быть переменной, поэтому рационально использовать работу двух спаренных бульдозеров, установленных на расстоянии 0,25÷0,30 м друг от друга, сочетание которых увеличит производительность оборудования на планировочных работах на 15-20% и уменьшит потерю грунта (отходов) в 2 раза. Этот способ требует более высокой квалификации машинистов, так как работа двумя спаренными бульдозерами должна быть более слаженной и согласованной.

Применяют также способ перемещения грунта в два этапа, обеспечивающий увеличение производительности до 10%. При этом способе разрабатываемый грунт сначала перемещают до половины пути и оставляют в куче – I этап. По мере накопления грунта в куче (до 100-200 м³) бульдозер перемещает его до места укладки – II этап (рисунок 2.1). Этот способ разработки обеспечивает меньшие потери грунта в пути и более высокую производительность бульдозера по сравнению с разработкой и перемещением грунта в один этап.

Изм. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

158-ИОС7

Лист

10

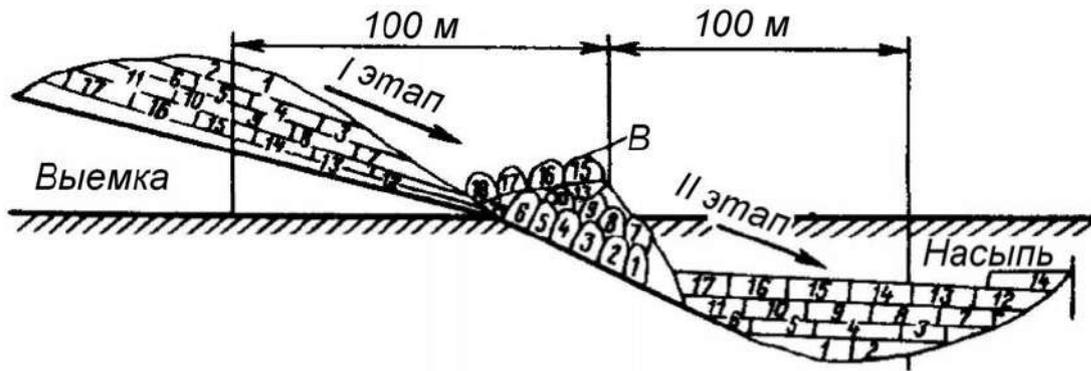


Рисунок 2.1 – Схема способа перемещения грунта в два этапа

Скважины газового дренажа бурятся на проектную глубину. Грунт из скважин складировается в отвал, затем перемещается бульдозером в тело полигона. Щебень для заполнения скважин доставляется на площадку предприятием-поставщиком и разгружается непосредственно у скважин, щебень укладывается вручную. Во время укладки щебня обсадная колонна постепенно вынимается. Доставка щебня осуществляется с карьера нерудных материалов, расположенного по адресу: Псковская область, Палкинский район, деревня Анскино, на расстоянии 48 км от объекта проектирования.

В процессе планировочных работ бульдозер сдвигает грунт, создавая “тонкие” слои высотой 0,25 метра. Такая высота слоя определена необходимостью эффективного уплотнения грунта. Уплотнение производится с целью увеличения несущей способности грунта, уменьшения его сжимаемости и снижения водопроницаемости.

Укладка отходов слоями 0,25 м достигается четырехкратным проходом катка по одному и тому же месту, т.е. каждый последующий след перекрывает предыдущий на $\frac{3}{4}$ ширины следа. Укладку нового слоя следует начинать там, где начинается и предыдущий слой. В противном случае уплотнение будет неравномерным.

По окончании технического этапа рекультивации земель производится тщательная планировка бульдозером.

Бетонные работы

Бетонные работы на участке рекультивации производятся:

- на площадке стройдвора (при устройстве фундаментов зданий и сооружений, твердого покрытия территории, монолитных оснований и заделке швов железобетонных конструкций колодцев, лотков);
- при заделке устья газовыпусков.

Перед бетонированием поверхности должны быть очищены от мусора и грязи, пролиты водой и просушены.

Заделка устья производится бетоном класса В15. Применяемые бетонные смеси должны отвечать требованиям ГОСТ 7473-2010. Работа производится вручную.

Подача бетона производится непосредственно с автобетоносмесителя.

Опалубка для замоноличивания стыков и швов, как правило, должна быть инвентарной и отвечать требованиям ГОСТ Р 52085-2003, ГОСТ Р 52086-2003.

Опалубку, применяемую для возведения монолитных конструкций, необходимо изготавливать и применять в соответствии с проектом производства работ, утвержденным в установленном порядке.

Антикоррозийная защита конструкций

Изоляционные работы строительных конструкций выполняются согласно требованиям проектной документации, проекта производства работ, а также требованиям СП

Изм. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №					158-ИОС7	Лист
			Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.		

Пространство между трубой и стенками скважины послойно заполняется щебнем фракции 05-20.

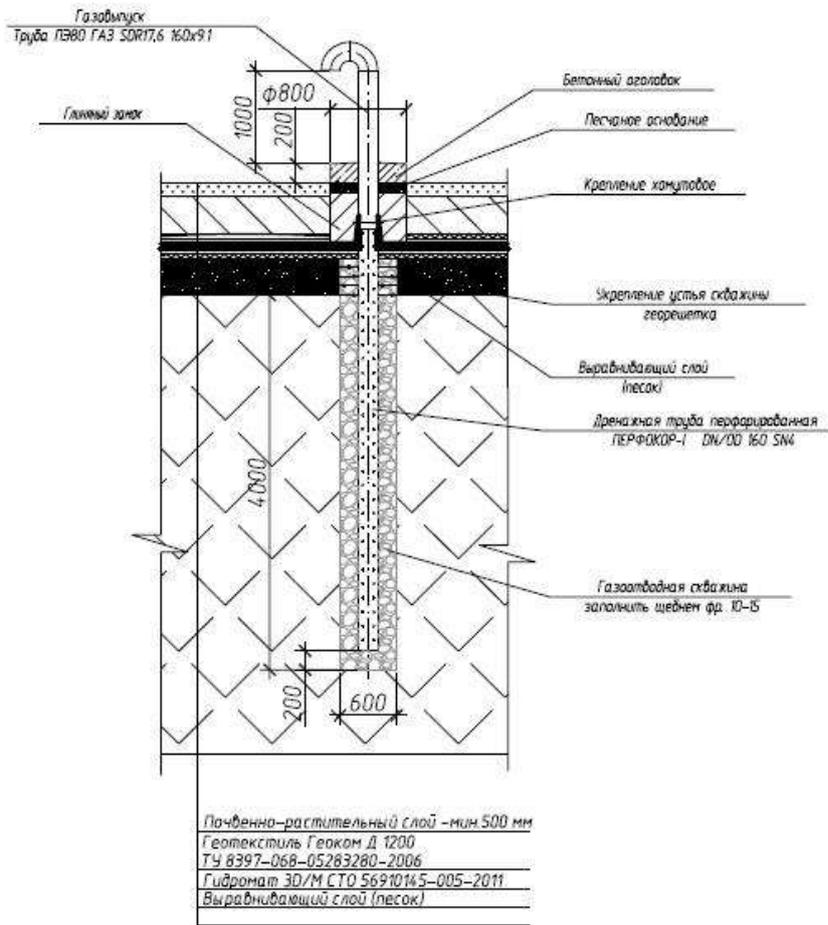
Под гидроизоляционными слоями выполняется укладка дренажного мата, выполняющего роль пластового газового дренажа. Стыковка геомембраны и газового выпуска выполняется герметично хомутовым креплением, затем выполняется глиняный замок для исключения попадания поверхностных вод в газовую скважину.

На поверхности рекультивационных слоев монтируется бетонный оголовок, газоразрыв выполняется на высоту 1,0 м с отводом, препятствующим попаданию дождевой воды в скважину.

Технологическая последовательность производства работ по устройству системы газового дренажа

1. Разработка грунта ($V = 0,7 \text{ м}^3$) экскаватором обратная лопата (ЭО-2621А «Беларусь», 0,25 м³) для устройства приямка в месте установки газоразрывной трубы. Общий объем разработки грунта для устройства приямков – 14 м³;
2. Установка металлического колодца с оголовком ($D = 600 \text{ мм}$; $L = 1,1 \text{ м}$) краном автомобильным КС 4517К-1;
3. Устройство буровой скважины (шнеком) с обсадной металлической трубой ($D = 600 \text{ мм}$; $L = 4,0 \text{ п.м.}$) бурильно-крановой машиной БКМ-515 (Урал-4320);
4. Установка газодренирующей перфорированной трубы ($D = 160 \text{ мм}$; $L = 5,0 \text{ п.м.}$) с оголовком выше поверхности грунта не менее 1 м;
5. Засыпка межтрубного пространства экскаватором обратная лопата (ЭО-2621А «Беларусь», 0,25 м³) щебнем фр. 10-15 ($V = 1,5 \text{ м}^3$) с послойным уплотнением;
6. Устройство выравнивающего слоя (песок) вокруг устья скважины (400 мм);
7. Укрепление устья скважины георешёткой;
8. Установка бетонного кольца КС-7-9 ($V = 0,016 \text{ м}^3$, бетон В24, F150, W8) краном автомобильным КС 4517К-1;
9. Крепление к газодренирующей перфорированной трубе газоразрыва (труба ПЭ80 ГАЗ SDR17,6 160x9,1). Крепление хомутовое;
10. Устройство глиняного замка в месте стыка труб (700 мм);
11. Устройство песчаного основания по глиняному замку (100 мм);
12. Устройство бетонного оголовка (200 мм).

Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	Изм. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	158-ИОС7		Лист
											13



Общее количество скважин составит 20 шт.

