

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт химии и инженерной экологии

(наименование института полностью)

Кафедра «Рациональное природопользование и ресурсосбережение»

(наименование кафедры)

18.04.01 Химическая технология

(код и наименование направления подготовки)

Экобиотехнология

(направленность (профиль))

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему: **Экологические основы биоремедиации полигонов ТКО**

Студент

М.В.Кравцова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный
руководитель

С.В.Афанасьев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель
программы

к.х.н., д.т.н., доцент, С.В. Афанасьев

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« ____ » _____ 2018г.

Допустить к защите

Замректора-директор
института

к.т.н., доцент, П.А.Мельников

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« ____ » _____ 2018г.

Тольятти 2018

Оглавление

Введение	4
Глава 1. Теоретические аспекты организации полигонов ТКО и биологические методы их рекультивации	9
1.1 Теоретический анализ исследований в области рекультивации полигонов	9
1.2 Факторы и показатели, влияющие на выбор способов ремедиации почв	14
1.3 Общие подходы к ремедиации почв полигонов ТКО	16
1.4 Рекультивация полигонов с использованием биоремедиации	22
1.5 Технологии биорекультивации (биоремедиации), применяемые в России	26
1.6 Анализ состава твердых коммунальных отходов	30
Выводы по 1 главе	34
Глава 2. Разработка технологической схемы биоремедиации полигонов ТКО	36
2.1 Анализ накопления заполнения полигонов на территории г.о.Тольятти	36
2.2 Методологические основы проведения оценки воздействия на окружающую среду полигона ТКО на примере полигона «Узюково»	39
2.2.1 Общее расположение полигона	39
2.2.2 Генезис формирования и состояние свалочного тела	40
2.2.3 Результаты газогеохимических исследований свалочного тела	42
2.2.4 Климатические особенности местности	44
2.2.5 Геология и почва	46
2.2.6 Гидрографические и гидрогеологические условия	48
2.2.7 Химический состав подземных вод	48
2.2.8 Отказ от намечаемой деятельности	51
2.3 Основные этапы биоремедиационных работ	53

2.4 Основные технологические решения по реализации намечаемой деятельности по рекультивации полигона «Узюково»	56
2.4.1 Технологическая схема очистки почвы полигона методом промывки и отдувкой	61
2.5 Обоснование решений по защите прилегающей территории от поступления загрязненного поверхностного стока с территории полигона на период производства восстановительных работ	64
2.5.1 Земляные работы по усилению устойчивости грунтовой насыпи	65
2.5.2 Обоснование выбора варианта намечаемой хозяйственной деятельности	65
2.5.3 Оценка возможного воздействия намечаемой деятельности на атмосферный воздух	66
2.5.4 Оценка возможного воздействия намечаемой деятельности на поверхностные и подземные воды	67
2.5.5 Оценка возможного воздействия намечаемой деятельности на почвенно-земельные условия района	67
2.5.6 Способ обработки рекультивируемых полигонов твердых бытовых отходов и свалок	68
2.5.7 Разработка схемы рекультивации полигона и обоснование создания поверхностного защитного покрытия тела полигона	73
2.5.8 Технология создания защитного экрана на поверхности тела полигона	74
Выводы по II главе	78
Заключение	79
Список используемых источников	81

Введение

Актуальность темы обусловлена следующим: в настоящее время, как для Российской Федерации, так и для г.о.Тольятти актуально решение вопроса о размещении твердых коммунальных отходов (ТКО) и, соответственно, последующая рекультивация земель находящейся под ними (полигонов). С каждым годом в регионах страны наблюдается положительная динамика увеличения площадей, отчуждаемых под полигоны, уменьшение сельскохозяйственных площадей.

«Твердые коммунальные отходы образуются в результате хозяйственной деятельности человека и способствуют дестабилизации геоэкологической обстановки. Ежегодно в России образуется более 200 млн. м³ твердых коммунальных отходов, с каждым годом объемы их образования возрастают. При этом нужно учитывать изменение физико-химического состава отходов, так как увеличивается количество соединений искусственного происхождения, таких как пластики, препараты бытовой химии, которые содержат вещества с высокой степенью токсичности» [1].

Оценка накопления ТКО проводится на основе их образования на один квадратный километр в год. По статистическим данным в некоторых объемах образования ТКО достигает на до 200 – 300 м³ отходов 1 м², из них подлежат 40 % подлежат захоронению. «В Европейской части России эти объемы составляют: 25м³ отходов на один квадратный километр в год, на Урале – 10,7 м³, в Сибири – 3,2 м³, что определяет земельных ресурсов для размещения полигонов, особенно в Уральском регионе и Сибири. В Европейских странах 40 % отходов превращают биологической обработкой в биологические удобрения, 10 % сжигают на мусоросжигательных заводах, 40% - отправляют на захоронение, остальные 10 %, в основном активный ил, сбрасывают в моря. В России, где образуется в среднем около 5 м³/км² в год отходов, процесс захоронения отходов является приоритетным способом их утилизации, что определяет рост полигонов, увеличение процента отчуждаемых территорий и,

как правило, не осуществляется процесс возврата земель в хозяйственный оборот».

Так, например, в Самарской области планируют построить двенадцать полигонов для размещения отходов, двенадцать комплексов по переработке и размещению отходов. В 2017 году на территории Самарской области в хранилищах было накоплено около 6,4 млн т отходов, образовано почти 3,8 млн т, утилизировано 29% от общего объема — около 1,1 млн т. Кроме того, в 2016 году обезврежено 27,5% общей массы отходов — около 1 млн т. Еще 47% (1,8 млн т) было захоронено. На территории Самарской области отходы жизнедеятельности (твердые коммунальные отходы) размещаются на 16 полигонах и на 8 полигонах размещены промышленные отходы. Действуют 57 накопителей, шлакохранилищ и амбаров для временного хранения отходов. На территории городского округа Тольятти образуется порядка 1,4 млн м³ если учитывать районы, г. Жигулевск, то общий объем по городскому округу Тольятти составляет 2 млн м³ (около 0,4 млн т).

В условиях урбанизации существует потребность в возвращении земель закрытых полигонов, несанкционированных свалок в хозяйственную деятельность города для строительства социальных объектов.

Необходимо отметить и неблагоприятный экологический аспект, как действующих полигонов, которые введены в эксплуатацию при отсутствии на тот период требований к рекультивации с учетом близкого расположения с жилым сектором, так и закрытых в настоящее время полигонов. В составе газов на полигоне присутствуют метан, углекислый и угарный газ, аммиак, сероводород и многие другие. В жаркую и сухую погоду, они склонны к воспламенению, происходят постоянные пожары на полигоне, которые не так легко потушить. Запах аммиака привлекает крыс, мух и тараканов, что создает крайне опасную санитарно-эпидемиологическую обстановку. Образуется фильтрат, который формируется под действием инфильтрации атмосферных осадков в толщу отходов, он поступает в подземные и поверхностные водоемы. Содержание таких металлов, как кадмий, кобальт, мышьяк, железо,

никель, свинец и ртуть в десятки раз превышает предельно допустимые концентрации.

Территория Самарской области, в частности г.о.Тольятти, с учетом климатических особенностей, способностью почв к аккумуляции загрязнителей, является проблемной в плане самовосстановления, так как миграция по профилю полигона загрязняющих веществ значительно замедлена, а негативное влияние сохраняется долгие годы. Длительность преобразования веществ, обуславливает невозможность хозяйственного использования территории полигонов. С использованием методов биологической рекультивации, эти процессы ускоряются.

«Биологическая рекультивация земель – это комплекс фитомелиоративных и агротехнических мероприятий по восстановлению плодородия и народно-хозяйственной ценности нарушенных земель, направленных на улучшение агрофизических, биохимических и других свойств рекультивационного слоя почвы. Она предусматривает систему обработки и удобрения насыпного слоя, посадку деревьев, кустарников и многолетних трав» [20].

Проблема исследования – ежегодное увеличение площадей, отчуждаемых под полигоны, увеличение количества закрытых полигонов и отсутствие системы их восстановления.

Объект исследования: полигоны твердых коммунальных отходов.

Предмет исследования: методы биоремедиации полигонов ТКО.

Цель: снижение уровня экологической опасности от полигонов ТКО за счет возвращения земель в хозяйственную деятельность при использовании методов биоремедиации.

Для достижения цели необходимо решение следующих задач:

1. Провести анализ современных технологий ремедиации почв полигонов ТКО с использованием биотехнологий.

2. Провести анализ методологических основ организации работы и дальнейшей рекультивации полигонов ТКО.

3.Обосновать возможность использования методов биоремедиации для полигонов ТКО, с учетом физико-химических свойств почвенного покрова (субстрата), биохимические особенности полигонов.

4.Разработать технологическую схему биоремедиации полигонов ТКО.

Научная новизна исследования заключается в комплексном методологическом подходе к решению вопроса рекультивации полигонов биологическими методами.

Теоретической и методологической основой исследования являются

1.Оценка эффективности процесса биоремедиации полигонов ТКО в зависимости от различных факторов.

2.Анализ методологических основ организации работы и дальнейшей биорекультивации полигонов ТКО.

Практическая значимость работы:

1.Предложена технологическая схема биоремедиации полигонов ТКО на примере полигона «Узюково».

Методы исследования. Основные этапы исследования: информационно-поисковый, аналитический. В процессе исследования использованы общепринятые в микробиологии и почвоведении методики.

Защищаемые положения:

1. Методологические основы биорекультивации полигонов ТКО.

2.Технологическая схема биоремедиации полигонов ТКО на примере полигона «Узюково».

Апробация результатов. Достоверность научных положений и выводов базируется на достаточных по своему объему данных, использовании современных методов исследования и статистической обработке результатов. Результаты докладывались на областной конференции «Зеленые технологии» в 2017г.

Внедрение результатов исследования. Результаты исследований внедрены в учебный процесс подготовки бакалавров направлению «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и

биотехнологии» в курсы лекций по дисциплинам «Технологии переработки и утилизации отходов -1» и магистров по направлению «Химическая технология» по дисциплине «Способы переработки и утилизации отходов».

Структура магистерской диссертации. Диссертация состоит из введения, двух глав, заключения, списка использованных источников, который включает 59 наименований, из них 21 иностранных. Объем работы составляет 87 страниц машинописного текста, содержит 23 рисунков, 13 таблиц.

Глава 1. Теоретические аспекты организации полигонов ТКО и биологические методы их рекультивации

1.1 Теоретический анализ исследований в области рекультивации полигонов

Полигоны твердых коммунальных отходов представляют специальные сооружения, которые обеспечивают требуемую изоляцию и обезвреживание отходов. Существуют требования к организации и обеспечению безопасной работы полигонов, а именно, необходимо вести контроль за изменениями уплотнений, газовыделениями, статической устойчивости, проводится анализ максимальной загрузки полигона, возможности возврата в хозяйственный оборот. Полигоны для размещения ТКО представляют сложенные техногенными образованиями пласты (рисунок 1), в которых в различных концентрациях находятся различные по генезису и составу вещества.

«Полигон - это сложная антропогенно-геологическая система, функционирующая длительное время и воздействующая на окружающую природную среду в течение десятилетий, где протекают физико-химические, химические, биохимические и микробиологические процессы, сопровождающиеся деградацией сложных органических веществ отходов, эмиссией в атмосферу веществ, обладающих неприятными запахами, образуются фильтрационные воды и биогаз». «Они загрязняют приземный воздух, грунтовые воды и почвы, создают пожаро- и взрывоопасные условия. Уменьшение объема отходов в результате их разложения, выделение газов приводят к просадке грунта. Различные стадии биодеструкции ТКО сопровождаются последовательной сменой микробиологических процессов и качественными и количественными изменениями фильтрационных вод и биогаза»[27].

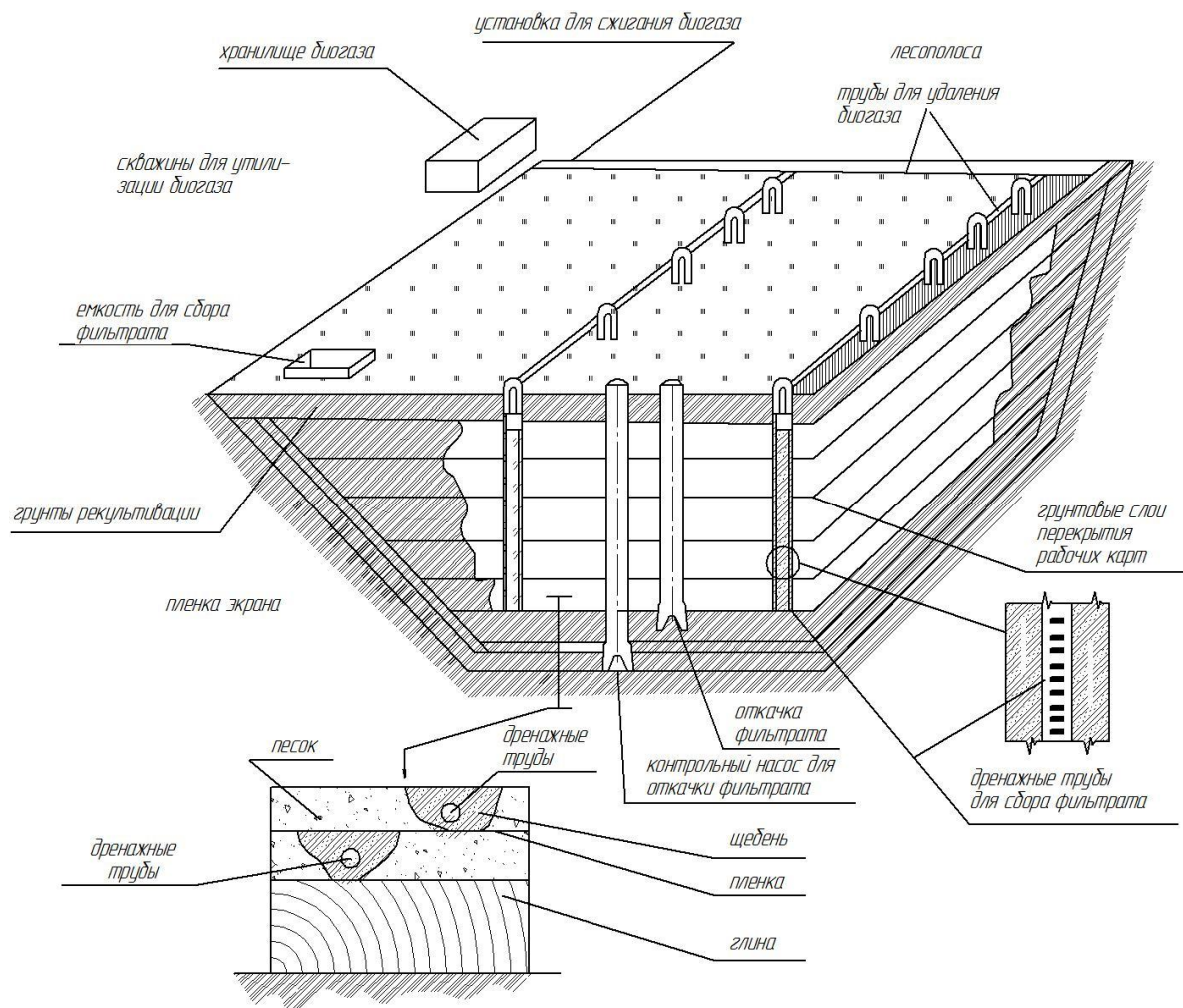


Рисунок 1- Общий вид обустройств полигона ТКО

Воздействие полигона на геологическую среду представлено на рисунке 2.