Потребность в строительных материалах составит:

- трубы дренажная перфорированные ДН Ø 160 мм (труба Перфокор-1 ДН ОД 160 SN *5000 мм) – 100 п.м;
- щебень фр. 10-15 мм – 30 м³;
- металлический колодец с оголовком (D = 560 мм; L = 1,1 м) – 20 шт. (ГОСТ 8020-90 «Конструкции для колодцев канализационных, водопроводных и газопроводных сетей. Технические условия»);
- песок (выравнивающий слой) – 14 м³;
- георешётка – 80 м²;
- газовыпуск (труба ПЭ80 ГАЗ SDR17,6 160x9,1), 2,0 м – 20 шт. / 40 м;
- хомуты крепления – 20 шт.;
- глина жирная – 6,8 м³;
- песок (основание по глиняному замку) – 1,1 м³;
- бетон В24, F150, W8 – 2,2 м³;
- обсадная металлическая труба (D = 600 мм; L = 4,0 п.м.) – 20 шт. / 80 п.м. (ГОСТ 632-80 «Трубы обсадные и муфты к ним»);
- бетонное кольцо КС-7-9 (бетон В24, F150, W8) – 20 шт. (ГОСТ 8020-90 «Конструкции для колодцев канализационных, водопроводных и газопроводных сетей. Технические условия»);
- шнек – 1 шт. (норма расхода 0,17 шт. на 100 м ГЭСН 04-01-037-xx);
- долото шнековое – 1 шт. (норма расхода 0,31 шт. на 100 м ГЭСН 04-01-037-xx).

Изм. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

158-ИОС7

Лист

14

Бурильно-крановые машины БКМ-515 и БКМ-515А



Технические параметры

Базовое шасси	Урал-4320 / Урал-43206
Максимальная глубина бурения, м	10
Диаметр бурения, м	0,36, 0,50, 0,63, 0,80
Максимальный крутящий момент на бурильном инструменте Нм	4900
Расчетная максимальная осевая нагрузка на бурильном инструменте при заглублении, кН	24,5
Расчетная максимальная осевая нагрузка на бурильном инструменте при выглублении, кН	31,65
Тип привода вращения бурильного инструмента	Гидравлический
Тип привода кранового оборудования	Гидравлический
Частота вращения бурильного инструмента, об/мин	
- при бурении с максимальной нагрузкой	52
- при разбросе грунта	130
Максимальная грузоподъемность кранового оборудования, кг	
- при пустом барабане	2000
- при полном барабане	1500
Максимальная высота подъема грузового крюка, м	8
Техническая производительность (при бурении скважины диаметром 0,5 м на глубину 3 м в немерзлых грунтах III категории), м/ч	15
Скорость транспортная, км/ч	50
Габаритные размеры в рабочем положении, мм	
длина	8330
ширина	3100
высота	8655
Масса полная, кг	13300

Монтаж геосинтетических материалов, гидроизоляционного полимера.

При устройстве верхнего противодиффузионного экрана приняты геосинтетические материал: дорнит, а также гидроизоляционный полимер.

Укладку (монтаж) геосинтетического материала рекомендуется проводить с привлечением специализированной организации, имеющей соответствующий допуск и опыт работы по данному профилю, с обязательным соблюдением требований руководства (инструкции) по укладке материала, разработанного производителем.

Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.

Изм.	Коп. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата
------	----------	------	--------	---------	------

158-ИОС7

Лист

15

Поверхность под геосинтетикой должна быть ровной, сухой, тщательно уплотненной. До начала монтажа необходимо выполнить анкерные траншеи с соблюдением длины, ширины и глубины согласно проектной документации.

Персонал, работающий с геомембраной, не должен курить, производить действия, способные повредить геомембрану.

Допускается с соблюдением предосторожностей от повреждений использовать на геосинтетической поверхности вездеходную технику с резиновыми шинами и низким давлением на грунт. Особо следует избегать интенсивного движения.

Не допускается проведение работ при неблагоприятных погодных условиях, способных подвергнуть опасности целостность монтажа.

Мастер совместно с техником по надзору за качеством и уполномоченным независимым инспектором в кратчайшие сроки после укладки должны визуально проверить каждую полосу с целью выявления повреждений.

При выявлении повреждений произвести ремонт дефектных мест. При значительных повреждениях выполнить полную замену поврежденного участка геотекстильного материала.

Накопления зеркал воды не образуются, ливневые стоки распределяются равномерно и будут стекать по рельефу, впитываясь в грунт и фильтруясь в подземные воды. Подтопление прилегающей территории не прогнозируется.

С учетом представленных в проектной документации мероприятий по планировке территории для отвода ливневых вод на периферийные территории, а также фильтрационными свойствами грунтов в основании территории заболачиваемость территории и застой воды не прогнозируется.

3. Система дегазации

3.1. Состав и содержание проекта дегазации и утилизации биогаза Псковской городской свалки

В толще твердых бытовых и промышленных отходов, захороненных на полигонах, под воздействием микрофлоры происходит биотермический анаэробный процесс распада органической составляющей отходов.

Конечным продуктом этого процесса является биогаз, основную объемную массу которого составляют метан и диоксид углерода. Наряду с названными компонентами биогаз содержит пары воды, оксид углерода, оксиды азота, аммиак, углеводороды, сероводород, фенол и в незначительных количествах другие примеси, обладающие вредным для здоровья человека и окружающей среды воздействием.

В начальный период (около года) процесс разложения отходов носит характер их окисления, происходящего в верхних слоях отходов, за счет кислорода воздуха, содержащегося в пустотах и проникающего из атмосферы. Затем по мере естественного и механического уплотнения отходов и изолирования их грунтом усиливаются анаэробные процессы с образованием биогаза, являющегося конечным продуктом биотермического анаэробного распада органической составляющей отходов под воздействием микрофлоры.

Различают пять фаз процесса распада органической составляющей твердых отходов на полигонах:

1-я фаза – аэробное разложение;

2-я фаза – анаэробное разложение без выделения метана (кислое брожение);

3-я фаза – анаэробное разложение с непостоянным выделением метана (смешанное брожение);

4-я фаза - анаэробное разложение с постоянным выделением метана; 5-я фаза – затухание анаэробных процессов.

Первая и вторая фазы имеют место в первые 20-40 дней с момента укладки отходов, продолжительность протекания третьей фазы - до 700дней. Длительность четвертой фазы колеблется от 10 (на юге) до 50 лет (на севере).

Изм. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №

Изм.	Коп. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	158-ИОС7	Лист
							16

За период анаэробного разложения отходов с постоянным выделением метана и максимальным выходом биогаза (четвертая фаза) генерируется около 80% от общего количества биогаза. Остальные 20% приходятся на первые три и конечную фазы, в периоды которых в образовании продуктов разложения принимает участие только часть находящихся на полигоне отходов (верхние слои отходов и медленно разлагаемая микроорганизмами часть органики).

Процесс минерализации отходов происходит в течение 1-го года – на 12см, 2-го года – на 21см, 3-го года – на 27см и т.д.

При использовании расчетного метода инвентаризации выбросов проектируемого полигона ПО можно принять следующий среднестатистический удельный выход биогаза в период его активной стабилизированной генерации при метановом брожении реальных влажных отходов, рекомендованный при проектировании полигонов ТБО и ПО.

Для расчета величин выбросов подсчитывается количество активных отходов, стабильно генерирующих биогаз, с учетом того, что период стабилизированного активного выхода биогаза в среднем составляет двадцать лет и что фаза анаэробного стабильного разложения органической составляющей отходов наступает спустя в среднем два года после захоронения отходов.

В нашем случае полигону 71 год. Большинство отходов разложилось. Общий объем отходов 1849 тыс.м³.

Таблица 1

Обоснование выбора системы дегазации

№	Обосновывающее положение	Результаты описания и расчета
1	Пассивные методы дегазации основываются на природных процессах конвекции и диффузии и устанавливаются в местах низкого газообразования и отсутствия перемещения газа.	Исследуемый полигон вышел за временные границы активного газообразования; Визуальных признаков выделения биогаза в процессе изысканий не установлено.
2	Пассивные методы дегазации не применяются для полигонов с внутренними изолирующими слоями.	Полигон исследуемый эксплуатировался не по требованиям «Инструкции...», поэтому наличие изолирующих слоев подвергается сомнению и данный факт подтверждается результатами ИГИ.
3	Пассивная схема дегазации применяется для полигонов емкостью не более 40 000 тонн, для старых хранилищ ТБО с невысоким уровнем выделения биогаза или для полигонов с высоким уровнем фильтрата.	Объем захоронения превышает допустимые нормативы, но в свалочном теле не установлено наличие пьезометрического уровня фильтрата и полигон имеет возраст более 70 лет, что соответствует категории «старых хранилищ».

Таким образом, исследуемый полигон начал эксплуатироваться с 1940-х г., то есть, в соответствии с прогнозируемой динамикой образования биогаза, находится на завершающей стадии активного метаногенеза. Поэтому с учетом недостатков системы активной дегазации было признано целесообразным сооружение системы пассивной дегазации, использующей естественный градиент между давлением внутри насыпного холма и атмосферным давлением для удаления биогаза в атмосферу через вертикальные выпуски (скважины пассивной дегазации). Кроме того, выбор системы пассивной дегазации определялся тем, что принцип ее действия является более стабильным и предсказуемым.

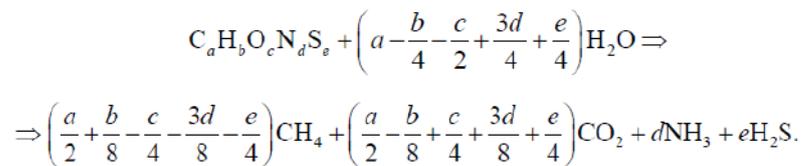
Основные физические свойства биогаза следующие: плотность $1,07 \times 10^{-4}$ кг/м³, абсолютная вязкость (η) биогаза составляет $1,15 \times 10^{-5}$, метана – $1,04 \times 10^{-5}$ Н×с/м². Теплота сгорания – 1800-25100 кДж/м³ (для 1 м³ биогаза при содержании 50% CH₄ и 45% CO₂ – 18500 кДж или 5,14 Вт) [3].

Изм.	Коп. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	158-ИОС7	Лист
Изм.	Коп. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		

ПРИМЕНЯЕМЫЕ МЕТОДЫ РАСЧЕТА И ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Стехиометрическая модель. Для оценки глобальных эмиссий биогаза могут быть рекомендованы различные модели расчета, в частности стехиометрическая модель, позволяющая определить теоретический выход биогаза в результате полного разложения в идеальных условиях. Расчет производится на основании брутто-формулы разложения основных составляющих отходов: белков, жиров и углеводов [9].

В общем виде уравнение полного разложения может быть представлено следующим образом:



Расчетные коэффициенты и индексы в уравнении можно определить по брутто-формуле фракции отходов (табл. 2)

Таблица 2

Морфологический состав и физико-химические свойства отходов типичного полигона захоронения ТБО [3].

Фракция отходов	Доля фракции, %	Химический состав фракции (в расчете на сухие ТБО)	Молярная масса, кг/кмоль	Зольность, % к массе сухих ТБО	Плотность, кг/м ³	Теплоемкость, Дж/кг·К
Пищевые отходы	15–20	C _{320,3} H _{570,9} O _{188,4} N _{14,9} S	7674	5,0	1400	1715
Бумага	25–32	C _{580,6} H _{952,3} O _{440,8} N _{3,49} S	15045,96	6,0	1500	1260
Садово-парковые отходы	10–15	C _{424,8} H _{635,9} O _{253,8} N _{6,41} S	9916,04	5,0	1450	1360
Дерево	8–10	C ₁₃₂₁ H ₁₉₀₄ O _{855,6} N _{4,6} S	31542	1,5	1500	1360
Ткань, текстиль	2–5	C _{978,8} H ₁₃₉₆ O _{416,8} N _{70,2} S	20825,2	2,5	1300	1310
Кожа	1,5–2,5	C _{404,4} H _{634,9} O _{58,1} N _{57,2} S	7250,1	10	900	
Резина	1,5–2,5	C _{454,9} H _{69,4} N ₁ S	5574	10	940	1590
Пластик	5–10	C _{3,5} H _{5,0} O ₁ S	63,075	10	920–1040	1300–2300
Черные и цветные металлы	1–2	Fe, Cu, Ni, Cr, Pb и др.	–	–	7800–9000	630–880
Стекло	6–8	–	–	–	2400	1160
Прочие	2–5	–	–	–	–	–
Биоразлагаемая фракция ТБО	70–78	C _{350,4} H ₄₈₀ O ₂₀ N _{5,7} S	–	68	–	–

В результате проведенных изысканий, были отобраны усредненные пробы отходов из скважин, которые были отправлены для определения морфологического состава. Результаты представлены в табл. 3.

Таблица 3

Морфологический состав проб отходов Псковской городской свалки (масс %) x_i

Компонент	Содержание					
	Пр.1	Пр.2	Пр.3	Пр.4	Пр.5	Среднее

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Коп. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата
------	----------	------	--------	---------	------

158-ИОС7

Лист

18

Пищевые отходы	33,1	15,1	5,3	12,6	3,5	13,92
Бумага, картон	32,0	21,5	15,2	9,7	5,4	16,76
Дерево	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,6
Черный металлолом	1,1	1,1	3,2	3,6	3,3	2,46
Цветной металлолом	0,8	0,8	1,1	1,4	1,0	1,02
Текстиль	3,8	3,6	3,1	2,8	2,6	3,18
Кости	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,9
Стекло	3,2	3,2	2,5	2,1	2,7	2,74
Кожа, резина	0,8	0,7	0,5	0,4	0,3	0,54
Камни, штукатурка	1,1	1,1	0,8	1,0	1,7	1,14
Пластмасса	4,8	3,6	3,1	3,0	2,8	3,46
Целлофан	3,0	1,7	1,3	1,1	0,9	1,6
Отсев	5,2	4,2	3,0	4,2	5,3	4,38
Твёрдые органические частицы	9,2	41,7	59,4	69,4	72,9	50,52

Таким образом, морфологический состав отходов Псковской городской свалки соответствуют составу и физико-химическим свойствам отходов типичного полигона захоронения.

Стехиометрический расчет показывает максимальный выход биогаза для отходов Псковской городской свалки на уровне 200-500 м³/т.

В настоящее время использование этой модели для расчетов ограничено, так как она не учитывает реальные условия разложения, такие как степень аэробной и анаэробной деструкции, питательных ограничений, биологического ингибирования процесса, физико-химических взаимодействий. Поэтому полученные значения эмиссий оказываются выше значений, полученных путем натурных испытаний.

Согласно модели расчета по «Методические указания по расчету выбросов...», утвержденную Министром ООС Республики Казахстан от 05.11.2010 г. №280-п (Алматы, 2010) [7] эмиссии метана от полигонов ТБО рассчитываются по следующей формуле:

$$E_{CH_4} (Гг/год) = (MSW \times MCF \times DOC \times DOC_f \times F \times 16/12 - R) \times (1 - OX)$$

где MSW - общее количество отходов на полигоне (согласно предоставленным данным Комитета); MCF - коэффициент коррекции потока метана, доля (0,6); DOC - потенциально разлагаемое органическое вещество (определяется по составу отходов на конкретных данных); DOC_f - доля DOC, которая фактически разлагается (типичное значение 0,77); F - доля метана в образующихся на свалках газа (типичное значение 0,5); 16/12 - коэффициент преобразования С в CH₄; R - утилизированный метан (в случае нашего расчета =0); OX - коэффициент окисления (в случае нашего расчета =0).

Для расчетов эмиссий метана от полигонов ТБО необходимо иметь данные о морфологическом составе отходов (табл. 3), на основе которого можно определить содержание разлагающегося органического углерода (DOC).

Содержание доли разлагающегося органического углерода в различных видах отходов (DOC), способных к разложению, имеют следующие значения:

- А - бумага, тканевые материалы – 40%
- Б - непищевые отходы, образующиеся в парках и садах – 17%
- В - пищевые отходы – 15%
- Г - Древесные отходы и солома – 30%.

Величину DOC_f из формулы (1) определяют по формуле (2):

$$DOC_f = 0,4 (A) + 0,17 (B) + 0,15 (V) + 0,3 (Г).$$

Расчет показывает максимальный выход биогаза для отходов Псковской городской свалки по данному методу на уровне 183 м³/т (удельный выход 2,2 м³/т).

Изм.	Коп. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инва. № подл.	158-ИОС7				Лист
													19

Альтернативной моделью расчета является модель расчета воздушных эмиссий полигона (Landfill Air Emission Estimation model) [3]. Она базируется на уравнении первого порядка в следующем виде:

$$Q_{\text{CH}_4} = R_x L_0 (e^{-kc} - e^{-kt}),$$

где Q_{CH_4} – уровень метанообразования в год; R_x – среднегодовое накопление отходов; L_0 – потенциал генерации метана; t – текущий год; c – время, прошедшее с момента закрытия полигона (размерность принята как для действующих полигонов $c = 0$); k – константа скорости распада 1-го порядка (1/год).

US EPA рекомендует принимать $L_0 = 170 \text{ м}^3/\text{т}$; $k = 0,04$ при уровне осадков более 635 мм.

Модель LandGEM разработана в виде программного продукта на основе уравнения и позволяет определить общий объем метана, выделяемого тонной ТБО в момент времени t :

$$G = WL_0 \frac{k+s}{s} (1 - e^{-s(t-t_1)}) (ke^{-k(t-t_1)}),$$

где G – генерация биогаза полигона, т/год; W – отходы на площадке, т; L_0 – потенциал генерации метана, $\text{м}^3/\text{т}$; t – время от начала размещения отходов, годы; t_1 – время между размещением отходов и началом регенерации биогаза, годы; k – константа скорости распада 1-го порядка год^{-1} ; s – фазовая константа увеличения скорости распада первого порядка, год^{-1} .

С помощью этой модели можно рассчитать величину максимальных ожидаемых эмиссий биогаза (по параметрам Clean Air Act, 1990 (CAA): $k = 0,05 \text{ год}^{-1}$; $L_0 = 100 \text{ м}^3/\text{т}$) и так называемых типичных эмиссий (параметры Air Pollution Emission Factor 1995: $k = 0,04 \text{ год}^{-1}$; $L_0 = 170 \text{ м}^3/\text{т}$).

Прогноз эмиссий по параметрам, характерным для конкретного полигона, возможен в том случае, если полигон оборудован скважинами, позволяющими определить поток метана, и точно известен состав складированных ТБО, в частности содержание органически разлагаемого углерода. Для расчета константы разложения (k) необходимо знать количество и диаметр газосборных скважин, радиус их влияния, а для расчета метанового потенциала, L_0 , необходимы полевые измерения потока метана в скважинах. Для оцениваемого полигона – Псковская городская свалка – этих данных не найти, поэтому данная модель расчета используется как усредненная в соответствующих природно-климатических условиях (по аналогии с полигонами южных штатов США).

Многими исследователями отмечается приемлемая сходимость результатов экспериментов на реальных полигонах с данными, полученными с помощью этой модели. Согласно расчетам образования биогаза, выполненным Р. Aprili, М. Bergonzoni, Сесchini, Р. Neri [10] по методу LandGEM, одной тонной твердых отходов в течение первых 30 лет эксплуатации полигона Поياتика (Poiatica) производится 201 м^3 биогаза. Органическая составляющая отходов на полигоне составляет 77% общей массы, 1 т органических отходов образует 250 м^3 биогаза, содержание метана в биогазе 55%, плотность отходов – $0,8 \text{ т}/\text{м}^3$. В этих условиях константа генерации метана $k = 0,089 \text{ 1/год}$, потенциал генерации метана $L_0 = 106 \text{ м}^3/\text{т}$.

Массив ТКО Псковской городской свалки сложен из разновозрастных отходов смешанной морфологии (бумага – 16,7%; стекло – 2,7%; пищевые отходы – 13,9%; текстиль, дерево, кости – 4,6%; строительный мусор – 1,1%; пластмасса – 5,1%; металлы и прочее – 28%). Состояние органического вещества в ТБО $S_{\text{орг}}$ составляет 52%.