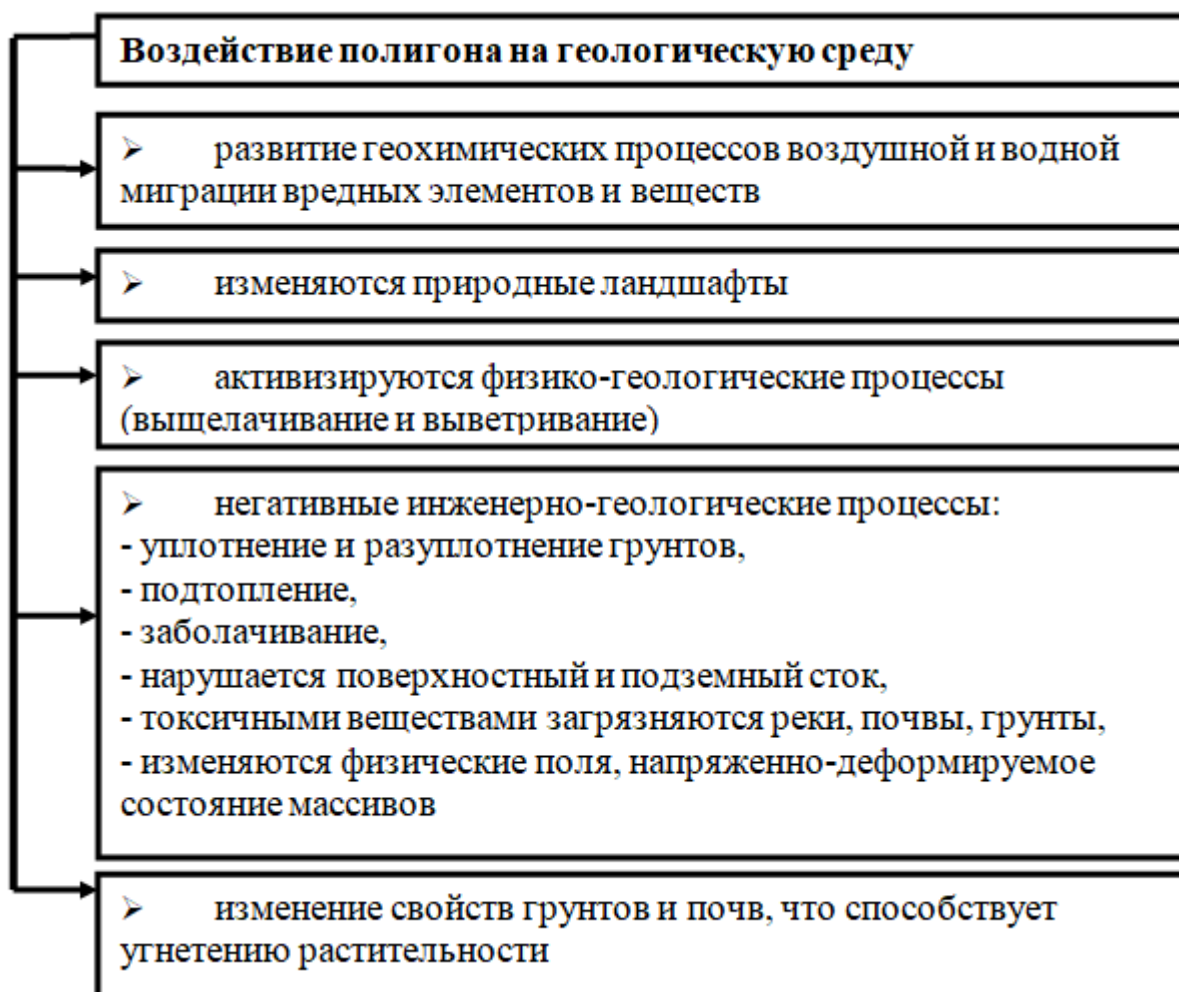


Рисунок 2- Воздействие полигона на геологическую среду

«Среди микроорганизмов сначала развивается аэробная микрофлора, которая в условиях затрудненного поступления воздуха потребляет кислород воздуха, находящийся между частицами мусора, редокс-потенциал среды постепенно уменьшается». «Метан, образованный в толще захороненных отходов, может распространяться в земле горизонтально и вверх, вызывая эрозию покрывающего грунта и угнетение растений, покрывающих полигон, обнажение отходов на поверхности. При этом часть метана, просачивающегося в верхние горизонты свалочных отложений, может окисляться аэробной микрофлорой в верхнем аэрируемом слое грунта. Мощность аэробной зоны зависит от глубины проникновения кислорода воздуха в свалочный грунт (обычно она не более 1 м). Образовавшиеся в анаэробной зоне мощные потоки биогаза могут препятствовать диффузии кислорода» [27] (рисунок 3).

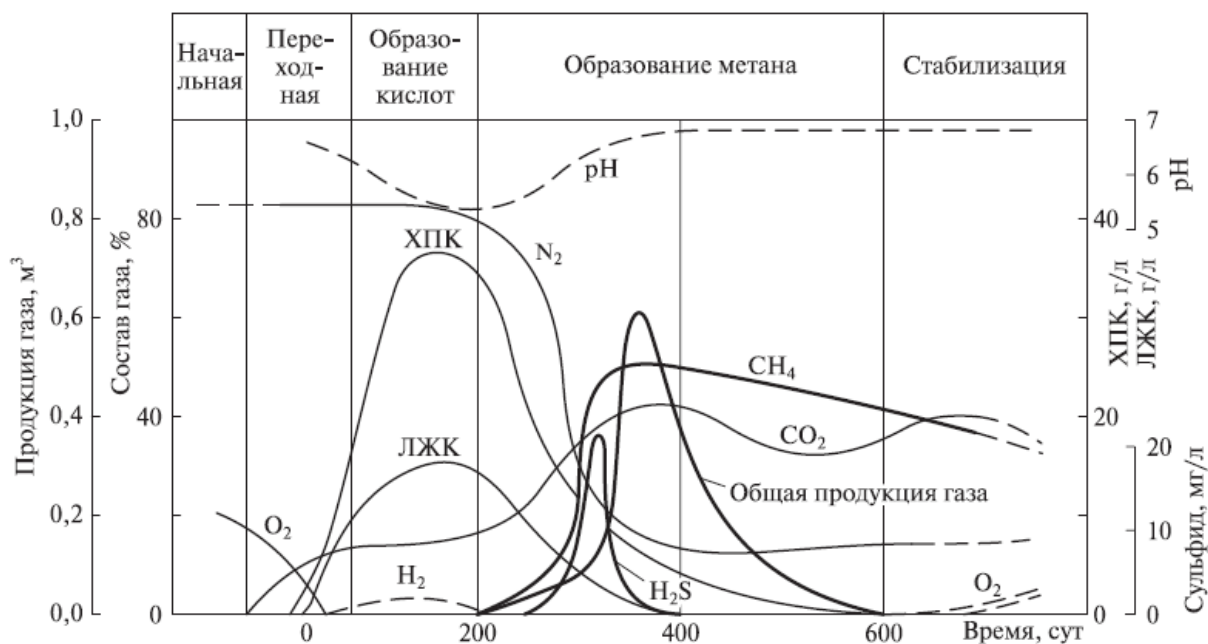


Рисунок 3- Фазы процессов, происходящих в свалочном теле: ЛЖК – летучие жирные кислоты (состав газа в процентах)

«В основе разработок теоретического характера и прогноза процессов загрязнения подземной гидросферы лежит теория миграции – массопереноса вещества в подземных водах и породах зоны аэрации. Ее становление связывается с именами В. М. Шестакова, Н. Н. Веригина, Ф. М. Бочевера, В. А. Мироненко, В. Г. Румынина, А. Е. Орадовской, Я. Бэра (J. Bear), Г. Гадана (G. Dagan), Л. Гелхара (L. Gelhar), Ш. Ньюмена (Sn. Neuman) и др.» [33].

«Использование методов моделирования (Г. Т. Иеха (G. T. Yeh), К. Л. Карнахана (C. L. Carnahan), М. Д. Сигала (M. D. Siegel), И. Рубина (Y. Rubin) определило исследования в области миграционных процессов, которые оказались за пределами возможностей аналитических методов, и тем более – натуральных экспериментов» [33].

«В работах Р.Ф.Абдрахманова приведены сведения об исследованиях миграции диоксинов, фенолов, нефтепродуктов, пестицидов, тяжелых металлов в породах зоны аэрации и водоносных горизонтах на примере свалки ТКО г. Уфы. Выявлено совпадение параметров миграции диоксинов и тяжелых металлов в подземной гидросфере».

«Результаты моделирования процессов миграции загрязняющих веществ от полигона твердых бытовых отходов в подземные воды приведены в работе, где установлена динамика распределения загрязнений в толще объекта исследования до области разгрузки подземных вод и сделан прогноз распространения загрязнений подземных вод от полигона» [33].

«Проблемы образования, состава и использования биогаза от полигонов ТБО рассмотрены А. И. Ножевниковой, О. В. Горбатюком, Г. А. Заварзиным и др.». «Выполнен анализ процессов газообразования на разных глубинах и на поверхности полигонов ТБО, стадийности этих процессов, рассмотрены вопросы количества эмиссии газа, утилизации свалочных газов». В исследованиях Долининой И.А. («Техногенная трансформация состава подземных вод полигонов твердых бытовых и промышленных отходов Среднего Урала») определены три стадии функционирования полигона, отличающиеся спецификой гидрогеохимических процессов: «1 зона - тело полигона, в ней преобладают процессы разложения отходов; 2 зона - зона аэрации с преобладающими процессами гипергенеза; 3 зона - зона насыщения, в ней преобладают процессы разбавления фильтратных вод полигонов чистыми подземными водами». «Ведущая роль во всех вышеперечисленных процессах принадлежит микробиологическим процессам разложения органического вещества». Специфика каждой стадии определяется количеством осадков, температурными особенностями местности, окислительно-восстановительными реакциями, проходящими в теле полигона и интенсивность миграции элементов-загрязнителей.

«В.А. Королевым и Д.Б.Неклюдовым рассмотрены вопросы обеспечения эколого-геологического мониторинга территорий полигонов твердых коммунальных отходов с использованием ГИС-технологий [33]. Геоинформационные системы позволяют эффективно осуществлять управление такими специфическими природно-техническими системами (ПТС) как полигоны ТКО».

В соответствии с СанПиН 2.1.7.1322-03 «Гигиенические требования к размещению и обезвреживанию отходов производства и потребления» в настоящее время учитывается лишь глубина залегания подземных вод, а не особенности геологического, геоморфологического, инженерно-геологического и гидрогеологического строения регионов. Выбор мест размещения полигонов это основной фактор минимизации загрязнения окружающей среды - почв, подземных и поверхностных вод.

1.2 Факторы и показатели, влияющие на выбор способов ремедиации почв

В почвах, в почвенном покрове происходит процесс накопления загрязняющих веществ, далее трансформации, минерализация в абиотических и биотических процессах, полимеризация с образованием связанных остатков. Соответственно основная цель ремедиационных технологий – это контроль и использование всех этих превращений для удаления и обезвреживания загрязнений.

Эффективность очистки почв зависит от уровня (глубины) загрязнения, площади и концентрации, структуры экосистемы, фильтрационных свойств пород, типа источника загрязнения, климатических, гидрологических, гидрохимических условий, дальнейшего назначения земель. Необходимо так же учитывать, что при уровне загрязнения почвы выше уровня токсичности для живых организмов не могут применяться для очистки биологические методы.

Факторы и показатели, влияющие на выбор способов ремедиации почв в таблице 1.

Таблица 1 – Факторы, определяющие выбор технологии ремедиации почв

№	Фактор	Характеристика
1	Свойства веществ-загрязнителей	состав загрязнений, их химическая структура, растворимость, летучесть, плотность, токсичность, гидрофобность и гидрофильность, полярность молекул, возраст загрязнения, влияют на характер их миграции в подпочвенных горизонтах, с грунтовыми водами
2	Свойства почвенной среды	типы почв и подстилающие породы, влияющие на распределение поллютантов в загрязненной зоне, на фракционный состав (минеральная и органическая составляющие и их структура, почвенные коллоиды, механическая структура, устойчивость к ветровой и водной эрозии, характер растительного покрова, водоудерживающая способность, минеральный состав, содержание обменных катионов, зональность почв, проницаемость, глубина проникновения, характер миграции и распространения водоносных горизонтов, физико-химические условия (температура, влажность, активная кислотность, окислительно-восстановительный потенциал), содержание растворенных веществ в грунтовой воде, органического вещества, газовый режим, гранулометрический состав, содержание гумуса и др.
3	Скорость миграции загрязнений	водо - и воздухопроницаемостью почв, коллоидной стабильностью и мобильностью с помощью таких факторов, как механические воздействия, рН, ионная сила, жидкостная композиция, размер частиц и состояние коллоидов и /или загрязнений

1.3 Общие подходы к ремедиации почв полигонов ТКО

«В настоящее время существуют следующие методы по восстановлению загрязненных почв:

1) метод удаления поллютантов из почв различным способом для снижения их концентраций до безопасного с эколого-гигиенической точки зрения уровня (ремедиация в прямом смысле).

2) метод реализации мероприятий, направленных на стабилизацию зоны загрязнения и на снижение подвижности и биологической активности поллютантов (иммобилизация загрязняющих веществ и детоксикация почв), включая механические или инженерно-геологические способы изоляции загрязненных мест. Контролируемое размещение загрязненных почвогрунтов на постоянных или временных площадках также считается способом ремедиации».

Способы удаления их из почв в самом общем виде могут основываться на принципах: молекулярного разделения, фазового разделения, химического разрушения и биодegradации.

«В зарубежной практике способы и технологии деконтаминации загрязненных почв обычно рассматривают с позиций их места (способа) применения» [41]:

1) «обработка вне загрязненного участка, которая связана с извлечением обычно больших объемов загрязненного грунта и переработкой его в специальных стационарных установках (представляющих собой промышленные предприятия), расположенных относительно далеко за пределами рекультивируемой территории (так называемая обработка *off-situ*)» [41];

2) «обработка *in situ* (на месте) с инжектированием в загрязненный участок соответствующих химических агентов и последующей утилизацией выделяющихся парогазообразных фракций поллютантов» [41] (таблица 2).

Таблица 2 - Наиболее часто применяемые на практике способы обработки почв *in situ*

Технология	Почвы	Поллютанты
Экстракция растворами	Песчаные	Водорастворимые
Паровакуумная экстракция	Песчаные	Летучие
Продувка воздухом	Песчаные	Летучие
Биовосстановление	Песчаные	Способные к микробиодеградации
Электромелиорация	Все типы	Тяжелые металлы
Отверждение/стабилизация	Все типы	Неорганические (органические)
Геогидрологическая изоляция	Все типы	Все типы
Механическая/физическая изоляция	Все типы	Все типы

3) «обработка извлеченной почвы (как правило, небольших ее объемов) непосредственно вблизи загрязненного участка с последующим возвращением очищенных грунтов на место их прежнего залегания (обработка *ex-situ*)» [41];

4) «локализация поллютантов в пределах участка посредством проведения физико-химической стабилизации (использование цемента, шлаков, жидкого стекла и т. п.), что осуществляется, как правило, для предотвращения загрязнения грунтовых вод (разновидность обработки *in situ*)».

Технологии биоремедиации представлены на рисунке 4.