В модели LandGEM значение константы скорости генерации метана $k = 0,04 \dots 0,05$ принято для зон с годовым количеством осадков не более 400 мм/год. Для нашего климатического района с годовым максимальным количеством осадков 600–700 мм/год k должна иметь величину 0,07–0,09.

При этом значения метанового потенциала L_0 для Псковской городской свалки должны быть не менее $150 \text{ м}^3/\text{т}$.

Изм. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							158-ИОС7	Лист
			Изм.	Коп. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		20

Расчет эмиссии биогаза по методике АКХ им. К.Д. Памфилова. В настоящее время для прогноза образования биогаза используется методика, разработанная Академией коммунального хозяйства (АКХ) им. К.Д. Памфилова (2005 год).

В реальных условиях отходы содержат определенное количество влаги, которая сама по себе биогаз не генерирует. Следовательно, выход биогаза, отнесенный к единице веса реальных влажных отходов, будет меньше, чем отнесенный к той же единице абсолютно сухих отходов в $10^{-2} \times (100 - W)$ раз, так как в весовой единице влажных отходов абсолютно сухих отходов, генерирующих биогаз, будет всего $10^{-2} \times (100 - W)$ от этой единицы. Здесь W – фактическая влажность отходов, %, определенная анализами проб отходов.

С учетом вышесказанного уравнение выхода биогаза при метановом брожении реальных влажных отходов принимает вид

$$Q_w = 10^{-6} R(100 - W) (0,92Ж + 0,62У + 0,34Б)$$

где Q_w – удельный выход биогаза за период активного выхода, кг/кг отходов; W – средняя влажность отходов, %; R – содержание органической составляющей в отходах, на сухую массу, %; $Ж$ – содержание жироподобных веществ в органике отходов, %; $У$ – содержание углеводородных веществ в органике отходов, %; $Б$ – содержание белковых веществ в органике отходов, %.

W , R , $Ж$, $У$ и $Б$ определяются данными по объектам аналогам и в целом соответствуют значениям, приведенным в данной Методике в качестве примера:

R - содержание органической составляющей в отходах, 55%;

$Ж$ - содержание жироподобных веществ в органике отходов, 2%;

$У$ - содержание углеводородных веществ в органике отходов, 83%;

$Б$ - содержание белковых веществ в органике отходов, 15%.

$10^{-2}(100 - W)$ учитывает, какова доля абсолютно сухих отходов в общем количестве реальных влажных отходов. $W = 47\%$

$$Q_w = 10^{-6} \times 55 \times (100 - 47) \times (0,92 \times 2 + 0,62 \times 83 + 0,34 \times 15) = 0,17 \text{ кг/кг}$$

Период полного сбраживания органической части отходов, в годах, определяемый по приближенной эмпирической формуле:

$$t_{\text{сбр}} = \frac{10248}{T_{\text{тепл}} \cdot (t_{\text{ср.тепл}})^{0,301966}}$$

$t_{\text{ср.тепл}}$ - средняя из среднемесячных температура воздуха в районе полигона твердых бытовых, за теплый период года ($13,2^\circ\text{C}$); $T_{\text{тепл}}$ - продолжительность теплого периода года в районе полигона ТБО, в днях (244 дня); 10248 и 0,301966 – коэффициенты, учитывающие биотермическое разложение органического вещества. Получаем время полного разложения (генерируется около 80% от общего количества биогаза) около 20-25 лет, что опять же говорит нам о выходе Псковской городской свалки за границы активной стадии разложения.

Определяем количественный выход биогаза за год, отнесенный к одной тонне захороненных отходов:

$$P_{\text{уд}} = \frac{Q_w}{t_{\text{сбр}}} * 10^3$$

По нашим данным получаем 7,8 кг на тонну отходов. В соответствии с компонентным составом рассчитываем плотность свалочного газа, которая составляет при нормальных условиях около $1,4 \text{ кг/м}^3$.

Расчет показывает максимальный выход биогаза для отходов Псковской городской свалки по данному методу на уровне $210 \text{ м}^3/\text{т}$.

Таким образом, расчет показывает средний выход биогаза для отходов Псковской городской свалки не более $186 \text{ м}^3/\text{т}$ за весь период дегазации 20-30 лет.

Изм.	Коп. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	158-ИОС7	Лист
Инва. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №					

Рекомендации по расчету образования биогаза и выбору систем дегазации на полигонах захоронения ТБО, М, 2003.

Для прогнозирования эмиссий метана с полигонов ТБО в качестве необходимых для расчета исходных данных принимают следующие параметры:

- морфологический и химический состав биоразлагаемой части ТБО;
- зольность отходов A , (доля единицы);
- влажность, W , (доля единицы);
- коэффициент биоразложения отходов на стадии полного метаногенеза B_f (зависит от морфологического состава биоразлагаемой части ТБО).

Полный потенциал генерации метана L_0 (м³/т сухих отходов) определяется по формуле:

$$L_0 = \sum(L_{0i} \cdot x_i),$$

где x_i - доли биоразлагаемых фракций; L_{0i} - метановый потенциал (м³/т сухих отходов) для каждой фракции отходов с учетом коэффициента биоразложения B_f и зольности A , определяется по формуле:

$$L_{0i} = 11088 \cdot \frac{n_c}{\mu_i} \cdot (1-A) \cdot B_f$$

где n_c - число киломолей углерода, содержащееся в 1 тонне фракции; μ_i - молярная масса фракции (кг/кмоль).

Расчет проведен согласно данных в таблице 3 и 4.

Таблица 4

Компонент	n_c [1]	μ_i [1]	A (%) [3]	B_f [11]	L_{0i}	x_i
Пищевые отходы	0,32	7606,5	0,4	0,83	0,23	13,3
Бумага	0,58	15051,9	0,2	0,83	0,28	16,8
Отсев	0,424	9916,04	0,9	0,72	0,03	50,5
Дерево	1,312	31542	0,1	0,22	0,09	0,6
Ткань, текстиль	0,978	20825,2	0,2	0,22	0,09	3,2
Кожа	0,404	7202,1	0,1	0,6	0,34	0,25
Резина	0,454	5574	0,3	0,6	0,38	0,25
Пластик	1,506	63,08	0,1	0,1	23,82	5,1

Расчет показывает максимальный выход биогаза для отходов Псковской городской свалки по усредненному морфологическому составу по данному методу = 136 м³/т.

Для полигонов на стадии рекультивации и пострекультивации скорость образования метана в м³/год:

$$V_{CH_4} = (1-W) L_0 M_{эл} k_2 e^{-k_2 \tau}$$

где τ - время разложения ТБО (30 лет); W - влажность отходов, поступающих на полигон (0,5); $M_{эл}$ - масса захороненных отходов (около 800 тыс.т органических потенциально биодegradуемых отходов в массиве); константа разложения k_2 принимается 0,015.

По расчету получается около 350 тыс.м³/год или 39 м³/час. Согласно табл. 5 «Рекомендации по расчету...» для дегазации может быть использована пассивная система. Пассивные скважины должны располагаться приблизительно в 10-15 м от края тела полигона отходов и не более 2-х на га.

3.2. Расчет фактического образования биогаза на Псковской городской свалке

На количественную характеристику выбросов загрязняющих веществ с полигонов отходов влияет большое количество факторов, среди которых:

- климатические условия;
- рабочая (активная) площадь полигона;

Изн. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №					158-ИОС7	Лист	
									22
			Изм.	Коп. уч.	Лист	№ док.			

- сроки эксплуатации полигона;
- количество захороненных отходов;
- мощность слоя складированных отходов;
- соотношение количеств завезенных бытовых и промышленных отходов;
- морфологический состав завезенных отходов;
- влажность отходов;
- содержание органической составляющей в отходах;
- содержание жироподобных, углеводоподобных и белковых веществ в органике отходов;
- технология захоронения отходов;

Удельный выход биогаза за период его активной стабилизированной генерации при метановом брожении для влажных отходов определяется по уравнению:

$$Q_w = 10^{-6} R (100 - W) (0,92Ж + 0,62У + 0,34Б), \quad (1)$$

где: Q - удельный выход биогаза за период его активной генерации, кг/кг отходов;

W - фактическая влажность отходов в %, определенная анализами проб отходов.

R - содержание органической составляющей в отходах, %;

Ж - содержание жироподобных веществ в органике отходов, %;

У - содержание углеводоподобных веществ в органике отходов, %;

Б - содержание белковых веществ в органике отходов, %.

R, Ж, У и Б - определяются анализами отбираемых проб отходов.

Для сухих отходов по формуле:

$$Q = 10^{-4} R (0,92 Ж + 0,62У + 0,34 Б)$$

Жиры и белки определяются по стандартным методикам аналитического анализа (жиры - экстрагированием, белки - с применением гидролиза). Методика определения углеводов описана в трудах АКХ им. К.Д. Памфилова «Методика исследования свойств твердых отходов» [2].

Количественный выход биогаза за год, отнесенный к одной тонне отходов, определяется по формуле:

$$P_{уд} = \frac{Q_w}{t_{сбр}} \cdot 10^3 \text{ кг / т отходов в год} \quad (3)$$

где: $t_{сбр}$ - период полного сбраживания органической части отходов, в годах, определяемый по приближенной эмпирической формуле:

$$t_{сбр} = \frac{10248}{T_{тепл.} \cdot (t_{ср.тепл.})^{0,301966}} \quad (4)$$

где: $t_{ср.тепл.}$ - средняя из среднемесячных температура воздуха в районе полигона твердых бытовых и промышленных отходов (ТБО и ПО) за теплый период года ($t_{ср.мес.} > 0$), в °С;

$T_{тепл.}$ - продолжительность теплого периода года в районе полигона ТБО и ПО, в днях; 10248 и 0,301966 - удельные коэффициенты, учитывающие биотермическое разложение органики.

Плотность биогаза определяется по закону аддитивности как суммарная величина произведений объемных концентраций его компонентов на их плотности:

$$\rho_{б.г.} = \frac{\sum_{i=1}^n C_{об.и} \cdot \rho_i}{100}, \text{ кг / куб. м} \quad (5)$$

где: $C_{об.и}$ - содержание i -го компонента в биогазе, объемные %;

Изм. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

158-ИОС7

Лист

23

ρ_i - плотность i -го компонента биогаза, кг/куб, м;

Π - количество компонентов в биогазе.

Примечание: Средняя плотность биогаза составляет обычно 0,95-0,98 плотности воздуха, т.е. при плотности воздуха 1,2928 кг/куб, м средняя плотность биогаза будет:

$$1,2928 \cdot 0,965 = 1,24755 \text{ кг/куб, м}$$

С другой стороны, связь плотностей компонентов, их концентраций в биогазе и объемного процентного содержания определяются формулой:

$$C_{об.i} = 10^{-4} \frac{C_i}{\rho_i}, \% \quad (6)$$

где: C_i - концентрация i -го компонента в биогазе, мг/куб. м.

Формула для определения плотности биогаза выводится совместным решением уравнений (5) и (6):

$$\rho_{б.г.} = 10^{-6} \sum_{i=1}^n C_i, \text{кг / куб. м} \quad (7)$$

Используя полученные анализами концентрации компонентов в биогазе и рассчитанную его плотность, определяется весовое процентное содержание этих компонентов в биогазе:

$$C_{вес.i} = 10^{-4} \frac{C_i}{\rho_{б.г.}}, \% \quad (8)$$

Размерности в этой формуле:

C_i - концентрации компонентов в биогазе - [мг/куб. м];

$\rho_{б.г.}$ - плотность биогаза - [кг/куб, м].

По рассчитанным количественному выходу биогаза за год, отнесенному к одной тонне отходов (формула 3) и весовым процентным содержаниям компонентов в биогазе (формула 8) определяются удельные массы компонентов, выбрасываемые в год, по формуле:

$$P_{уд.i} = \frac{C_{вес.i} \cdot P_{уд.}}{100}, \text{кг / т отходов в год} \quad (9)$$

При подсчете возможны два варианта.

Первый - полигон функционирует менее двадцати лет, т.е. менее периода полного сбраживания (tc бр). В этом случае учитываются все отходы, завезенные с начала работы полигона, за исключением отходов, завезенных в последние два года. Второй – наш вариант - полигон функционирует более двадцати лет, т.е. более периода полного сбраживания (tc б р). В этом случае подсчитываются отходы, завезенные за последние двадцать лет (или (t сбр) без учета отходов, завезенных в последние два года.

Максимальные разовые выбросы i -го компонента биогаза с полигона определяются по формуле:

$$M_{сум} = \frac{P_{уд.} \cdot \sum D}{T_{мелл.} \cdot 24 \cdot 3600} \cdot 10^3 = \frac{P_{уд.} \cdot \sum D}{86.4 \cdot T_{мелл.}}, \text{з/с}, \quad (10)$$

где:

$$M_i = 0,01 \cdot C_{вес. i} \cdot M_{сум} \quad (10a)$$

где: $\sum D$ - количество активных стабильно генерирующих биогаз отходов, т;

Изм.	Коп. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инд. № подл.	158-ИОС7			Лист
												24

Тепл. - продолжительность теплого периода года в районе полигона ТБО и ПО, в днях;

Свес. i - определяется по формуле 8 или по таблице 2.

Биогаз образуется неравномерно в зависимости от времени года. При отрицательных температурах процесс «мезофильного сбраживания» (до 55° С) органической части ТБО и ПО прекращается, происходит т. н. «законсервирование» до наступления более теплого периода года ($t_{ср.мес} > 0^{\circ}\text{C}$).

Приведенная формула (10) справедлива для случая обследования полигона и отбора проб биогаза в теплое время года ($t_{ср.мес} > 8^{\circ}\text{C}$). При обследовании в более холодное время года ($0 < t_{ср.мес} \leq 8^{\circ}\text{C}$), что нецелесообразно хотя бы из-за дополнительных погрешностей измерений, в формуле следует применять повышающий коэффициент неравномерности образования биогаза 1,3.

С учетом коэффициента неравномерности валовые выбросы i -го загрязняющего вещества с полигона определяются по формуле:

$$G_{сум} = M_{сум} \left(\frac{a \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600}{12} + \frac{в \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600}{12 \cdot 1,3} \right) \cdot 10^{-6} \text{ т/год} \quad (11)$$

$$G_i = 0,01 \text{Свес.}i \cdot G_{сум} \quad (11a)$$

Примечание: а и в в формуле (11) соответственно периоды теплого и холодного времени года в месяцах (а при $t_{ср.мес} > 8^{\circ}\text{C}$; в при $0 < t_{ср.мес} \leq 8^{\circ}\text{C}$).

Расчет:

Полигон существует 71 год, закрыт 1 год. В среднем за последние 11 лет эксплуатации завозилось 274288,1325 тонн отходов в год. По Инженерно-геологическим изысканиям отходы безводны.

Перечень загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу (существующее положение)

код	Вещество наименование	Использ. критерий	Значение критерия, мг/м ³	Класс опасн ости	Суммарный выброс вещества	
					г/с	т/год
0301	Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	ПДК м/р	0,20000	3	0,1595150	1,991261
0303	Аммиак	ПДК м/р	0,20000	4	0,3891515	6,686805
0333	Дигидросульфид (Сероводород)	ПДК м/р	0,00800	2	0,0189886	0,326199
0410	Метан	ОБУВ	50,00000		38,6340560	663,850424
0616	Диметилбензол (Ксилол) (смесь изомеров о-, м-, п-)	ПДК м/р	0,20000	3	0,3234411	5,557701
0621	Метилбензол (Толуол)	ПДК м/р	0,60000	3	0,5278734	9,070469
0627	Этилбензол	ПДК м/р	0,02000	3	0,0693609	1,191832
1325	Формальдегид	ПДК м/р	0,05000	2	0,0701482	1,205475
					40,19253	689,8802

Перечень загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу (после рекультивации) от системы пассивной дегазации

код	Загрязняющее вещество наименование	Используй уемый критери й	Значение критерия мг/м ³	Класс опаснос ти	Суммарный выброс вещества	
					г/с	т/год
0301	Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	ПДК	0,20000	3	0,3325776	5,464099

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

158-ИОС7

Лист

25

0303	Аммиак	ПДК	0,20000	4	0,3929830	6,763330
0333	Дигидросульфид (Сероводород)	ПДК	0,40000	3	0,0407447	0,659034
0410	Метан	ПДК	0,15000	3	0,0515552	0,663553
0616	Диметилбензол (Ксилол) (смесь изомеров)	ПДК	0,50000	3	0,0834895	1,339033
0621	Метилбензол (Толуол)	ПДК	0,00800	2	0,0191699	0,329919
0627	Этилбензол	ПДК	5,00000	4	0,6704765	7,333717
1325	Формальдегид	ОБУВ	50,00000		39,0144344	671,447646
					40,60543	694,0003

Компонент	Содержание, масс. %					среднее
	1	2	3	4	5	
Пищевые отходы	33,1	15,1	5,3	12,6	3,5	13,92
Бумага, картон	32,0	21,5	15,2	9,7	5,4	16,76
Дерево	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,6
Черный металлолом	1,1	1,1	3,2	3,6	3,3	2,46
Цветной металлолом	0,8	0,8	1,1	1,4	1,0	1,02
Текстиль	3,8	3,6	3,1	2,8	2,6	3,18
Кости	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,78
Стекло	3,2	3,2	2,5	2,1	2,7	2,74
Кожа, резина	0,8	0,7	0,5	0,4	0,3	0,54
Камни, штукатурка	1,1	1,1	0,8	1,0	1,7	1,14
Пластмасса	4,8	3,6	3,1	3,0	2,8	3,46
Целлофан	3,0	1,7	1,3	1,1	0,9	1,6
Отсев	5,2	4,2	3,0	4,2	5,3	4,38
Твёрдые органические частицы	9,2	41,7	59,4	69,4	72,9	50,52

$$R=85.76, \quad Ж=2, \quad У=83, \quad W=10$$

По формуле (2) определяем удельный выход биогаза (в кг от одного кг отходов) за период активного его выделения:

$$Q_w = 10^{-6} \cdot 55 \cdot (100-10) \cdot (0,92 \cdot 2 + 0,62 \cdot 83 + 0,34 \cdot 15) = 0,28908 \text{ кг/кг отх.}$$

Период активного выделения биогаза для Пскова (tcp тепл. = 23,3° С Tтепл. = 244 дня) составит:

$$t_{\text{сбр}} = 10248 / (244 \cdot 23,3^{0,301966}) = 16,23 \text{ года}$$

Количественный выход биогаза за год, отнесенный к одной тонне захороненных отходов составит:

$$P_{\text{уд}} = 0,28908 / 16,23 \cdot 10^3 = 17,856 \text{ кг/т отходов в год}$$

Плотность биогаза составит:

$$P_{\text{б.г.}} = 10^{-6} \cdot 613136,3 = 0,61314 \text{ кг/м}^3$$

Активно вырабатывают биогаз отходы, завезенные на полигон за период с начала его работы (1947 г.) до момента расчета (конец 2019 г.) минус последние два года, т.е. за 69 лет исходя из среднего значения отходов в год 274288,1325 т:

$$274288,1325 \cdot 16,23 = 4451696,39048 \text{ т}$$

Суммарный максимальный разовый выброс биогаза полигона составит:

Изм.	Коп. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инв. № подл.	158-ИОС7	Лист
										26

$$M_{\text{сум}} = (17,856 * 4451696,39048 / (86,4 * 244)) = 377,058 \text{ г/с}$$

Валовые выбросы биогаза, т/год

$$G_{\text{сум}} = 377,058 * (7 * 365 * 24 * 3600 / 12 + 5 * 365 * 24 * 360 / (12 * 1,3)) * 10^{-6} = 19,407 \text{ т/год}$$

Объем газа соответственно составит:

$$377,058 / 1000 / 0,61314 = 0,61496 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$19,407 * 1000 / 0,61314 = 31651,825 \text{ м}^3/\text{год} = 31,651 \text{ м}^3/\text{т}$$

Газ, образующийся на полигоне (свалочный газ), входит в одну из ключевых групп продуктов, являющихся результатом биологического разложения органической фракции отходов, складываемых на полигоне. В течение жизненного цикла определенного объема отходов на полигоне (т.е. контролируемого объема с технической точки зрения), происходящие в его теле процессы разложения переходят от аэробной к анаэробной стадии. Переходу от аэробного к анаэробному разложению, сопровождающемуся образованием свалочного газа. Поэтому необходимо предусмотреть дегазацию полигона. Существует пассивная дегазация (организованный выпуск биогаза в атмосферный воздух) и активная дегазация (путем принудительной его откачки) для последующего использования в энергетических целях.