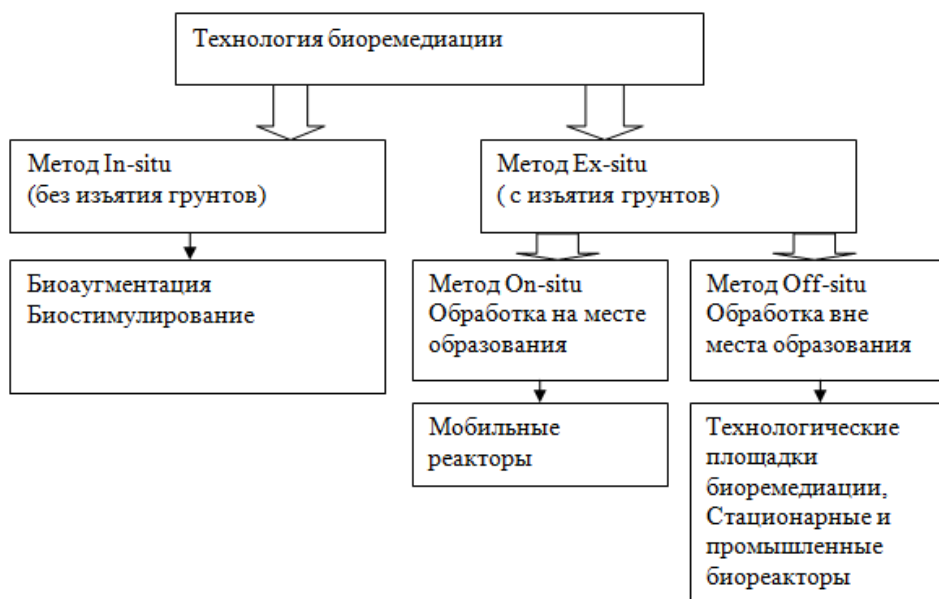


Рисунок 4-Технологии биоремедиации

Методы очистки почвогрунта приведены на рисунке 5. Преимущества и недостатки методов ремедиации почвогрунта на полигонах ТКО представлены в таблице 3.

«Основные требования, предъявляемые к различным способам ремедиации почв, сводятся к следующим положениям:

- 1) возможность применения метода *in situ*;
- 2) селективность метода по отношению к определенным поллютантам;
- 3) «экологическая чистота» применяемого метода;
- 4) относительно высокие степень и скорость очистки;
- 5) экономическая эффективность метода».

Сравнение применения методов ремедиации и биоремедиации (таблица 4).

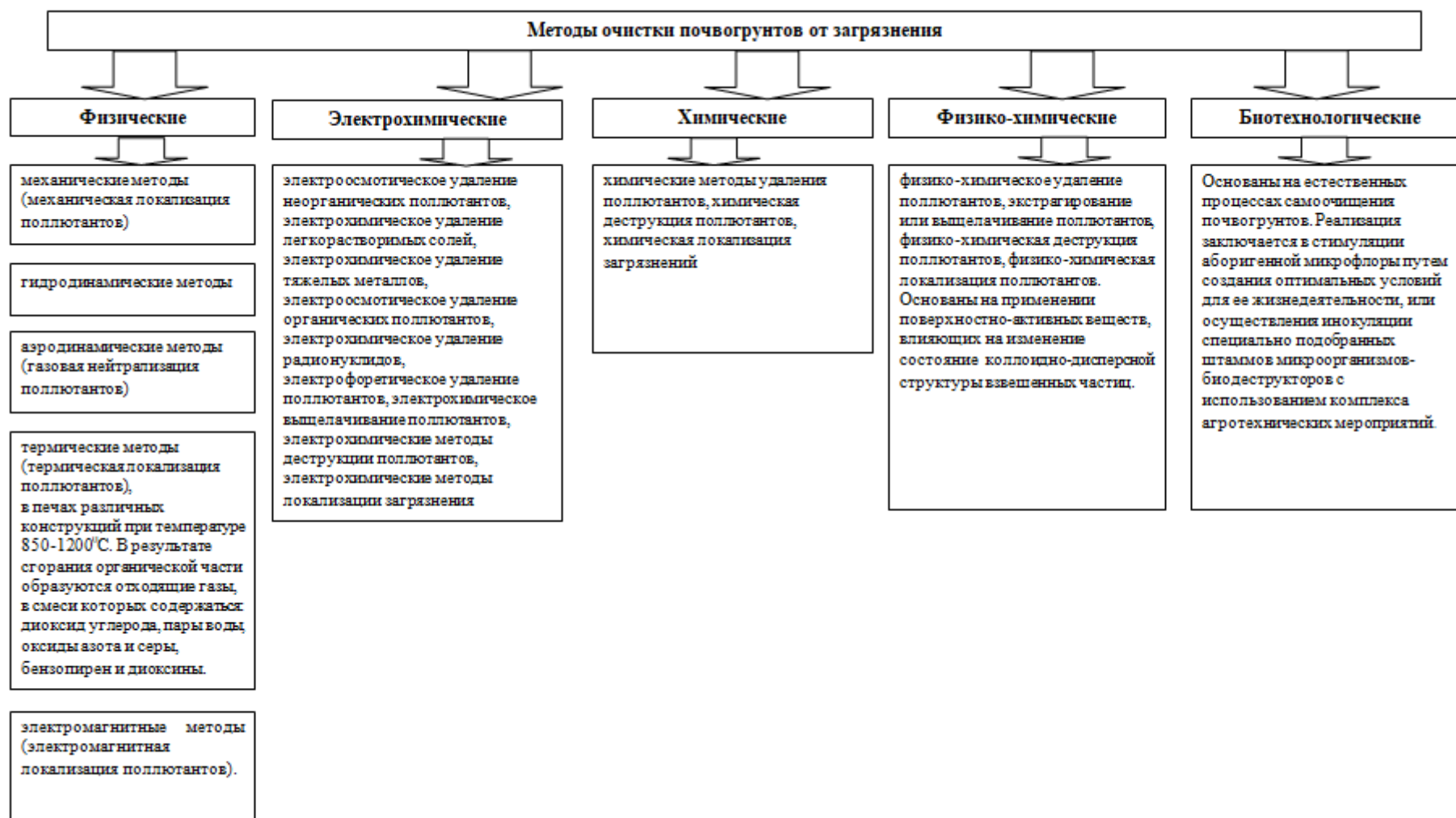


Рисунок 5 - Методы очистки почвогрунта от загрязнения

Таблица 3- Преимущества и недостатки методов ремедиации почвогрунта на полигонах ТКО

Наименование метода	Преимущества	Недостатки
Механический	Позволяет уменьшить объем загрязненного грунта	Сепарация затруднена из-за органосорбционных свойств гуминовых кислот, органоминеральных глинистых комплексов
Гидродинамические методы	Вымывание загрязняющих веществ применяется в случае загрязнения почвы растворимыми веществами. Почву промывают поливом сверху и с помощью различных ирригационных приемов, часто с использованием циркуляции воды. Промывные воды собирают, обрабатывают <i>ex situ</i> биологическими и физико-химическими методами.	При такой обработке малорастворимые соединения остаются в почве.
Термический	Высокая эффективность очистки.	Образование отходящих газов, требующих очистки. Образующаяся зола содержит тяжелые металлы. Высокие энергозатраты. Высокая трудоемкость.
Физико-химический	Высокая эффективность очистки.	Малый объем перерабатываемого грунта. Высокая стоимость реагентов и необходимость их регенерации.
Биотехнологический	Возможность перерабатывать большие объемы. из загрязненных мест были выделены многие бактерии, разлагающие различные ксенобиотики, нефтепродукты и т.д. Для активации автохтонной микробной популяции в почву вносят окислители (O_2 , NO_3^-), ко-субстраты (мелассу, этанол и даже навозные стоки), источники азота и фосфора, эмульгаторы для ускорения транспорта и разрушения структуры липофильных загрязнений. Для внесения растворимых компонентов используют ирригационные методы. Для улучшения аэрации производится вспашка почвы, в более глубокие слои кислород или воздух подаются под давлением через систему перфорированных труб.	Длительность процесса очистки. Ограниченность применения в зависимости от климатических условий.

Таблица 4 - Сравнение применения методов ремедиации и биоремедиации

Показатели сравнения	Ремедиация	Биоремедиация
Применимость технологии для очистки конкретного места загрязнения	Стандартные анализы	Комплексные междисциплинарные исследования
Стандартизация применения технологии	Высокая	Низкая, требует индивидуальной проработки
Воздействие на почву	Жесткое: высокие температуры, растворители, газы	Мягкое: добавление природных субстратов, биогенных элементов, микроорганизмов
Длительность очистки	недели	годы
Надежность технологий	Высокая, мало зависит от особенностей мест загрязнения	Низкая, сильно зависит от особенностей места загрязнения
Стоимость		60-90% от стоимости ремедиации
Экологическая опасность	Образование опасных промежуточных продуктов неполного разложения загрязнения	Возможно образование опасных продуктов неполной биodeградации загрязнения, требуется оценка возможных последствий интродукции организмов

1.4 Рекультивация полигонов с использованием биоремедиации

«Под биоремедиацией понимают биотехнологический метод очистки загрязненных земель, за счет комплекса мероприятий, направленных на восстановление продуктивности и хозяйственной ценности нарушенных почв. Основная задача биоремедиации – это снижение воздействия на окружающую среду субстрата (почвогрунта) полигонов ТКО и доведение его до нормативных показателей».

Биоремедиации загрязненных почв и грунтов включает:

1) «обработку на месте (*in situ*) и после экскавации с обработкой на специальных предприятиях (*ex situ*). Для процесса биоремедиации используются микробные популяции или микробные сообщества с заданной целевой функцией».

2) «необходимо создать условия для аборигенных и внесенных микроорганизмов *in situ*, используют окислители (кислород, нитраты), ко-субстратов, источников азота и фосфора, эмульгаторов и т.д.

При проведении биоремедиации, микроорганизмы способны разлагать широкий спектр химических соединений, поэтому в теле полигона активно протекают процессы биоразрушения, включающие трансформацию, фрагментацию и минерализацию с превращением сложных веществ в простые соединения (H_2O , CO_2 , NH_3).

Таким образом, для определения направления метода биостимуляции для рекультивации почвы на объектах захоронения отходов, необходимо определить загрязняющее вещество, которое является лимитирующим для процессов самовосстановления почвы.

Основные показатели процесса биоремедиации представлены в таблице 5.

Таблица 5 - Показатели процесса биоремедиации

Показатель	Описание	Значения
Температура субстрата	Скорость биодеструкции зависит от температуры, при низких температурах процессы жизнедеятельности организмов замедляются, снижается скорость биодеструкции.	20-30 ⁰ С
Влажность субстрата	При высокой влажности возможно замедление процесса биодеструкции, так как уменьшается скорость переноса кислорода воздуха в почву и создания анаэробных условий. Недостаток влажности снижает процессы развития микроорганизмов.	40-80%
Элементы питания	Для роста микроорганизмов - деструкторов необходимы биогенные элементы азот и фосфор в необходимом соотношении.	C:N:P 100:10:1
Значение рН	Должно быть близким к нейтральному	6,5-8,0
Аэрация субстрата	Необходима для предотвращения возникновения «застойных» анаэробных зон. Проводится вспашка, рыхление	10%
Объемная доля структуратора	Для улучшения агрофизических свойств применяют структураторы (опил, солома, перлит, древесная кора и др древесные отходы).	25-30%

Основной комплекс биоремедиационных мероприятий на почвах, загрязненных ксенобиотиками включает рыхление или вспашку, использование минеральных и органических удобрений, посев и последующая заплата различных сидератов (зеленых удобрений), илов со станций биологической очистки сточных вод, биогумуса, нетоксичных отходов пищевой промышленности, микроорганизмов-деструкторов, и в конце - проведение фиторемедиации. Указанный спектр мероприятий обеспечивает условия для жизнедеятельности почвенных и привнесенных микроорганизмов, способствует стимулированию их деятельности и повышению их метаболической и деструктивной активности.

«Считается, что технологии биоремедиации почв и воды от ксенобиотиков могут использоваться только при концентрации различных ксенобиотиков ниже уровня их токсичности для применяемых микроорганизмов, растений, почвенных обитателей. На практике это положение соблюдается не всегда».

Ремедиационные процессы обеспечивают защиту и восстановление почв полигонов, но использование этих процессов не должно сопровождаться образованием токсичных продуктов деструкции и восстанавливать плодородие почв и не должны нарушать биологического равновесия в природе.

«Основные способы биоремедиации, которые используются в настоящее время: загрязненную почву собирают экскаватором и загружают в специальные установки различных типов, где ее перемешивают с суспензией микроорганизмов, почву подвергают периодическому перемешиванию и рыхлению для активизации аэробных и анаэробных процессов очистки» [38]. «Способы ремедиации получили активное использование из-за низкой себестоимости выполнения работ и высокой эффективности очистки, но необходим перечень мероприятий, обеспечивающих возможность использования данных методов, а именно выделение технологичных (пригодных для промышленного использования и безопасных для людей)

микроорганизмов; осуществить подбор условий их культивирования; правильно выбрать время, метод и дозу внесения биодеструкторов в почву. А так же обеспечить контроль за интегральной токсичностью почвы с целью гарантии безопасности продуктов деструкции поллютантов и достаточной степени очистки почвы» [32].

«Наиболее эффективным способом поиска микроорганизмов-деструкторов является выделение микробных изолятов из природных почв, длительное время загрязняемых сельскохозяйственными ядохимикатами или промышленными отходами аналогичного состава» [32]. «В ходе всесторонних лабораторных исследований проводят селекцию микроорганизмов, способных наиболее активно разлагать в почве и/или воде целевой поллютант. Оценивают неприхотливость микроорганизмов для культивирования, степень и сроки деструкции загрязнителя, интегральную токсичность почвы до и после микробной биоремедиации» [31].

«На основании проведенных лабораторных и полевых исследований разрабатывают технологию применения «in situ» микроорганизмов для биоремедиации почв, загрязненных химическими веществами. Полученные штаммы микроорганизмов-деструкторов депонируют в Международной коллекции промышленных микроорганизмов и патентуют» [31].

Таким образом, разработка технологии биоремедиации почвы, загрязненной каким-либо химическим веществом, длительный, многостадийный процесс, требующий совместной работы специалистов различного профиля: микробиологов, химиков-аналитиков, биохимиков, биотехнологов и токсикологов. Эта работа, несмотря на ее длительность и многопрофильность, позволяет в итоге разрабатывать эффективные, экологически безопасные и малозатратные технологии биоремедиации почв.

Согласно руководящему документу «Инструкция по рекультивации нарушенных и загрязненных земель...» [2], в степной и сухостепной зоне, важно сохранять влагу в почве путем планировки геоморфологического строения полигона, а также придании поверхностному слою

мелкокомковатого сложения. Необходима высадка многолетних трав, и исходя из рекомендаций данного документа, к посеву можно применить: житняк гребенчатый, люцерну желтогибридную, пырей бескорневищный. Создание фитоценозов озеленительного и противозрозионного назначения, снижает отрицательное влияние полигона на окружающую среду и придает эстетический вид рекультивируемой местности. Данный метод чаще всего применяется как заключительный этап рекультивации почвы.

1.5 Технологии биорекультивации (биоремедиации), применяемые в России

Технологии биорекультивации (биоремедиации), применяемые в России представлены в таблице 6. Таким образом, в настоящее время наиболее перспективным методом для очистки загрязненных почв, как в экономическом, так и в экологическом плане является биотехнологический подход, основанный на использовании различных групп микроорганизмов, отличающихся повышенной способностью к биodeградации загрязняющих веществ.

Таблица 6 - Технологии биорекультивации (биоремедиации), применяемые в России

Технологии биоремедиации «on site»	Технологии биоремедиации «ex-situ»	Технологии биоремедиации «in-situ»*
1	2	3
<p>Загрязненная почва (низкие концентрации ксенобиотика) остается на месте, проводится рыхление, вспашка или фрезерование почвы, стимулирование аборигенной микрофлоры и фиторемедиация (продолжительность 1-2 сезона, снижение концентрации загрязняющего агента на 60-80%)</p>	<p>Извлечение загрязненной почвы, перемещение ее на полигоны, проведение биоаугментации (введение микроорганизмов вместе с биогенными элементами), рыхление и полив, затем проведение фиторемедиации (продолжительность 1-2 сезона, снижение концентрации загрязняющего агента на 60-90%)</p>	<p>Биовентилирование (продолжительность до месяца и более, снижение концентрации загрязняющего агента на 90-99%)</p>
<p>Загрязненная почва остается на месте (высокая концентрация ксенобиотика-нефти), проводится рыхление, вспашка или фрезерование почвы, вносятся в большом количестве удобрения и биопрепараты-деструкторы</p>	<p>Отмывание почвы от загрязнения (в основном от нефти) в специализированных установках типа УПНШ (очистка -- 50-60%), возвращение на прежнее место и проведение вспашки или рыхления, внесение препаратов-деструкторов</p>	<p>Биобарботирование (продолжительность до месяца и более, снижение концентрации загрязняющего агента на 90-99%);</p>

Продолжение таблицы 6

1	2	3
ксенобиотиков, проводится фиторемедиация (технология используется, главным образом, на топких непроходимых болотах, продолжительность 4-6 лет и больше, снижение концентрации загрязняющего агента 60-80%)	ксенобиотиков или проведение фиторемедиации (продолжительность 1 сезон, снижение концентрации загрязняющего агента на 80-90%)	
Загрязненная почва остается на месте (высокая концентрация ксенобиотика-нефти), но снимается верхний (5-7 см) сильно загрязненный слой почвы (остаточное загрязнение до 300 г/кг почвы и выше) и далее проводятся агротехнические мероприятия, вводятся препараты-деструкторы ксенобиотика и фиторемедиация (продолжительность 2-4 года или больше, снижение	Помещение загрязненной почвы в биореакторы и проведение жидкофазной или твердофазной ферментации с добавлением биогенных элементов, воды и воздуха или проведение процесса детоксикации ксенобиотика в анаэробных условиях(продолжительность -- от нескольких дней до месяца или дольше, снижение концентрации загрязняющего агента на 90-99%)	Загрязненная почва остается на месте (высокая концентрация ксенобиотика-нефти), но снимается верхний(5-7 см) сильно загрязненный слой почвы (остаточное загрязнение до 300 г/кг почвы и выше) и далее проводятся агротехнические мероприятия, вводятся препараты-деструкторы ксенобиотика и

Продолжение таблицы 6

1	2	3
<p>концентрации загрязняющего агента на 80-90%) биодеструкция при откачке жидкой фазы загрязнителя под вакуумом (продолжительность до месяца и больше, снижение концентрации загрязняющего агента на 90-99%)</p>		<p>фиторемедиация (продолжительность 2-4 года или больше, снижение концентрации загрязняющего агента на 80-90%) биодеструкция при откачке жидкой фазы загрязнителя под вакуумом (продолжительность до месяца и больше, снижение концентрации загрязняющего агента на 90-99%)</p>
<p>Проведение классического компостирования (термической биоремедиации) загрязненной почвы на полигонах (продолжительность от 6 мес. до 2-х лет, снижение концентрации загрязняющего агента на 85-95%)</p>		

Примечание: * - загрязнение находится под верхним слоем почвы, эти технологии биоремедиации в России применяются редко.

1.6 Анализ состава твердых коммунальных отходов

Виды органических отходов представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Виды твердых коммунальных отходов

Вид	Характеристика
Органические отходы природного происхождения	отходы производства пищевых и вкусовых продуктов, растениеводства, парникового хозяйства, переработки овощей и фруктов, пивоваренного, спиртового производства, жиров растительных и животных, отходов содержания, убоя и переработки животных, птиц и рыбы, отходов шкур, мехов, кожи, отходов древесины, бумаги, картона, целлюлозы
Отходы минерального происхождения	шлаки, шламы, золу, пыль, отходы, образующиеся при добыче полезных ископаемых, бракованные изделия различных производств, лом черных и цветных металлов
Отходы химического происхождения	состоят из оксидов, гидроксидов, солей, кислот, щелочей, концентратов, средств защиты растений, средств дезинфекции, органических растворителей, красок, лаков, клея, мастик и смол, отходов переработки нефти, угля, газа, горючих сланцев и торфа, отходов фармацевтической продукции и гигиенических средств, полимеров и др.
Коммунальные отходы	делятся на твердые коммунальные отходы, отходы из жилищ, отходы потребления на производстве, отходы сложного комбинированного состава в виде изделий, оборудования, устройств, жидкие отходы очистных сооружений, медицинские отходы

Разнообразен и химический состав отходов и морфологический состав (рисунок 6-7, таблица 7).

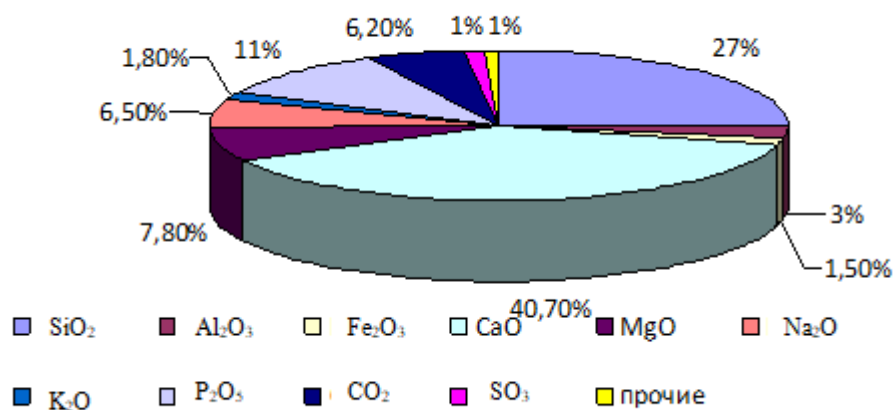


Рисунок 6 – Химический состав неорганических веществ (без учета металлов) российских ТКО (% массы)

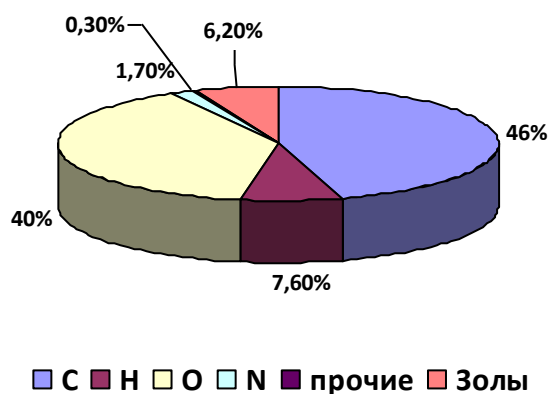


Рисунок 7 – Элементарный состав органической вещества ТКО (% массы)

Таблица 7 - Морфологический состав ТКО г.о.Тольятти, %

Фракция	зима	весна	лето	осень
1	2	3	4	5
Стекло	8,6	6,5	7,9	6,9
Картон, бумага	1,9	1,1	1,7	1,5
ПЭТ	4,3	5,2	6,5	5,4
Пластик (быт. химия)	1,85	1,4	0,85	1,7
ПНД +ПВД (загрязненный)	8	8,1	8	7,9

Продолжение таблицы 7

1	2	3	4	5
Черный металл	0,45	0,5	0,38	0,38
Цветной металл (алюминий)	0,32	0,43	0,57	0,43
Текстиль (загрязненный)	4,15	4,7	5,2	5,1
Дерево	16	28	39	32
Листва, пищевые отходы, смет	48	74	97	77
Отсев (неотобранное, земля)	153	121	74	111
Упаковочные материалы	54	49	58	50

Химический состав ТКО. Усредненные данные химического состава ТКО по климатическим зонам приведены в таблице 8, свойства ТКО указаны на рисунке 8.

Таблица 8 - Химический состав ТКО в различных климатических зонах, % от сухой массы

Показатели	Климатические зоны
	Средняя
Органическое вещество	56-72
Зольность	28-44
Общий азот	0,9-1,9
Кальций	2-3
Углерод	30-35
Фосфор	0,5-0,8
Общий калий	0,5-1
Влажность (% от общей массы)	40-50

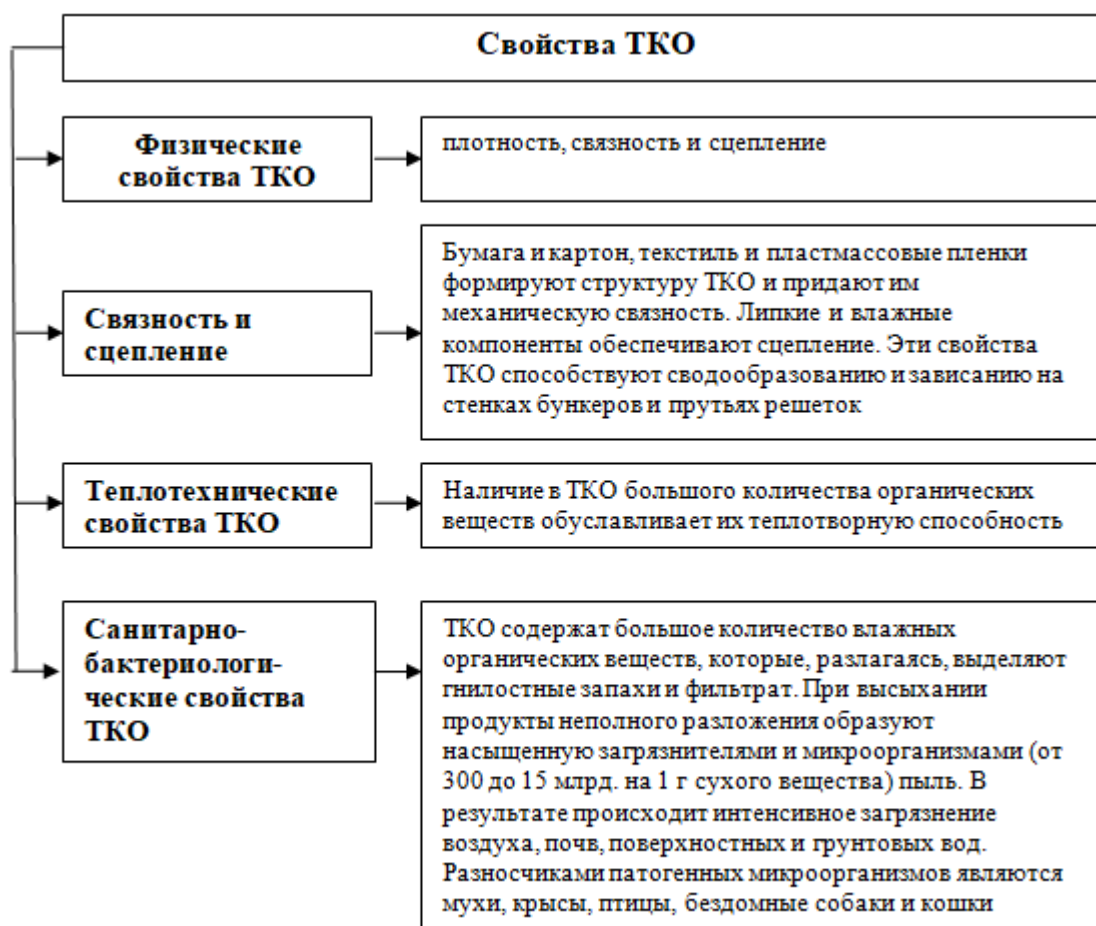


Рисунок 8 – Свойства ТКО

Плотность ТКО в весенне-летний сезон составляет 0,18-0,22 т/м³, в осенне-зимний сезон 0,2-0,25 т/м³. В крупных городах Европы и Америки плотность ТКО близка к 0,1 т/м³.

В крупных городах за год на каждого человека накапливается до 40 кг крупногабаритных ТКО с удельной массой 0,2 т/м³ (таблица 9).

Таблица 9 - Состав крупногабаритных бытовых отходов

№	Основной материал	Составляющие
1	Дерево (до 60%)	Мебель, обрезки деревьев и кустарников, доски ящики, двери, скамейки, фанера, старые рамы, лестницы
2	Керамика, стекло (до 18%)	Фаянсовые раковины, унитазы, листовое стекло лампы дневного света, посуда, бутылки, бой стекла
3	Металл (до 9%)	Холодильники, газовые плиты, стиральные машины, пылесосы, кровати, корыта, сетки, баки, бидоны, раковины, трубы, радиаторы
4	Бумага, картон (до 6%)	
5	Текстиль (до 1%)	Упаковочные материалы, обои, мешковина упаковочная, пальто, одеяла, матрасы
6	Кожа, резина, смешанные материалы (до 5%)	Шины, чемоданы, сумки, диваны, кресла, клеенки
7	Пластмасса (до 1%)	Детские ванны, ведра, тазы, линолеум, пленки

Выводы по 1 главе:

Биологическую рекультивацию, можно провести методом биоремедиации. Он заключается в проведении мероприятий, связанных с использованием метаболического потенциала микроорганизмов и предусматривает применение технологий, предназначенных для биологической очистки почв, которые стимулируют механизмы самоочищения и самовосстановления. Это достигается путем внесения природосовместимых (веществ, которые не вызывают отторжения) компонентов, что способствует снижению токсичности и ускорению процессов биохимического разложения. Такой метод имеет два основных подхода:

1. Биоремедиация, направленная на санацию земель от загрязняющих веществ, осуществляемая внесением микроорганизмов в почву и их стимуляции называется биоаугментацией.

2. Биоремедиация на основе внесения веществ, стимулирующих деятельность нужных микроорганизмов, уже находящихся в загрязненной почве называется биостимуляцией.

Технологический процесс биоремедиации полигонов ТКО включает два этапа:

1. Выбор методов биоремедиации *in situ* или *ex-situ*.
2. Выбор методов интенсификации биоремедиации.

Глава 2. Разработка технологической схемы биоремедиации полигонов ТКО

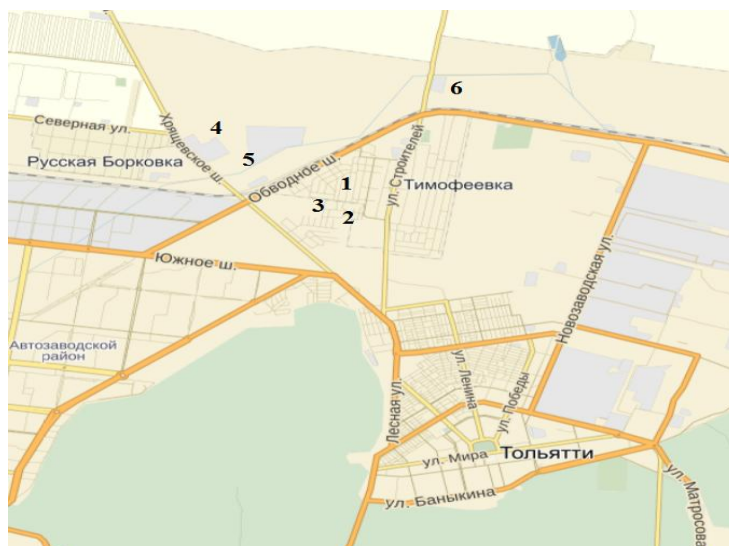
2.1 Анализ накопления заполнения полигонов на территории

г.о.Тольятти

На территории г.о. Тольятти действуют на сегодня 4 объекта размещения отходов производства и потребления и 2 закрыты на рекультивацию, один предназначен для размещения твердых коммунальных отходов (таблица 10, рисунок 9).