По этому, при выполнении окончательной рекультивации полигона перед созданием верхнего полупроницаемого экрана необходимо предусмотреть устройство дренажной системы для сбора и удаления биогаза в атмосферу через специальные вертикальные выпуски. Для предотвращения произвольной миграции газа создаются зоны высокой проницаемости в теле полигона, которые самостоятельно заполняются газом.

Для пассивного выпуска газа в атмосферу вентиляционный слой имеет вытяжные отверстия с трубами, проникающими сквозь верхнее покрытие.

Как правило, одна поверхностная вентиляционная труба устанавливается на площади 4000 м² при предположительно свободном движении газа и высокой проницаемости слоев, на площади 1000 м² при затрудненном продвижении газа к коллекторам.

Окончательный выбор числа газовых скважин и их размещение определяется рядом факторов, наиболее важными из которых являются:

- вид, состав и объем отходов;
- метод депонирования, уплотнения;
- высота (глубина) участка;
- геометрия участка;
- покрытие участка.

Радиус утилизации между газовыми скважинами определяется по зависимости:

$$R = (E_{\phi} - V_{\Gamma}) / \pi * \gamma * H * q * 0,5, \text{ где}$$

E_{ϕ} – фактическая вместимость полигона, м³;

V_{Γ} – объем минерального грунта, м³;

γ – объемный вес свалочного грунта, т/м³;

H – высота складирования ТБО, м;

q – общий объем образования биогаза на полигоне, $q = 31,651 \text{ м}^3/\text{т}$

Для нашего случая: $E_{\phi} = 1849025 \text{ м}^3$ $V_{\Gamma} = 328571,74 \text{ м}^3$ $\gamma = 2,2 \text{ т/м}^3$ $H_{\text{пл}} = 24,6 \text{ м}$ $q_{\text{ср}} = 100 \text{ м}^3/\text{т}$

Потребность в минеральном грунте (V_{Γ}), расходуется на изоляцию ТБО. определяется по формуле

$$V_{\Gamma} = \frac{E_{\phi} \left(1 - \frac{1}{k_2}\right)}{k_2},$$

где k_2 – коэффициент, учитывающий объем изолирующих слоев грунта (промежуточных и окончательного), $k_2 = 1,2$.

Изм. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №

Изм.	Коп. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	158-ИОС7	Лист
							27

Для изоляции 1849025 м³ ТБО после их уплотнения потребуется грунт в объеме:
 $V_{г} = 1849025(1-1/1,2) = 328571,74 \text{ м}^3$

Определим радиус утилизации газовой скважины:
 $R = ((1849025 - 328571,74) / (3,14 * 2,2 * 21 * 31,651)) * 0,5 = 30,57 \text{ м}$

Расстояние между газовыми скважинами (с учетом перекрытия) принимаем 60 м.

Площадка ТБО где отложения составляют более 8 м по чертежу и по геологическим разрезам отходов (смотри раздел геология) составляет по факту около 10га.

На 10 га – это $100000 \text{ кв.м} / 4000 \text{ кв.м} = 25$ скважин

Но исходя из условия не более 2 скважин на 1га площади отходов принимаем 20 скважин через 60 м.

Полигон ТБО закрыт, поэтому принимаются скважины для пассивной дегазации, которые как раз и монтируются после закрытия полигона.

3.3. Технология организации пассивного сбора биогаза на свалке ТБО

Пассивные методы дегазации основываются на природных процессах конвекции и диффузии и устанавливаются в местах низкого газообразования и отсутствия перемещения газа. Пассивные методы дегазации не применяются для полигонов с внутренними изолирующими слоями.

Пассивная схема дегазации применяется для полигонов емкостью не более 40 000 т, для старых хранилищ ТБО с невысоким уровнем выделения биогаза или для полигонов с высоким уровнем фильтрата.

Пассивные системы базируются на принципах природного градиента давления и механизмах конвекции.

3.4. Работы по установке скважин пассивного газового дренажа тела полигона и ведомость потребности в работе и материалах.

Скважины для пассивной дегазации монтируются после закрытия полигона, путем устройства буровых колодцев диаметром 600 мм до отметки минус 4,000м от поверхности рекультивированного полигона, в которые помещается перфорированная полиэтиленовая (или поливинилхлорида, полипропилена высокой плотности, стеклопластика) труба, диаметром 200 мм. Пространство между трубой и стенками скважины послойно заполняется гравием крупностью 20-40 мм с содержанием карболоатов менее 10% до отметки 1,6м, бетоном до отметки 1,3м, песчано-гравийной смесью до отметки 0,3м. Перфорация выполнена сверлом 18 мм по окружности через каждые 600, отверстия расположены в шахматном порядке на расстоянии 100 мм друг от друга.

В массиве рекультивируемого слоя, выше горизонтальной гидроизоляции устанавливается металлическая (или тонкостенная железобетонная) труба диаметром 560 мм. На поверхности монтируется оголовок с антивандальной системой и зонтом с пассивной вытяжной вентиляцией, препятствующей попаданию дождевой воды в колодец. Площадь вокруг скважины на расстоянии 1,5-2 м изолирована глиной толщиной 0,3-0,4 м для обеспечения крепления скважины и проникновения внутрь скважины поверхностных вод.

На основании строения газодреннующей скважины необходимая минимальная мощность слоя газогенерирующих уплотненных ТБО для установки составляет около 8 м. Глубина выбрана при исходных условиях не установления системы сбора фильтрата с территории свалочного тела и из газодреннующих скважин. Глубина обоснована возможным капиллярным поднятием фильтрата выше уровня минимального залегания и попадания в

Изм.	Коп. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

158-ИОС7

Лист

28

газодренирующую скважину (без его удаления), что может привести к микробиологическим процессам его трансформации и кольматажу отверстий в стволе, что понижает газоприток и в конечном итоге выводит скважину из строя (см. проекты скважин USA EPA).

Установленным требованиям соответствует площадка с высотными отметками более 144 м. абс. отм. Расчетное количество скважин согласуется с данными «Методики по расчету образования биогаза и выбору систем дегазации на полигонах захоронений твердых бытовых отходов» (М., 2003) и ТСН 30-308-2002, согласно которой количество дегазационных скважин (газовыпусков) назначается из расчета 1 скважина на 7500 м³ отходов, а общее необходимо количество – не более 2-х на га свалочного тела.

Дополнительные скважины могут быть необходимы, если произойдет изменение конфигурации тела полигона в процессе разложения и усадки.

Необходимая потребность в ресурсах для сооружения одной газодренирующей скважины

	Наименование деятельности	Объемы
1	Сооружение колодца, после проведение окончательного укрытия тела полигона	Земляные работы – 0,7 м ³
2	Установка металлического колодца с оголовком (D=560 мм), после проведение окончательного укрытия тела полигона	Длина трубы 1,1 м
3	Буровые работы (шнеком) с обсадной металлической трубой (D=560 мм)	4 п.м.
4	Установка газодренирующей перфорированной пластиковой трубы (D=225 мм) с оголовком выше поверхности грунта не менее 1 м.	Длина 4,5 м
5	Засыпка межтрубного пространства песчано-гравийной смесью с послойным уплотнением.	Объем песчано-гравийной смеси насыпной плотности 1,5 м ³
6	Установка бетонного кольца	0,016 м ³ бетон В24, F150, W8

Монтаж системы газового дренажа

Работы по монтажу трубопроводов для устройства газовыпусков системы газового дренажа должны производиться с учетом требований СНиП 3.05.05-84 «Технологическое оборудование и технологические трубопроводы».

Для поступающего объема отходов проектом предусматривается устройство скважин пассивной дегазации.

Скважины для пассивной дегазации монтируются после закрытия полигона, путем устройства буровых колодцев диаметром 600 мм до отметки -4,0 м от поверхности верха сформированной поверхности полигона, перекрытого слоем изоляционного грунта, в которые помещается перфорированная труба диаметром 160 мм.

Пространство между трубой и стенками скважины послойно заполняется щебнем фракции 10-15 с послойным уплотнением.

Под гидроизоляционными слоями выполняется укладка дренажного мата, выполняющего роль пластового газового дренажа. Стыковка геомембраны и газового выпуска выполняется герметично хомутовым креплением, затем выполняется глиняный замок для исключения попадания поверхностных вод в газовую скважину.

На поверхности рекультивационных слоев монтируется бетонный оголовок, газовыпуск выполняется на высоту 1,0 м с отводом, препятствующим попаданию дождевой воды в скважину.