Таблица 10- Перечень полигонов на территории г.о.Тольятти

№	Наименование полигона	Назначение	
1	ООО «Эколайн»	ТКО	Сбор, размещение отходов 4 класса опасности
2	ООО «Экология»	Промышленные отходы	Сбор и транспортирование отходов IV класса опасности, Размещение отходов I – IV класса опасности
3	ООО «Эко Транс»		Сбор и размещение отходов IV класса опасности
4	ООО «Экология Пром»		Сбор и размещение отходов IV класса опасности



1 - Полигон ООО «Эколайн»; 2 - Полигон МУПП «Экология»; 3 - ООО «Экология-Пром»; 4 - Полигон ООО «Экология»; 5 - Полигон ООО «Эко-Транс»; 6 - Полигон ЗАО «Рекультивация»

Рисунок 9 – Карта расположения объектов размещения отходов

По данным Администрации муниципального образования, численность населения, проживающего на территории городского округа, составляет 686 717 человек. Количество образующихся твердых коммунальных отходов, в том числе крупногабаритных – 315890 тн/год. Расчетное количество образования ТКО на территории г.о.Тольятти, г.о.Жигулевск, Ставропольского района на 2016-2018г (таблица 11).

Таблица 11 – Образование ТКО на территории г.о.Тольятти, г.о.Жигулевска и Ставропольского районов

№	Наименование муниципального образования	Численность чел.	Расчетное образование ТКО, тн/год, плотность 0,2 тн/м ³	В т.ч. КГО
1	г.о.Тольятти	686717	315890	44225
2	г.о.Жигулевск	59808	27512	3852
3	Ставропольский район	79325	36490	5109
	Итого	825850	379891	53185

На рисунках 10-12 представлены полигоны, расположенные на территории г.о.Тольятти



Рисунок 10 – Полигон ТБО «Узюково» (закрит)



Рисунок 11 – Полигон Даниловский 2
(ООО «Экология» промышленные)



Рисунок 12– Полигон «Эколайн» Тимофеевка 1

2.2 Методологические основы проведения оценки воздействия на окружающую среду полигона ТКО на примере полигона «Узюково»

2.2.1 Общее расположение полигона

В административном отношении участок расположен в границах Ставропольского района Самарской области. Ближайшие населенные пункты - с. Узюково (4,5 км юго-восточнее объекта производства работ) и с.Ташла (7,0 км северо-восточнее объекта производства работ). Крупные поверхностные водные объекты (Куйбышевское и Саратовское водохранилище) расположены на расстоянии 37,7 км западнее и 24,0 км южнее участка производства работ соответственно в соответствии с рисунком 13.

На полигоне размещались твердые коммунальные отходы 4-5 классов опасности. Полигон овражного типа, высоконагружаемый, обустроен по проекту института «Гипрокоммунстрой» в 1989 г. По периметру полигона устроена нагорная канава с сопрягающим сооружением и выпуском в ложе оврага Волосяной. Свалочное тело полигона отсечено от оврага грунтовой насыпью. Складирование отходов осуществлялось с 1989 г. до 2004 г. включительно. С 2003 по 2009г.г. проведена частичная отсыпка поверхности полигона грунтовыми материалами по площади 7,5 га. Общая длина полигона в отвержке оврага Волосяной достигает 1800 м при ширине – 70-

250 м. Площадь участка размещения отходов в границах землеотвода объекта составляет 32,0 га. Общая площадь объекта, включая прилегающую к нему периметральную полосу (зону влияния), составляет 40 га. Ориентировочный объем свалочной массы различной степени разложения составляет 2,5 млн.м³ при переменной глубине напластования 2,2-11,5 м.

В 2000 году фирмой «Геополис» разработан «Проект рекультивации полигона ТБО «Узюково», получивший положительное заключение государственной экологической экспертизы. Проектные решения реализованы только в части дозагрузки объекта и устройства смотровых колодцев. В ходе производства работ по детальному обследованию состояния свалочного тела в июле-августе 2014 года газодренажных скважин не обнаружено.



Рисунок 13 – Обзорная карта расположения полигона

2.2.2 Генезис формирования и состояние свалочного тела

«Формирование свалочного тела полигона «Узюково» осуществлялось в период с 1989 по 2004 гг., все карты секционированы грунтовыми перемычками. В период 1989 – 2000 гг по данным эксплуатирующей организации (МП «Спецавтохозяйство») на полигон вывезен 12,6 млн.м³ отходов при исходной плотности 0,27 т/м³. После процессов естественного

самоуплотнения и частичной планировки до плотности $0,9 \text{ т/м}^3$ данный объем составил $3,8 \text{ млн м}^3$ » [8]. Характеристика свалочного грунта полигона по показателям влажности, плотности, пористости, толщины отходов представлена в таблице 12.

Таблица 12 – Характеристика свалочного грунта полигона

Свалочный грунт*	Показатель	Количество
1	2	3
Свалочный грунт фрагмента I (карты 1-2) (стабильные свойства)	Влажность (близко к частично увлажненным природным грунтам)	не более 30-35%
	Содержание беззольного вещества	более 85%
	Плотность	$0,6 - 1,0 \text{ т/м}^3$
	Пористость	40%
	Толщина отходов	не более 6,0 м (3,0 м, в среднем)

Продолжение таблицы 12

1	2	3
Свалочный грунт фрагмента II (карты 4, 5 (а, б)) и, частично фрагмента III (карта 5 (с)) (наиболее нестабильными свойствами)	Влажность	40 – 65% (в массиве карты 5 (с) – 70%);
	Плотность	0,4 – 0,6 т/м ³ (0,35 т/м ³ - на поверхности массива карты 5с)
	Пористость	30 – 35%

2.2.3 Результаты газогеохимических исследований свалочного тела

Метан является наиболее показательным компонентом присутствия свалочного газа в толще полигона ТКО. Причем по значениям его концентраций, а также соотношению с другими газовыми составляющими: в первую очередь углекислоты, а также сероводорода, водорода, азота, кислорода, можно судить о режиме разложения органики (аэробный, анаэробный), типе биодegradации, а также степени стабилизации свалочного тела.

«В 2000 г фирмой «Геополис» г. Москва было проведено газохимическое обследование полигона «Узюково» с прогнозной оценкой генерации свалочного тела. На момент проведения съемки содержания метана в свалочном газе составило 49,4 % объема; углекислоты – 48,8% объема. На основании данных газовой съемки с ее наложением на топоплан фирма «Геополис» (г. Москва) в 2000 г выполнила анализ скоростей эмиссии биогаза и представила прогноз процессов газообразования на период 2001 – 2014 гг. с учетом дозагрузки полигона. По прогнозам фирмы «Геополис» наиболее интенсивный процесс активной газогенерации наблюдался с 1997/98 по 2002/03 гг. Затем, газопродуктивность должна снижаться и к

2014г уменьшится в 10 раз (Рисунки 14-15). Было также сделано утверждение о возможности остаточного газовыделения полигона (т.н. «Хвост» остаточной газопродуктивности) еще в течение 25-30 лет, т.е до 2025 - 2030 гг.»



Рисунок 14 – Прогноз газопродуктивности существующего свалочного тела на период 1991-2001 гг.



Рисунок 15 – Прогноз газопродуктивности существующего свалочного тела на период 2000-2014 гг.

«На основании данных изысканий фирмы «Геополис», а также выполненного прогноза газопродуктивности была запроектирована и по

заверению очевидцев частично введена в эксплуатацию газодренажная сеть пассивной дегазации полигона. В соответствии с проектом, систему дегазации рекомендовалось строить при мощности свалочного тела более 10м. В июле-августе 2014 г на территории полигона ТКО была выполнена детальная газохимическая съемка свалочной толщи с отбором и анализом газовой вытяжки. Отбор проб произведен из 23 скважин на полную глубину свалочного тела вплоть до природного грунта в основании полигона (на отдельных участках до глубин 9,0 м с шагом 1,0-3,0 ±0,5 м). Результаты анализа выполненной газохимической съемки подтверждают прогноз фирмы «Геополис» (г. Москва) о снижении потенциала газогенерации массива и эмиссий биогаза к 2014 г. Средние остаточные концентрации метана в газовой толще составляют от 0,016 до 21,89 % объема. В некоторых скважинах концентрации находятся в пределах до 53,68 % объема. Концентрация CO₂ во всех пробах минимальна и составляет в среднем 0,04% объема» [8,32].

2.2.4 Климатические особенности местности

«Основные черты климата – холодная зима, жаркое, сухое лето с большим количеством ясных, малооблачных дней, продолжительная осень, короткая, бурная весна. Весь год наблюдается недостаточность и неустойчивость атмосферных осадков, сухость воздуха, интенсивность процессов испарения. Климатические особенности рассматриваемой территории формируются под воздействием Азиатского материка, переохлажденного зимой и перегретого летом, а также под смягчающим влиянием западного переноса воздушных масс. Участок находится в переходной зоне между областями преобладания одного из влияний. Это обстоятельство проявляется в общем удлинении зимы, сокращении переходных сезонов и возможности глубоких аномалий всех элементов погоды – больших оттепелей зимой, возвратов холода весной, увеличении морозоопасности в начале и конце лета, засухи, возрастаний годовой

амплитуды колебания температуры воздуха. В течение почти всего года преобладает циклоническая деятельность, сопровождаемая усилением западного переноса воздушных масс. Весной имеют место меридиональные переносы, способствующие обмену воздушных масс между севером и югом, что вызывает как интенсивное таяние снега, так и типичные для весны возвраты холодов. Летом погода формируется в основном за счет трансформации воздушных масс в антициклонах из Казахстана, чему способствует большой приток солнечной энергии. Основными климатообразующими факторами являются радиационный режим, т.е. приход-расход лучистой энергии на земной поверхности, особенности циркуляции атмосферы, особенности подстилающей поверхности, распределение водных бассейнов, лесов и травянистой растительности. Климатическая характеристика приводится по данным многолетних наблюдений ближайшей метеостанции – Тольятти» [8].

Уровни загрязнения атмосферы г.о. Тольятти, представлены на рисунке 16. «Во всех районах города отмечено превышение гигиенического норматива по бенз(а)пирену – в 1,8-1,9 раза» [8].

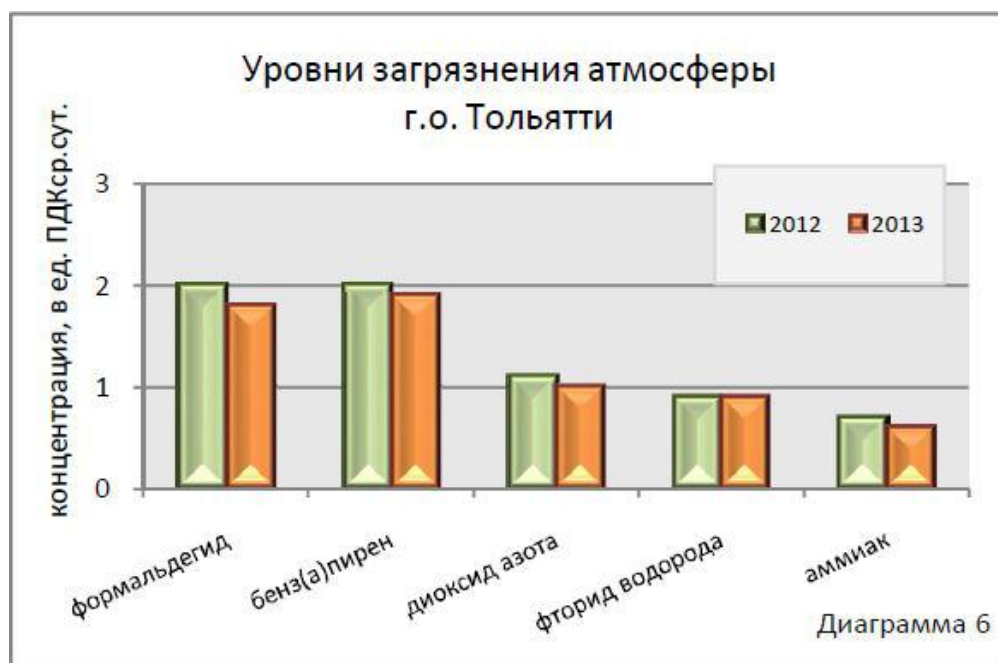


Рисунок 16 – Уровни загрязнения атмосферы г.о.Тольятти

Оценка загрязненности атмосферного воздуха с определением концентраций следующих загрязнителей: сероводород, оксид углерода, диоксид азота, диоксид серы, углеводороды предельные C6-C10, углеводороды предельные C12-C19, метан. Во всех отобранных пробах наблюдается превышение нормативных значений по содержанию углеводородов предельных C12-C19: 3,770 - 11,67 мг/м³ при нормативном значении 1,0 мг/м³. Кроме того в точке № 1 наблюдается превышение ПДК (0,2 мг/м³) по диоксиду азота – 2,0 мг/м³. В точке № 3 отмечено превышение концентрации сероводорода – 0,06 мг/м³ при нормативном значении 0,008 мг/м³.

Результаты оценки показали не соответствие всех отобранных образцов гигиеническим нормам ГН 2.1.6.1338-03 «Предельно-допустимые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест» по содержанию предельных углеводородов C12-C19, а так же по диоксиду азота в точке № 1 и сероводорода в точке № 3.

2.2.5 Геология и почва

«В геологическом строении исследуемой территории в основании полигона ТБО и на прилегающей территории до глубины 10,0 – 27,0 м принимают участие эоплейстоценовые отложения четвертичного возраста (QE), перекрытые пролювиально-делювиальными отложениями (pdQIV) и современными техногенными образованиями (tQIV)».

«С поверхности на участке полигона ТБО вышеописанные отложения перекрыты современными техногенными образованиями (tQIV), которые слагают тело грунтовой насыпи и частичной отсыпкой тело полигона. Грунтовая насыпь отсыпана местными грунтами: песком (ИГЭ-1а) коричневого цвета, пылеватым, мелким; суглинок (ИГЭ-1б) коричневого цвета, мягко-текучепластичной консистенции; песок (ИГЭ-1в) коричневого цвета, средний, плотный, средней степени водонасыщения; супесь (ИГЭ-1г) коричневого цвета пластичной консистенции. По гребню насыпи проходит грунтовая дорога» [8].

«Эоплейстоценовые отложения четвертичного возраста (QE) представлены суглинком твердой, тугопластичной и мягкопластичной консистенции, а так же песками мелкими, средними. Основанием полигона ТБО служат пески мелкие (ИГЭ-3), песок средний (ИГЭ-4), суглинки твердые (ИГЭ-5), суглинки тугопластичные (ИГЭ-6), суглинки мягкопластичные (ИГЭ-7).» [8]

«Грунты основания непрасадочные, ненабухающие. Специфические грунты. На исследуемой территории распространены специфические грунты: техногенные (насыпные) грунты ИГЭ-1а,1б,1в,1г,1д. Насыпные грунты слагают тело насыпной грунтовой насыпи и отсыпку полигона ТБО.» [8]

«Грунтовая насыпь отсыпана местными грунтами песками, супесью, суглинками с уплотнением. С целью оценки степени загрязненности грунтов и геологических элементов под техногенным массивом с определением глубины проникновения фильтрата и области загрязнения подмассивной среды было отобрано 23 пробы грунтов, включая насыпной грунт свалочного тела.» [8].

«Анализ проводился по следующим показателям: сера, фосфор, хлорид-ион, натрий, калий, рН, азот нитритный, азот аммонийный, марганец, медь, цинк, плотный остаток, влажность, плотность, пористость, содержание беззольного вещества».

«Результаты химического анализа отобранных проб природного грунта показали **значительное превышение концентраций**

- **серы – 34-74 ПДК,**
- **марганца – 1,66 – 3,18 ПДК,**
- **цинка – до 9,5 ПДК.**
- **хлоридов, натрия, калия и меди».**

«Формирование массива ТКО сопровождалось увлажнением свалочного тела с поступлением фильтрационных стоков в подмассивную геосреду. В результате, за период эксплуатации в подмассивной толще и

периметральной полосе, сформировалась «линза» загрязненного природного грунта зоны аэрации. Результаты исследований показали значительный уровень деградации подмассивных природных грунтов до глубины распространения инфильтрации поверхностных вод и атмосферных осадков. Ориентировочные границы проекции «линзы загрязнения» подмассивной геосреды выходят за пределы массива свалочного грунта».

2.2.6 Гидрографические и гидрогеологические условия

«Вблизи площадки изысканий поверхностных водных объектов нет. Ближайший поверхностный водный объект р. Волга – Саратовское и Куйбышевское водохранилища. Куйбышевское водохранилище находится на расстоянии 37 км от объекта производства изысканий, Саратовское водохранилище - на расстоянии 24 км. По схеме гидрогеологического районирования России (Средневожская серия ГГК-200, 1998 г.) рассматриваемый район относится к южной части Волго-Сурского артезианского бассейна. В зоне активного водообмена находятся водоносные горизонты и комплексы четвертичных, меловых и верхнепермских отложений. Отложения мелового, позднеюрского и татарского возрастов сложены в основном глинистыми породами и практически безводны».

2.2.7 Химический состав подземных вод

«Основным водоносным комплексом на рассматриваемой территории является водоносный верхнеплиоцен-верхнечетвертичный аллювиальный комплекс (N2+Q). Водовмещающими породами горизонта являются пески разномелнистые. Мощностью 20-310 м, с редкими, обычно не выдержанными по простиранию и мощности прослоями глин. Зеркало подземных вод имеет свободную поверхность и располагается на абсолютных отметках 50-60 м с общим уклоном в сторону водохранилищ. В период производства изысканий в июле-августе 2014 года до глубины 27 м грунтовые воды не вскрыты».

«В 1999 году НПФ «ЭКОС» выполнен «Проект мониторинга подземных вод в районе полигона ТКО с.Узюково». Проектом

предусмотрено обустройство пяти наблюдательных скважин. В ходе рекогносцировочного обследования обнаружено 3 скважины:

- скважина № 2 расположена в 200 м выше по потоку от места впадения отвершка в основное русло оврага Волосяной. Глубина залегания грунтовых вод – 19,4 м;

- скважина № 3 расположена в средней части полигона на правом склоне отвершка в 50 м выше нагорной канавы. Глубина залегания грунтовых вод – 44,9 м.

- скважина № 4 расположена на левом склоне отвершка в месте впадения его впадения в овраг. Глубина залегания грунтовых вод – 37,1 м».

«Для **оценки состояния подземных вод** были отобраны три пробы из указанных наблюдательных скважин. Отбор проб производился в соответствии с ГОСТ 51592-2000, ГОСТ 51593-2000. Анализ загрязненности отобранных проб выполнен аккредитованной испытательной лабораторией НЦПЭ СамГТУ (аттестат аккредитации №РОСС RU.0001.512985 от 28.10.2011г действителен до 28.10.2016г.)» [25-27, 33].

«**Общая жесткость подземных вод составляет до 5,68-5,91 мг-экв./дм³, при ПДК=7,0 мг-экв./дм³».**

«**Содержание марганца в пробе из наблюдательной скважины № 2 составляет 1,563 мг/л, что превышает нормативное значение в 15 раз (ПДК – 0,1 мг/л), в пробе из наблюдательной скважины № 3 – 0,037 мг/л, в пробе из наблюдательной скважины № 4 – 0,186, что так же превышает нормативное значение».**

«**Содержание железа в пробах (наблюдательные скважины № 2,3,4) превышает нормативное значение (ПДК – 0,3 мг/л) и составляет 3,185 мг/л, 10,805 мг/л, 1,578 мг/л соответственно».**

«**Содержание поверхностно-активных веществ в наблюдательной скважине № 2 превышает нормативное значение (ПДК - 0,1 мг/л) и составляет 0,115 мг/л».**

«Качественное состояние подземных вод верхнеплиоцен-верхнечетвертичного аллювиального комплекса не соответствует требованиям ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования». Кроме того, пробы грунтовых вод из 3-х наблюдательных скважин отобраны для оценки агрессивности к бетону и железобетонным конструкциям. Химический анализ выполнялся в лаборатории ООО «ТЕРРА». **«По данным химического анализа (наблюдательная скв. №4, гл. 37,1м) грунтовые воды классифицируются как весьма пресные с общей минерализацией 413 мг/дм³. Грунтовая вода по химическому составу гидрокарбонатная, магниевое-натриевая. По данным химического анализа (наблюдательная скв. №2, гл. 18,0 м) грунтовые воды классифицируются как весьма пресные с общей минерализацией 76 мг/дм³». Грунтовая вода по химическому составу гидрокарбонатно-хлоридная, магниевое-натриевая.**

«На участке исследований на период изысканий (конец июля 2014 г.) **грунтовые воды техногенного происхождения (фильтрат)** вскрыты в скважинах №№ 2, 3, 7, 9 - 11, 18-32, 35, 36, уровень фильтрата установился на глубине 1,2 м (скв.28) – 6,8 м (скв. 23), что соответствует абсолютным отметкам 127,2 – 130,78м, по периметру грунтовой насыпи 2,4 м – 3,0 м, абс. отм.119.15 - 119.74 м. Питание осуществляется в основном за счет инфильтрации атмосферных осадков, подпитка осуществляется преимущественно паводковыми водами». «В ходе производства полевых работ были отобраны 5 проб грунтовых вод техногенного происхождения:

- проба № 1 – колодец возле грунтовой насыпи;
- проба № 2 – скважина 2 на грунтовой насыпи. Глубина залегания – 3м;
- проба № 3 – скважина 31, глубина залегания - 1,4 м;
- проба № 4 – скважина 25, глубина залегания – 2,2 м.
- проба № 5 – скважина 23, глубина залегания 6,8 м.

«Оценка производилась в сравнении с гигиеническим нормативом ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования». Настоящие Нормативы распространяются на воду подземных и поверхностных водоисточников, используемых для централизованного и нецентрализованного водоснабжения населения, для рекреационного и культурнобытового водопользования, а также питьевую воду и воду в системах горячего водоснабжения» [26, 27, 29].

«Химический анализ фильтрата показал значительные концентрации:

- хлоридов - **3,191-2112,82 мг/л при ПДК 350,0** (сравнение производилось с нормативными значениями для объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования);
- железа – **3,051-7,798 мг/л при ПДК 0,30 мг/л;**
- марганца – **0,112-2,939 мг/л при ПДК 0,1 мг/л;**
- сухого остатка – **2740,0-5384,0 мг/л при ПДК 1000,0 мг/л;**
- ХПК – **9831 - 10762 мгО₂/л при ПДК 15,0 мгО₂/л».**

«По химическому составу грунтовые воды преимущественно хлоридногидрокарбонатные натриевые, гидрокарбонатные натриевые, гидрокарбонатные натриевомагниево-натриевые, хлоридно-гидрокарбонатные магниевонатриевые, гидрокарбонатно-хлоридные магниевонатриевые, умеренно-солончатые с минерализацией 4375 - 3739 мг/л, солончатые с минерализацией 5143 - 6517 мг/л, сильносолончатые с минерализацией 10814 - 18240 мг/л» [27, 28].

2.2.8 Отказ от намечаемой деятельности

«При отказе от рекультивации объекта будет продолжаться оказываться негативное воздействие на окружающую среду. В частности, наличие в устье от вершка оврага Волосяной грунтовой насыпи и

сооружений рассеивающего водовыпуска условно-чистого поверхностного стока с периметральной водоотводной дамбы участка, расположенными за границами участка согласно правоустанавливающих документов, частично разрушенных и захламленных отходами, не обеспечивает их нормальный эксплуатационный режим» [8].

2.3 Основные этапы биоремедиационных работ

Основные этапы биоремедиационных работ представлены на рисунке 17.

**1 Этап
Первичное
обследование:
характеристика
загрязненного участка
и планирование
биоремедиационных**

Проводится гидрогеологическая разведка, определяются зоны загрязнения и концентрации поллютанта в почве, оценивается агротехническое состояние почвы, выполняются санитарно-гигиенические исследования.

Используются карты и разрезы, на которых имеются сведения о гидрогеологических и гидрохимических условиях: геологическая, геоморфологическая и гидрогеологическая карты, карты почв и грунтовых вод, минерализации и химического состава грунтовых вод, засоления пород зоны аэрации, засоления почв с масштабом, позволяющим локализовать загрязненные участки. Используются буровые скважины, мониторинговых колодцев. По результатам определяют:

— преобладающие типы и подтипы почв, и их распределение в контаминированной зоне; состояние растительного покрова, степень деградации, эродированность почвенного покрова и характер эрозионных процессов, их интенсивность;

— хозяйственное использование земель, водный режим (промывной, непромывной), проводились ли мелиоративные работы на участке;

— уровень залегания и характер движения грунтовых вод;

— вид загрязнения, класс токсичности поллютанта, площадь и глубину распространения загрязнений, распределение загрязняющих веществ по почвенному профилю, скорость их миграции, уровни загрязнения почвы;

— степень закисления поверхностных и подземных вод, почвенного покрова, окислительно-восстановительные условия в контаминированной зоне, азрированность, содержание общего, аммонийного, нитратного азота, подвижного фосфора и подвижного калия, карбонатов и гидрокарбонатов, состав и общее содержание солей в водных вытяжках, их буферность, щелочность, типоморфные элементы или ионы; водопроницаемость и влагоемкость почвы, ее структуру, степень плодородия;

— целесообразность использования структураторов и мелиорантов, наличие в близлежащей местности ресурсов природных материалов, различных отходов, пригодных для мелиорации и рекультивации;

— наличие и количество микроорганизмов-деструкторов загрязнений на обследуемом участке, их активность, распределение численности по почвенному профилю;

— наличие или отсутствие санитарно-показательных микроорганизмов и патогенов для человека, животных и растений; факторы, которые могут либо неблагоприятно влиять на биологическую активность микроорганизмов-деструкторов, либо способствовать развитию нежелательных микроорганизмов.

Обследованный участок разделяют на зоны по уровню загрязненности.

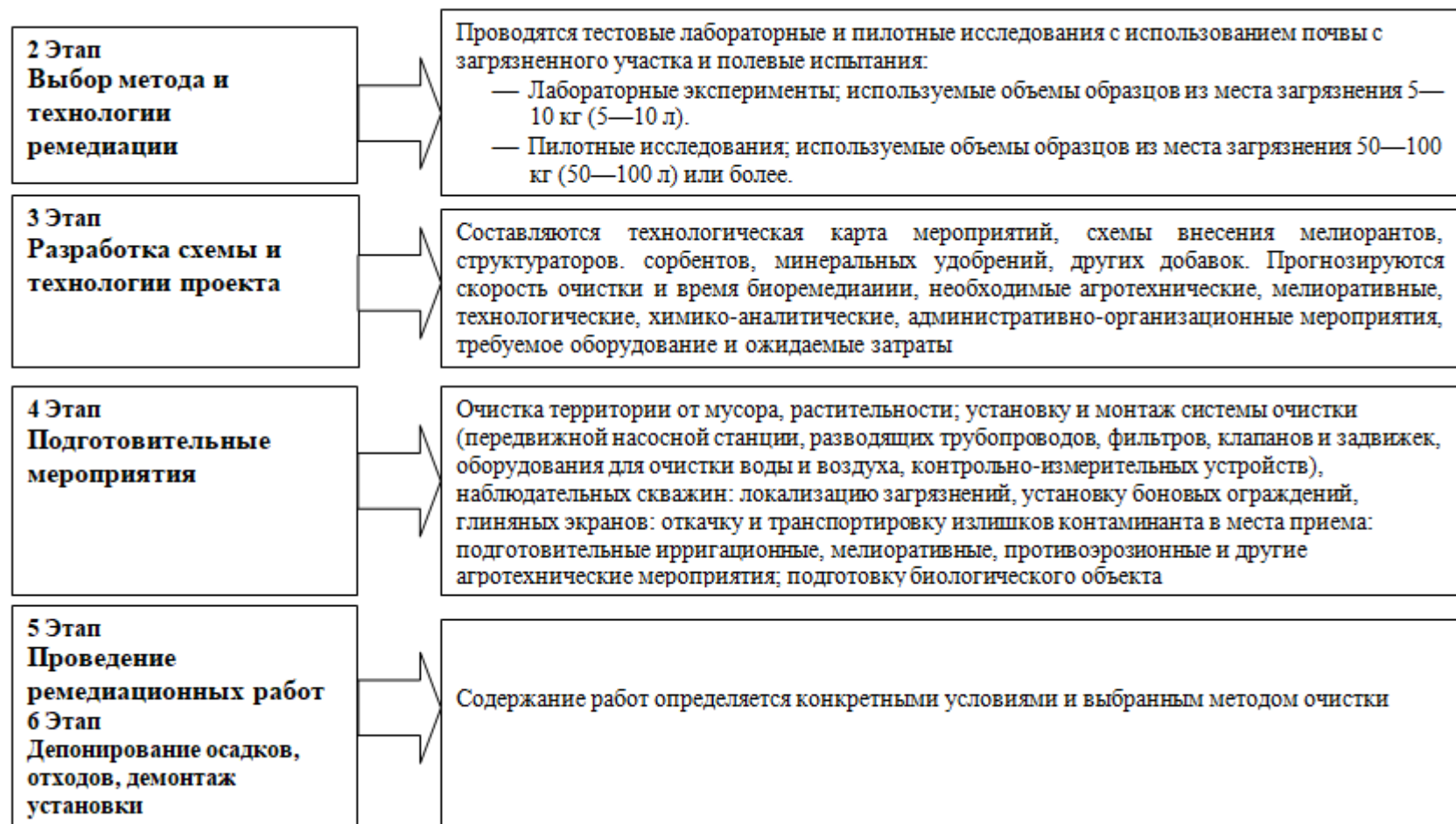
Категория 1. Чистая почва — концентрация загрязнений ниже порогового уровня. Почва может использоваться для выращивания сельскохозяйственных культур.

Категория 2. Концентрация загрязнений в почве и в выщелаченных растворах ниже порогового уровня. Почва может быть использована для агротехнических или рекреационных целей.

Категория 3. Концентрация загрязнений в почве ниже порогового значения, однако, концентрация в дренажных растворах превышает пороговый уровень. Почва может быть использована для агротехнических целей при ограничении доступа на участок.

Категория 4. Концентрация загрязнений выше порогового уровня, но не превышает уровня токсичности для почвенной биоты. Возможно использование биоремедиационных методов очистки. Доступ на участок ограничен.

Категория 5. Концентрация загрязнений выше порогового уровня и превышает уровень токсичности для почвенной биоты. Для первичной очистки возможно использование только небиологических методов.