Изм.	Коп. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата
Изм.	Коп. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

158-ИОС7

Лист

29

Ведомость объёмов работ ИОС7

№ п п	№ в ЛСР	Наименование работ	Ед. изм.	Кол- во	Ссылки на чертежи	Формула расчёта, расчёт объёмов работ и расхода материалов
1	2	3	4	5	6	7
Раздел 1. Земляные и планировочные работы						
1	1	Разработка грунта ($V = 0,7$ м ³) экскаватором обратная лопата (ЭО-2621А «Беларусь», 0,65 м ³) для устройства приемки в месте установки газовыпускной трубы.	м ³	14,0	158-ВОР.ИОС7	
2	2	Засыпка межтрубного пространства экскаватором обратная лопата (ЭО-2621А «Беларусь», 0,25 м ³) щебнем фр. 10-15 с послойным уплотнением	м ³	30	158-ВОР.ИОС7	
3	3	Устройство выравнивающего слоя (песок) вокруг устья скважины (400 мм)	м ³	14,0	158-ВОР.ИОС7	
4	4	Укрепление устья скважины георешёткой	М2	80,0	158-ВОР.ИОС7	
5	5	Устройство глиняного замка в месте стыка труб (700 мм)	м ³	6,8	158-ВОР.ИОС7	
6	6	Устройство песчаного основания по глиняному замку (100 мм)	м ³	1,1	158-ВОР.ИОС7	

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

158-ИОС7

Лист

30

Раздел 2. Сооружения системы газового дренажа

7	7	Установка металлического колодца с оголовком (D = 600 мм; L = 1,1 м) краном автомобильным КС 4517К-1	шт	20	158-ВОР.ИОС7	
8	8	Устройство буровой скважины (шнеком) с обсадной металлической трубой (D = 600 мм; L = 4,0 п.м.) бурильно-крановой машиной БКМ-515 (Урал-4320)	Шт.	20	158-ВОР.ИОС7	
9	9	Установка газодренажирующей перфорированной трубы (D = 160 мм; L = 5,0 п.м.) с оголовком выше поверхности грунта не менее 1 м	М.п.	100	158-ВОР.ИОС7	
10	10	Установка бетонного кольца КС-7-9 (V = 0,016 м ³ , бетон В24, F150, W8) краном автомобильным КС 4517К-1	Шт.	20	158-ВОР.ИОС7	
11	11	Крепление к газодренажирующей перфорированной трубе газовыпуска (труба ПЭ80 ГАЗ SDR17,6 160x9,1). Крепление хомутовое	шт	20	158-ВОР.ИОС7	
12	12	Устройство бетонного оголовка (200 мм)	шт	20	158-ВОР.ИОС7	
13	13	Установка обсадной металлической трубы (D = 600 мм; L = 4,0 п.м.) – 20 шт. / 80 п.м. (ГОСТ 632-80 «Трубы обсадные и муфты к ним»)	М.п.	80	158-ВОР.ИОС7	
14	14	Установка газовыпускной трубы (труба ПЭ80 ГАЗ SDR17,6 160x9,1), 2,0 м – 20 шт. / 40 м	М.п.	40	158-ВОР.ИОС7	

Взам. инв. №

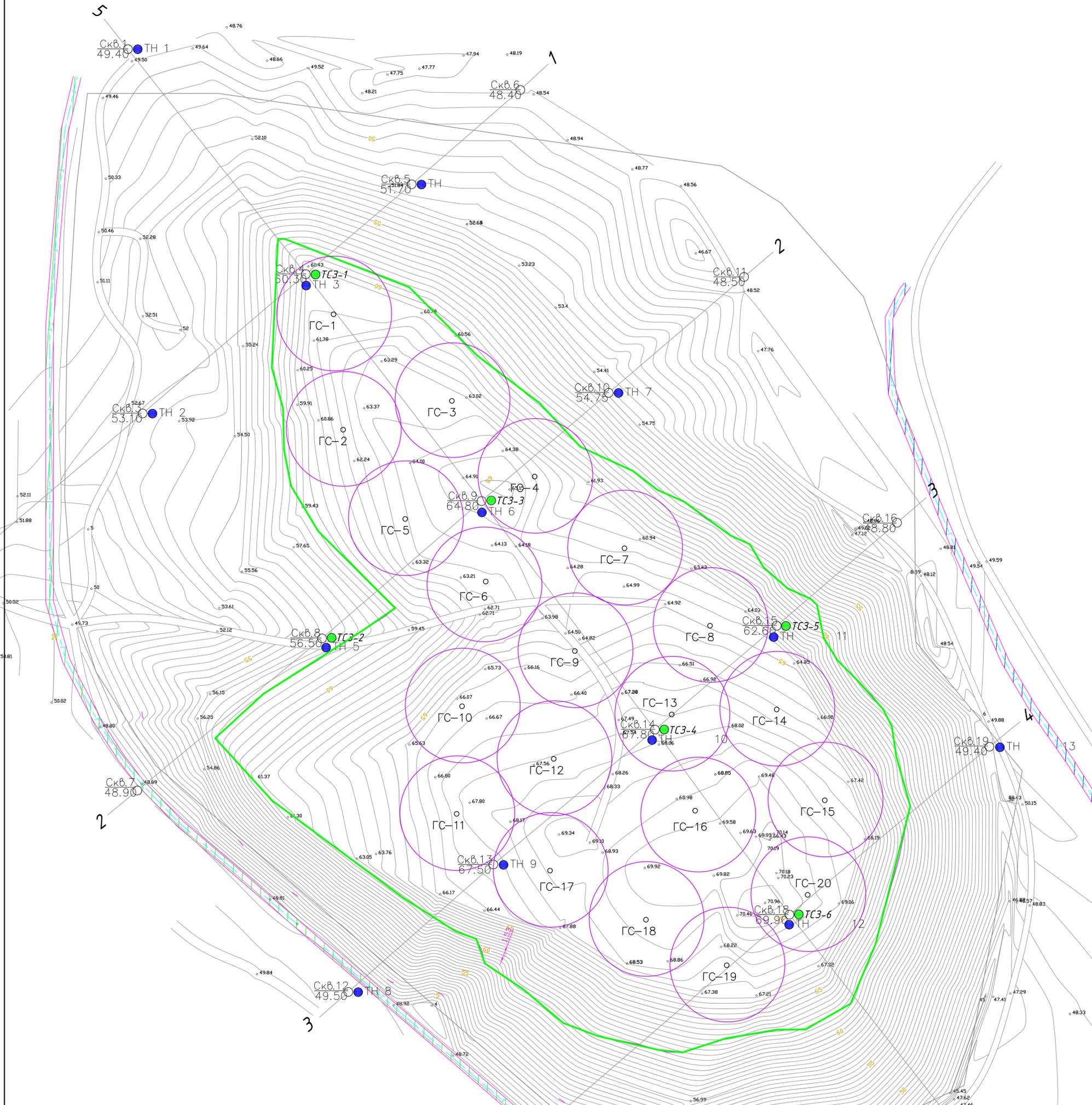
Подп. и дата

Инв. № подл.

158-ИОС7

Лист

31



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:

- Граница земельного участка полигона ТБО
- - - Граница навала полигона ТБО
- Газопровод ООО "ГазРесурс"
- Газопровод АО "Газпром газораспределение Псков"
- 50 — Изолинии поверхности

3 — 3 Линия инженерно-геологического разреза

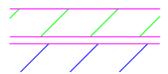
— Линия маршрутного обследования

Скв. 17 / 50.40
Номер / Абс. отм. устья

ТСЗ-3 ● Точка статического зондирования

ТН ● 14 Точка наблюдения

Пассивная скважина



Охранная зона газопровода ООО "ГазРесурс" (4 м)

Охранная зона газопровода АО "Газпром газораспределение Псков" (4 м)

Отметки поверхности

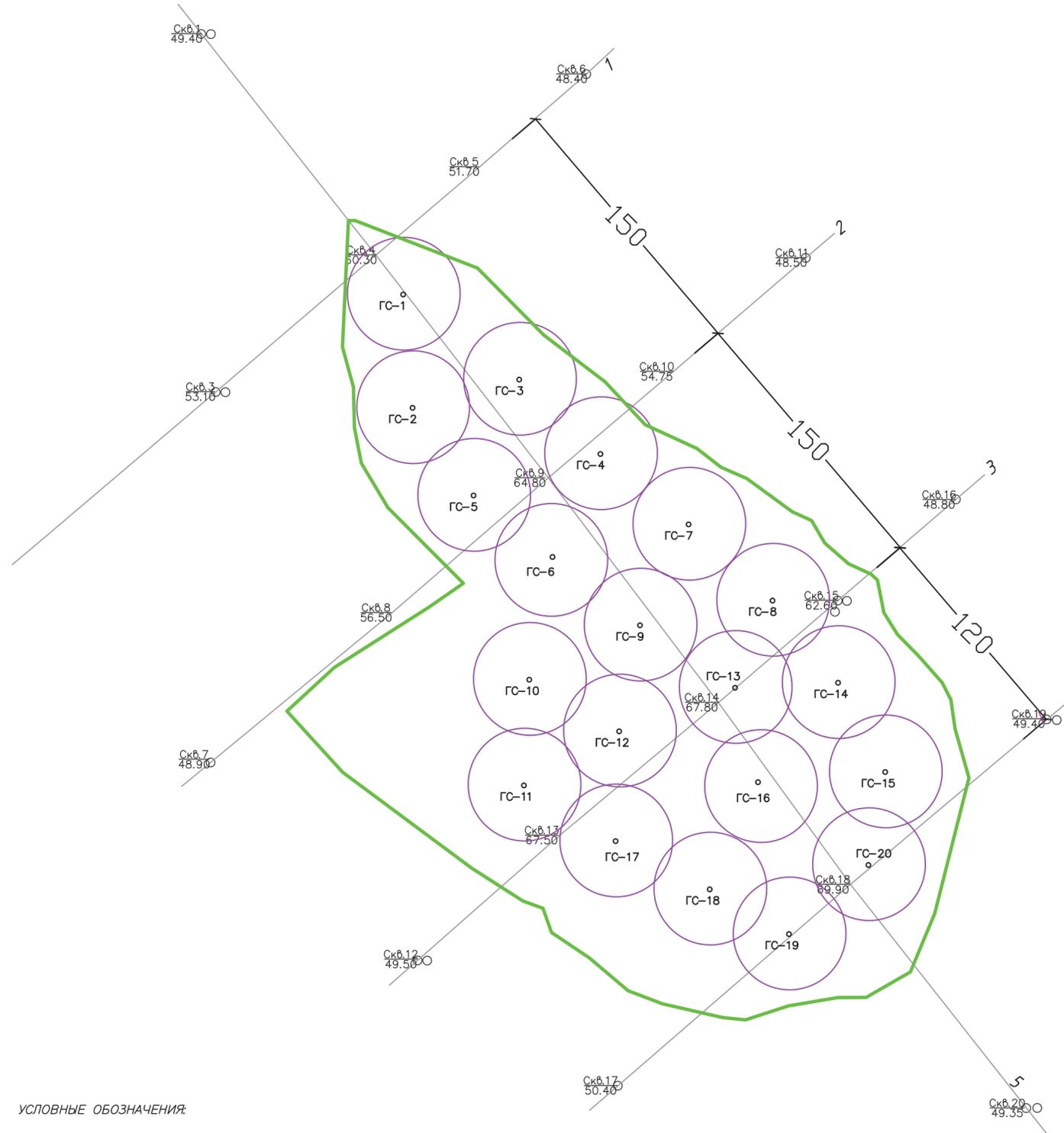
Контур отходов с толщиной залегания 8м и более.