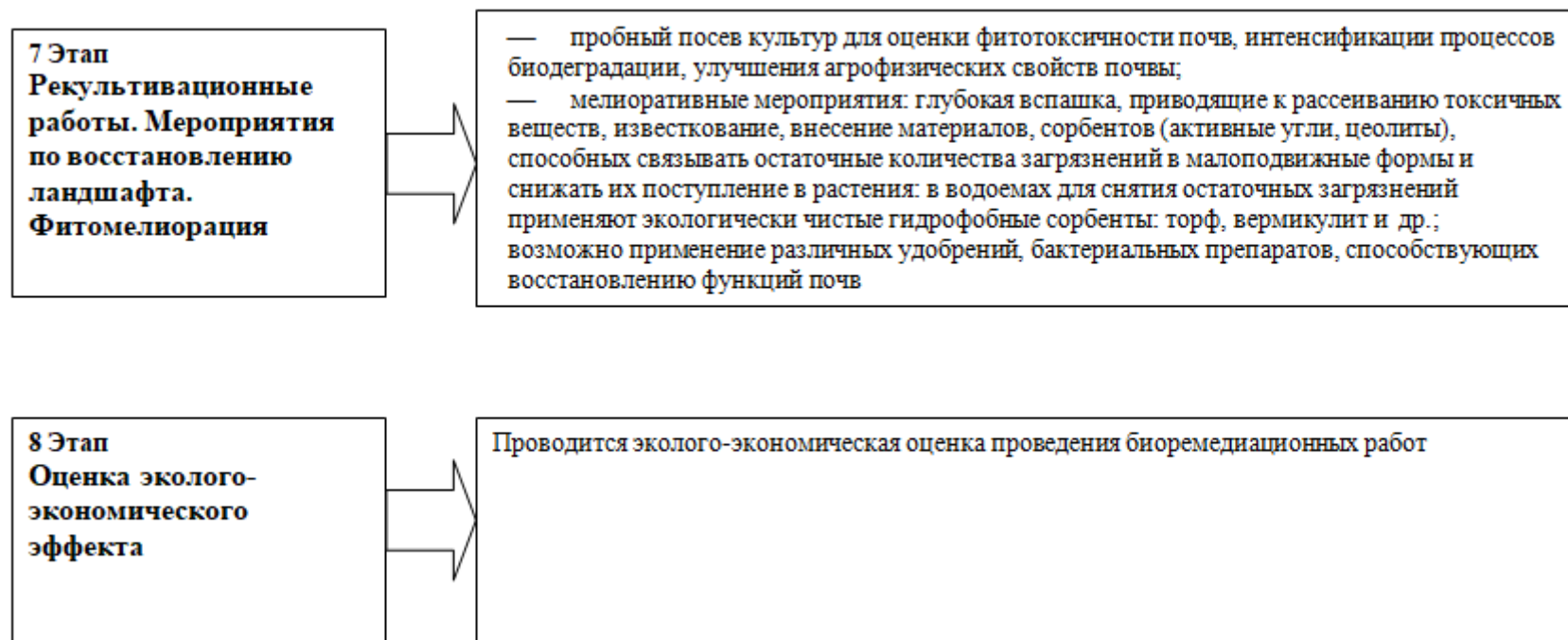


Рисунок 17 - Этапы и содержание биоремедиационных работ

2.4 Основные технологические решения по реализации намечаемой деятельности по рекультивации полигона «Узюково»

Технологическая последовательность производства работ обеспечивается в составе следующих этапов: подготовительный, основной технологический, постликвидационный.

Подготовительный этап

1. Расчистка обочин подъездной дороги на асфальтовом покрытии от кустарника и навалов отходов.

2. Расчистка навалов отходов по периметру участков складирования для устройства временной технологической дороги.

3. Расчистка существующих водоотводных канав и водовыпусков от несанкционированных навалов отходов. Частичное восстановление покрытия водоотводных канав.

4. Откачка фильтрата (отжимной воды) из выемки карты 5 (с) с вывозом на очистные сооружения СК, КуАЗ.

5. Поэтапное уплотнение (уплотнение и вертикальная планировка) поверхности свалочного тела с ликвидацией неровностей, образовавшихся в результате несанкционированных раскопов и выгорания отходов за период с 2004 по 2014 гг с выходом на переменную отметку 122.50-136.50.

6. Устройство подъездов с разворотными площадками к свалочному телу со стороны временной технологической дороги.

Основной технологический этап

1. Усиление устойчивости грунтовой насыпи в устье отвержка оврага Волосяной путем досыпки грунта с низовой стороны грунтовой насыпи до заложения откоса 1:5. Крепление откоса выполняется с использованием георешетки.

2. Подъем гипсометрических отметок поверхности свалочного тела до значений 141,20 – 131,00 м для предотвращения поступления талого и дождевого стока в тело полигона, планировка поверхности и формирование

откосов с заложением 1:4. Для засыпки полигона используются природный грунт или грунтоподобные рекультивационные материалы на основе отходов 4-5 классов опасности.

3. Организация системы пассивной дегазации свалочного тела путем устройства сети газодренажных скважин.

4. Создание защитного экрана поверхности полигона с использованием природных грунтов, грунтоподобных рекультивационных материалов техногенного происхождения, геосинтетических материалов, а также привозных грунтов.

Постликвидационный этап

Постликвидационный этап включает работы по ведению мониторинговых исследований в течение 5 лет после проведения рекультивационных работ на объекте.

Компактирование поверхности свалочного тела

Компактирование свалочного грунта с засыпкой выемок производится одновременно с вертикальной планировкой и предназначено для сокращения объема разуплотненных в ходе экскавации отходов. Уплотнение свалочного грунта выполняется слоями с использованием компрессора типа марки РЭМ-25. Компрессор обеспечивает уплотнение свалочного грунта до 30%.

Организация дорожно-транспортной сети

По завершению расчистки периметральной полосы полигона от навалов мусора и компактирования массива, по периметру устраивается технологическая дорога. С технологической дороги к свалочному телу устраивают подъезды с разворотными площадками, размерами в плане 20x20 м. Ширина дорог вместе с обочинами – 7,5 м. Ширина дорог по щебеночному покрытию – 4,5 м. Ширина обочин с каждой стороны дороги – 1,5 м. Работы по устройству технологической дороги и разворотных площадок следует производить в следующей последовательности:

- планировка территории бульдозером (устройство насыпей, срезок);
- устройство песчаного основания под щебеночное покрытие;

- устройство щебеночного покрытия.

Уплотнение грунта и щебеночного покрытия производить катками массой до 10,0 т (количество проходов 4 – 6 по одному следу). Степень уплотнения грунтов должна соответствовать коэффициенту уплотнения $K=0,95$.

Противоэрозионные мероприятия

«Противоэрозионная георешетка предназначена для предотвращения «смыва» плодородного грунта периметральной полосы массива ТБО поверхностным стоком прилегающей территории. Противоэрозионные георешетки (типа Fortrac 3D-40, ArmatexG 3D) изготавливаются из высокомолекулярного сырья низкой ползучести, и могут выдерживать чрезвычайно высокие нагрузки и экстремальные колебания температур, почти не изменяя свои характеристики».

«Георешётки укладываются горизонтально, без складок, с максимальным смещением не более 5 см на 5 м и, перед засыпкой заполняющим материалом, выпрямляются и слегка натягиваются с помощью закрепляющих колышков или растягивающего приспособления».

Устройство гидроизоляционного экрана

«Дренажная геомембрана предназначена для ограничения притока атмосферных осадков в тело массива ТБО и, как следствие, уменьшения количества образующейся отжимной влаги. Мембрана выполнена из ПВП с двойным механическим замком, гидроизоляционным швом и геотекстилем (полипропилен). Соединение соседних полотен полиэтиленовой пленки в полотнища производится при помощи двойного замка, наложением их друг на друга на расстояние, как минимум 0.20 м, при этом выступы верхнего листа заходят в соответствующие гнезда нижнего». «Шов соединения закрепляется нанесением на него самоклеящейся ленты. Поперечные швы соседних рядов должны быть смещены относительно друг друга по меньшей мере на 0,50м. При укладке пленки предусмотреть устройство компенсирующей складки длиной не менее 0,25 м (за образец взята

гидроизоляционная мембрана Тefonд). При укладке противоэрозионной георешетки и гидроизоляционной мембраны по периметру предусмотрено устройство анкерной канавы для их крепления. Укладка гидроизоляционной мембраны производится простой раскаткой рулона, перехлестом краев нетканого геотекстиля, их фиксации и засыпки грунтом. Полотна гидроизоляционной мембраны раскраиваются обычным ножом».

«Укрепление откосов объемной георешеткой»

«Объемная георешетка применяется для укрепления откосов земляного полотна, а также для повышения устойчивости к эрозии. Она представляет собой ячеистую гибкую конструкцию, состоящую из полимерных лент, скрепленных между собой. Ленты соединяются в особой последовательности при помощи термоультразвуковых швов». «Модули объемной георешетки закрепляются и заполняются, чтобы образовать плиту, способную перераспределять нагрузки. С помощью такого решения увеличивается срок службы конструкций и их прочность». «Для укладки георешетки её крайние ячейки надевают на анкера, растягивают георешетку в противоположном направлении и закрепляют анкерами. Соседние секции также предварительно скрепляют анкерами, после чего выполняют окончательное скрепление соседних ячеек полимерными хомутами либо специальными скрепками с помощью степлера в каждой ячейке в нескольких местах по ее высоте примерно через 2,5 см» [8]. Соединение хомутами более долговечно и не требует специальных приспособлений. «Засыпку заполнителя (природный грунт) выполняют с помощью экскаватора или погрузчика, не допуская падения грунта с высоты более 1,0 м» [8]. Планировку материала выполняют вручную, уплотнение - при помощи ручных трамбовок. Высота слоя грунта-заполнителя в уплотненном состоянии в пределах наклонной поверхности должна примерно соответствовать высоте ячейки. На откосах и горизонтальных поверхностях 1 и 2 ярусов выполнить заполнение объемной георешетки минеральным грунтом с посевом многолетних трав.

Ведение мониторинговых исследований

«Предложения к программе экологического мониторинга разработаны в соответствии с «Рекомендации по организации экологического мониторинга и производственного экологического контроля полигонов захоронения твердых бытовых и промышленных отходов», утв. Федеральным центром благоустройства и обращения с отходами 15.03.2005 г, (№84/05-05).»

Мониторинг почвенного покрова.

«Все работы в сфере проведения мониторинга почвенного покрова необходимо выполнять с учетом требований раздела 6 СП 11-102-97 «Инженерно-экологические изыскания для строительства» (Госстрой России, 1997 г.), а так же с использованием следующих основных нормативно-правовых документов: РД 39-0147098-015-90. Инструкция по контролю за состоянием почв на объектах предприятий Миннефтегазпрома СССР. - Уфа, ВостНИИТБ, 1990; РД39-0147098-004-88. Методика оценки современного состояния и прогнозирования нарушения, загрязнения земель вредными веществами и разработка рекомендаций по землеохранным мероприятиям в нефтяной промышленности до 2015 г. - Уфа, ВостНИИТБ, 1989.; Методические рекомендации по выявлению деградированных и загрязненных земель. Письмо Роскомзема № 3-15/582 от 27.03.1995 г.; Федеральный перечень методик выполнения количественных измерений, допущенных к применению при выполнении работ в области мониторинга загрязнения окружающей среды. – М.: Госстандарт России, 1996.»

«Мониторинг атмосферы».

«Сеть наблюдений на объекте производства работ должна состоять из контрольных точек для отбора проб воздуха в приповерхностном слое (0,4-0,6 м) и приземном слое (до 1,5 м). Расположение контрольных точек выбирается с учетом преобладающего направления ветра. Контрольные точки располагаются в границах сформированного массива, на границе СЗЗ (четыре точки по основным румбам), а так же на территории за границей СЗЗ – в ближайшем населенном пункте».

«Основными загрязняющими веществами, требующими постоянного мониторинга являются: метан, сероводород, ЛОС (бензол, толуол, ксилол, этилбензол). Контроль выбросов вредных веществ в атмосферу должен быть осуществлен согласно РД 52.18.595-96 «Федеральный перечень методик выполнения измерений, допущенных к применению при выполнении работ в области мониторинга загрязнения окружающей и природной среды».

Мониторинг подземных вод.

Основными контролируруемыми загрязнителями являются: железо общ., цинк, азот аммонийный, хлориды, нитраты и нитриты. Кроме того необходимо оценка БПК, ХПК и pH.

2.4.1 Технологическая схема очистки почвы полигона методом промывки и отдувкой

«Промывка загрязненной почвы с последующей обработкой промывных вод. Загрязнение удаляется за счет его конвективного транспорта, как правило, с грунтовыми водами, которые откачиваются через пробуренные скважины, прорытые траншеи или колодцы на разных уровнях или инфильтруются под действием естественного гидравлического напора в сборные коллекторы» [8].

«Для уменьшения расхода и очистки откачиваемой воды могут использоваться установки, монтируемые рядом с загрязненным участком. ПАУ, в частности, удаляют из воды с помощью адсорбентов. Очищенная вода закачивается обратно в водоносный горизонт».

«Для удаления органических загрязнений используются также методы отдувки воздухом или паром (вентилирование, барботирование), откачки жидкой фазы под вакуумом, откачки газовой среды под вакуумом (вакуумной дегазации), направленной циркуляции, основанные на развитии техники конвективного транспорта». Конструкции экстракционной и инъекционной скважин представлены на рисунке 18.

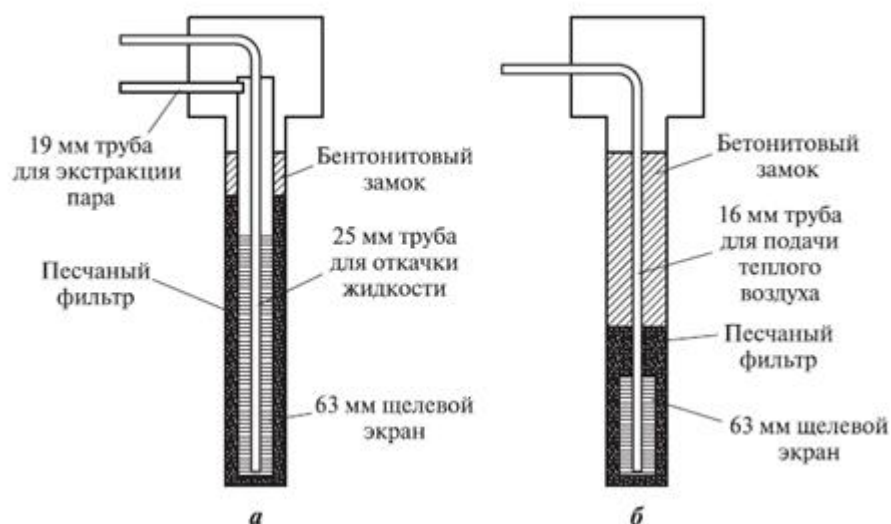


Рисунок 18 - Конструкция экстракционной (а) и инъекционной (б) скважин

«Предложено несколько путей интенсификации процесса отдувки загрязнений. По одному из вариантов нагнетание и откачку воздуха осуществляют через одну и ту же скважину специальной конструкции (рисунок 19). Ремедиационная скважина имеет верхний и нижний воздухопроницаемые слои гравия, каждый из которых отдельно связывается с одним и тем же вентилятором, расположенным на поверхности земли. Это позволяет извлекать воздух через каждый из слоев отдельно или из обоих одновременно. Воздух, извлеченный через один слой, после очистки на фильтре с активным углем или каталитическим окислителем реинжектируется под поверхность через другой слой. В результате возникает вертикальная циркуляция воздуха вблизи скважины».