ПРИМЕЧАНИЯ:

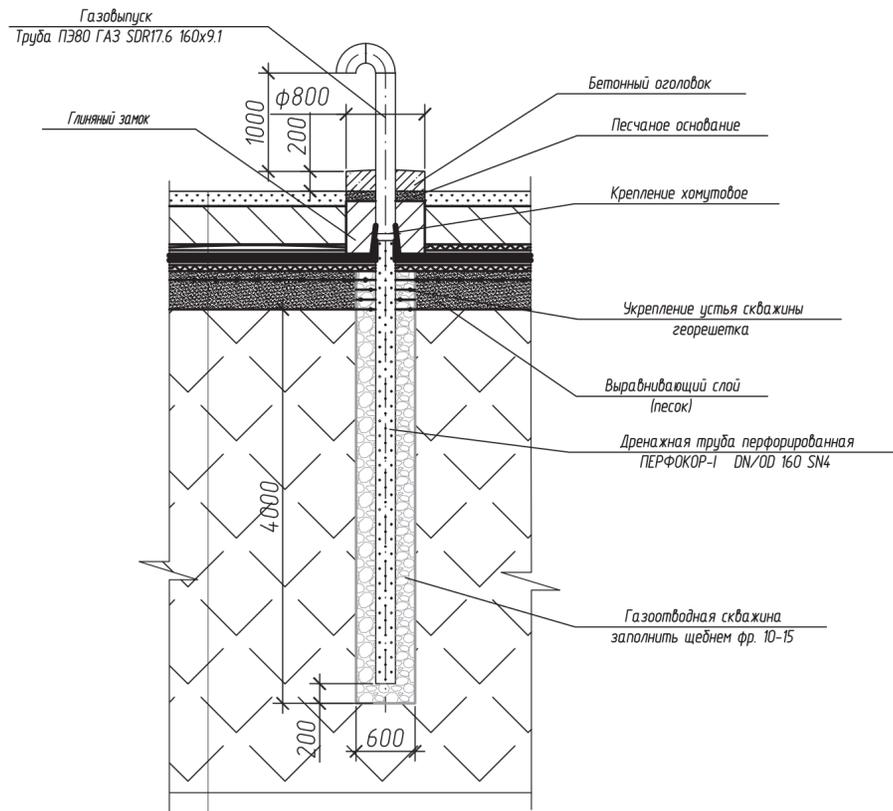
1. Система высот Балтийская.
2. Система координат МСК-60 (1).

158-ИОС 7				
Разработка проектно-сметной документации на ликвидацию объекта накопленного вреда окружающей среде - Псковской городской свалки в рамках реализации федерального проекта "Чистая страна"				
Изм.	Кол.	Лист	№ док.	Подпись
Разработал				
Проверил				
Нач. отдела				
ГИП				
П			1	Листов
ИКО			ИНЖЕНЕРНАЯ КОМПАНИЯ	
План ССВ 40.dwg			Копировал	
Формат А1				

Схема сетей газоудаления. М1:2000



Газоотводная скважина. М1:50



Почвенно-растительный слой – мин. 500 мм
 Геотекстиль Геоком Д 1200
 ТУ 8397-068-05283280-2006
 Гидромат ЗД/М СТО 56910145-005-2011
 Выравнивающий слой (песок)

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:

— Контур отходов с толщиной залегания 8м и более.

Скв. 17 / 50.40 Скважина / Номер Абс.отм.устья

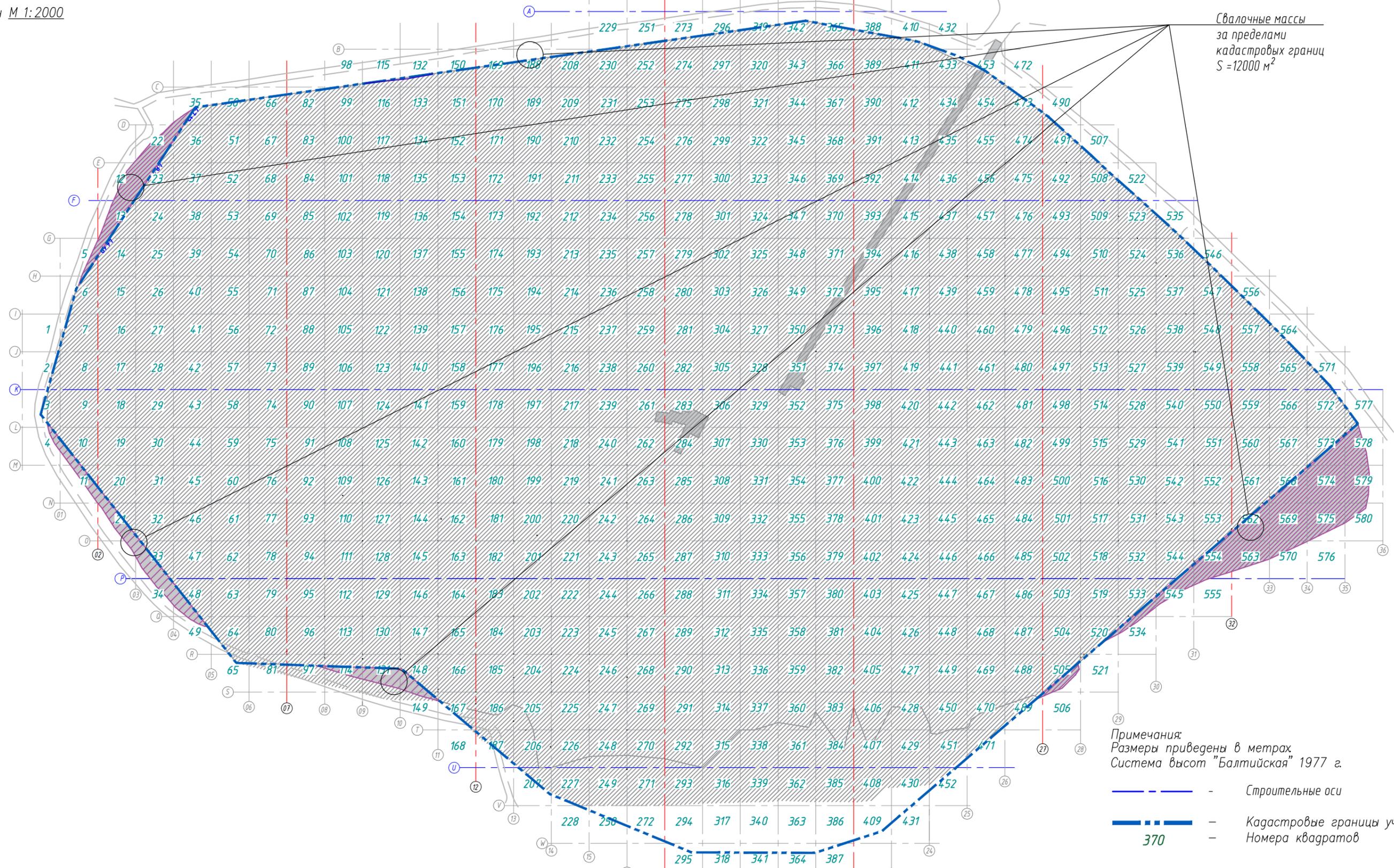
ТСЗ-3 ● Точка статического зондирования

ТН 14 ● Точка наблюдения

○ Пассивная скважина

158-ИОС7				
Разработка проектно-сметной документации на ликвидацию объекта накопленного вреда окружающей среде – Псковской городской свалки в рамках реализации федерального проекта "Чистая страна"				
Изм.	Кол.	Лист	№ док.	Подпись
Разработал				
Проверил				
Нач. отдела				
ГИП				
Схема сетей газоудаления. М1:2000			Стадия	Лист
			П	2
			Листов	
			И-КО ИНЖЕНЕРНАЯ КОМПАНИЯ	

Согласовано:	
Инв. № подл.	
Подп. и дата	
Взам. инв. №	



Свалочные массы
за пределами
кадастровых границ
 $S = 12000 \text{ м}^2$

Примечания:
Размеры приведены в метрах.
Система высот "Балтийская" 1977 г.

- - Строительные оси
- — — - Кадастровые границы участка
- 370 - Номера квадратов

						158-ИОС7			
						Выполнение проектно-исследовательских работ на ликвидацию объекта накопленного вреда окружающей среде – Псковской городской свалки в рамках реализации федерального проекта "Чистая страна"			
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	Технологические решения	Стадия	Лист	Листов
							П	4	1
Разработал						Федоров		09.06.23	
Н. Контроль						Ильяшенко		09.06.23	
ГИП						Ильяшенко		09.06.23	
						Свалочные массы за пределами кадастровых границ.		ООО "ИНКО"	