«Если нижний уровень скважины находится в насыщенной водой зоне, то воздух откачивается через нижний слой. Он поднимается в виде пузырьков вдоль скважины и вызывает направленную циркуляцию грунтовой воды (в результате эффекта аэрлифта) вокруг скважины, способствующую миграции загрязнений в зону отдувки. Скорость отдувки при этом повышается в 2–3 раза по сравнению с методом экстракции паров через скважины без создания направленной циркуляции. Нагнетание и

откачка воздуха поочередно через верхний и нижний сегменты скважины позволяют более равномерно очищать все слои vadозной зоны».

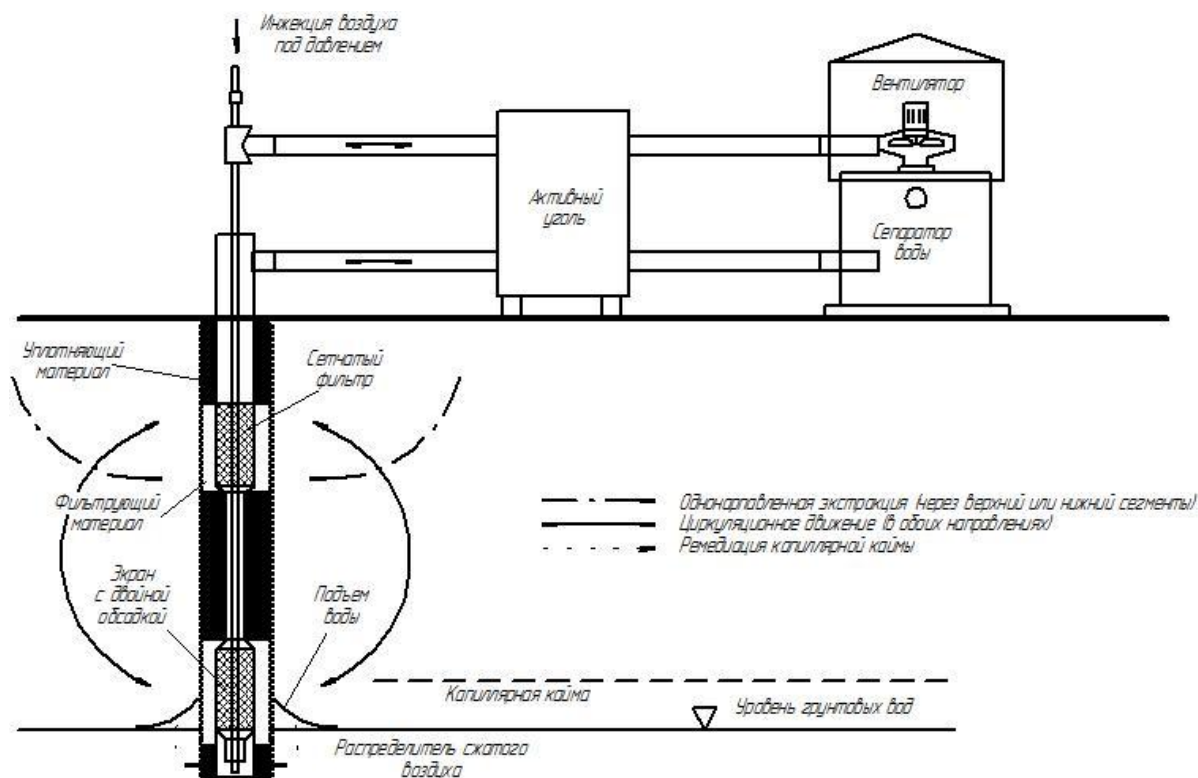


Рисунок 19- Схема системы вентиляции с нагнетанием и откачкой воздуха через одну и ту же скважину

Материальный баланс для предлагаемой технологии: пусть Q – масса воздуха, поступающая от вентилятора и закачиваемая в скважину под давлением P . Для простоты расчётов предположим, что в забое скважины и наверху температура будет одинаковой.

В этом случае

$$Q = P \cdot V \cdot 29/22,4, \quad (1)$$

где V – объём закачиваемого воздуха в скважину при давлении P в течение часа,

29 кг – масса одного киломоля воздуха при нормальных условиях,

29/22,4 – масса 1 кубометра воздуха при нормальных условиях, кг.

Обозначим Q_1 – масса неочищенной воды, поступающей на фильтр, кг в час.

Q_2 – масса примесей, поглощаемых фильтром, кг/час.

Следовательно, с сепаратора выводится $Q_1 - Q_2 = Q_3$ кг/час очищенной воды.

Если пренебречь растворимостью воздуха в воде, то его количество, забираемое вентилятором, будет равно Q , кг/час.

При этих условиях материальный баланс процесса будет описываться следующим уравнением

$$Q + Q_1 = Q_2 + Q_3 + Q \quad (2)$$

2.5 Обоснование решений по защите прилегающей территории от поступления загрязненного поверхностного стока с территории полигона на период производства восстановительных работ

Поступление загрязненного стока на прилегающую территорию будет возможным в период производства работ по подъему высотных отметок массива, когда поверхность отходов еще не изолирована экраном. При этом, на прилегающую полосу возможно поступление смеси новых порций атмосферных осадков и загрязненной отжимной воды (фильтрата) с территории карт 3 - 5 (с) в период их заполнения рекультивационными материалами. Мероприятия по защите периметральной полосы от поступления загрязненных стоков производятся на подготовительном этапе рекультивации. При этом, после планировки уплотненных ТКО и до укладки рекультивационных слоев на их поверхность, контур каждой очереди открытого массива обустраивается защитными грунтовыми валиками, высотой не менее 0,5 м.

Отжимная вода (фильтрат) откачивается и вывозится автобойлерами. Откачка производится из колодца, расположенного на территории карты 5 (с), в непосредственной близости от бермы грунтовой насыпи.

2.5.1 Земляные работы по усилению устойчивости грунтовой насыпи

Земляные работы по усилению устойчивости грунтовой насыпи необходимо выполнять в соответствии с требованиями соответствующих глав СП 45.13330.2012 «Земляные сооружения, основания и фундаменты». Актуализированная редакция СНиП 3.02.01-87». Доставка минерального грунта для формирования откоса насыпи 1:4 осуществляется из карьера автосамосвалами на базе КамАЗ-5511 грузоподъемностью 10,0 т (объем перевозимого грунта в кузове автосамосвала - 6,25 м³). Планировку насыпи рекомендуется осуществлять бульдозерами типа ДЗ 27.

Уплотнение слоев грунта в насыпи производить при помощи механизированной техники электротрамбовками типа ИЭ 4503 (производительностью 6,0 м³/ч), виброплитами (производительностью 550,0 м²/ч). Степень уплотнения грунтов должна соответствовать коэффициенту уплотнения $K=0,95$.

2.5.2 Обоснование выбора варианта намечаемой хозяйственной деятельности

Реализация разработанных технических решений в составе намечаемой деятельности должна обеспечивать:

- локализацию источника негативного воздействия – массива твердых бытовых отходов;
- обеспечение возможности целевого использования рекультивированной территории после окончания работ в народном хозяйстве;
- сокращение объемов использования природных почвогрунтов при формировании экранов технической и биологической рекультивации массива твердых бытовых отходов на основе отходов 4-5 классов опасности.

2.5.3 Оценка возможного воздействия намечаемой деятельности на атмосферный воздух

Качественный и количественный состав выбросов вредных веществ, поступающих в атмосферу от полигона ТБО, определен расчетным методом по утвержденным методикам и на основании инструментальных замеров. «Для предотвращения неконтролируемой эмиссии свалочного газа в окружающую среду в целях экологической безопасности, обеспечения пожаро- и взрывобезопасности полигона проектом предусматривается организация дегазации свалочного тела. В связи с относительно низким газообразованием по сравнению с периодом активной работы полигона, незначительным содержанием в выделяющемся свалочном газе метана в проекте предусматривается пассивный метод дегазации. Пассивная дегазация свалочного тела осуществляется путем устройства сети газодренажных скважин. Скважины устраиваются по завершению планировки слоя ТБО и устройства над ним слоя технической рекультивации (проведения дозагрузки)».

При проведении рекультивационных работ выброс загрязняющих веществ составит: валовый - 234,5660433 т/год, максимально разовый – 14,0406791 г/с (в атмосферу выбрасываются загрязняющие вещества 13 наименований 2 – 4 класса опасности).

Результат расчета рассеивания приземных концентрации загрязняющих веществ, выбрасываемых при производстве работ, показал, что по всем веществам и группам суммаций приземная концентрация составляет менее 0,1 ПДК. В соответствии с Санитарно-эпидемиологическими правилами и нормами СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» (Новая редакция) (раздел 7.1.12), полигон твердых бытовых отходов относится к предприятиям 1 класса опасности с размером санитарно-защитной зоны (СЗЗ) 1000 м.

2.5.4 Оценка возможного воздействия намечаемой деятельности на поверхностные и подземные воды

Определение расчетного суточного расхода воды на питьевые, хозяйственно-бытовые и производственные нужды работающих выполнено согласно СанПиН 2.2.3.1384-03 «Гигиенические требования к организации строительного производства и строительных работ», МДС 12-46.2008 «Методические рекомендации по разработке и оформлению проекта организации строительства». Среднее количество питьевой воды, потребной для одного работающего в летний период, определяется из расчёта 3,5 л/сутки. Среднее количество питьевой воды, потребной для одного работающего в зимний период, определяется из расчёта 1,5 л/сутки. Расход воды на противопожарные нужды принят из расчета 20 л/с при площади застраиваемой территории до 50 га. Потребность в ресурсах определена на максимально загруженный год строительства на основании физических объемов и темпов работ.

2.5.5 Оценка возможного воздействия намечаемой деятельности на почвенно-земельные условия района

Общая площадь объекта производства работ в пределах заявленной границы составляет 32,0 га. Ориентировочный объем свалочной массы различной степени разложения составляет 2,лн. м³ при переменной глубине напластования 2,2-11,5 м. Класс опасности наиболее крупнотоннажных видов отходов, формирующих полигон – IV и V. При производстве работ предусмотрены земляные работы по организации:

- планировки свалочного грунта;
- разработки природного загрязненного грунта периметральной полосы полигона;
- досыпки технологической дороги природным загрязненным грунтом.

Дополнительный землеотвод для производства работ по рекультивации массива существующего объекта размещения отходов не требуется.

Потребности в земельных ресурсах

Основная потребность природных грунтовых материалов определяется формированием многофункционального покрытия в составе:

- минерального грунта толщиной 0,3 м для создания выравнивающего слоя по откосам и спланированной поверхности массива при укладке дренажной геомембраны на этапе технической рекультивации;

- природного почвогрунта толщиной слоя 0,5 м для заполнения объемной георешетки при формировании слоя биологической рекультивации по откосам и спланированной поверхности массива.

В целях обеспечения качества работ по благоустройству и озеленению объекта поставляемая продукция должна иметь гигиенические заключения Роспотребнадзора по Самарской области, сертифицирована и соответствовать действующим санитарно-гигиеническим стандартам.

2.5.6 Способ обработки рекультивируемых полигонов твердых бытовых отходов и свалок

Способ предусматривает внесение смеси двух накопительных культур метанотрофных бактерий, полученных при культивировании смеси суспензии покрывающей почвы полигона и минеральной среды во флаконах с газовой фазой, содержащей метан, температуре 20°C в течение одного месяца и при температуре 10-15°C в течение двух месяцев. Содержимое флаконов используют в качестве инокулята для пересева во флаконы большего объема. Выросшие в этих флаконах накопительные культуры используют в качестве инокулята для посева в ферментеры, работающие в режиме периодического культивирования при температурах 15 и 20°C с постоянным продувом среды метано-воздушной смесью. После достижения концентрации клеток 10^8 на мл среды накопительные культуры смешивают в равных объемах, центрифугируют, осадок суспендируют в 1 л воды, полученный концентрат разбавляют водой и вносят в свеженасыпанный грунт, используемый для формирования покрывающей почвы полигона ТБО

или свалки, путем проделывания в грунте бороздок глубиной 5-10 см, наливания в них концентрата и присыпки сверху слоем грунта. 1 табл. Почву покрывающего слоя полигона ТБО в количестве 10 г растирают в фарфоровой ступке до однородного состояния с добавлением 20 мл воды. Полученную почвенную суспензию в объеме 2 мл вносят шприцом в каждый из десяти герметично закрытых резиновыми пробками и алюминиевыми колпачками флаконов на 100 мл с 20 мл минеральной среды «П» [6] и газовой фазой, содержащей 20% метана и 80% воздуха. Метан является единственным субстратом (источником углерода и энергии) для роста метанотрофных бактерий. Флаконы культивируют при комнатной (20°C) температуре в течение одного месяца и при пониженной (10-15°C) температуре в течение двух месяцев. Культивирование при двух температурах позволяет получить и накопить как мезофильные, так и психроактивные (способные расти при низких температурах) метанотрофные бактерии, которые будут активны в условиях, приближенных к естественным на свалке. Наличие роста метанотрофных бактерий определяют по увеличению оптической плотности среды (фотоэлектрокалориметрически) и исчерпанию метана (газохроматографически) из газовой фазы во флаконах. Содержимое флаконов используют в качестве инокулята для пересева во флаконы большего объема (на 500 мл) с той же средой и газовой фазой. Выросшие в этих флаконах накопительные культуры метанотрофных бактерий используют в качестве инокулята для посева в 10-литровые ферментеры «Биостат Е» (Германия), работающие в режиме периодического культивирования с постоянным продувом толщи среды метано-воздушной смесью (20-80%) при 15 и 20°C. После достижения общей концентрации клеток 10^8 на мл среды накопительные культуры смешивают в равных объемах. Для удобства перевозки смесь накопительных культур центрифугируют для уменьшения объема при 9 тыс.об. в мин в течение 30 минут. Осадок суспендируют в 1 л воды и полученный концентрат перевозят на полигон. Концентрат разбавляют водой до первоначального объема 20

литров и используют для внесения в грунт при формировании поверхностного слоя почвы свалки. Для этого с поверхности полигона снимают покрывающую почву до запирающего грунта или до свалочного тела и засыпают свежим грунтом. В свеженасыпанном грунте проделывают бороздки глубиной 5-10 см, наливают в них накопительную культуру и присыпают сверху дополнительно 5-сантиметровым слоем грунта. Объемом 20 л смеси накопительных культур достаточно для полива участка свалки площадью 30 м². В данном примере обработка проводилась в середине сентября, контроль количества метанотрофных бактерий и эмиссии метана проводился через полтора месяца в конце октября. Несмотря на прохладное время года, через полтора месяца после обработки численность метанотрофных бактерий в поверхностном слое почвы свалки увеличилась в 2,7 раза и в 3,8 раза уменьшилась эмиссия метана в атмосферу (таблица 13).

Таблица 13 - Влияние обработки участков полигона ТБО смесью накопительных культур на численность метанотрофных бактерий и эмиссию метана

Участок полигона ТБО	Измеряемые параметры	Перед обработкой свеженасыпанного грунта	Через полтора месяца после обработки
Экспериментальный участок, обработанный смесью накопительных культур	Количество метанотрофных бактерий, клеток на г сырой почвы	$4,5 \cdot 10^3$	$1,2 \cdot 10^4$
Эмиссия метана, мг С на м ² в час	907	239	
Контрольный участок, обработанный водой	Количество метанотрофных бактерий, клеток на г сырой почвы	$4,4 \cdot 10^3$	$4,9 \cdot 10^3$
Эмиссия метана, мг С на м ² в час	859	832	

Таким образом, получение накопительных культур, состоящих из активных мезофильных и психроактивных метанотрофов, выделенных из

покрывающей почвы полигона ТБО, позволяет во время рекультивации полигонов и свалок, при внесении их вместе с грунтом, активизировать процесс метаноокисления и уменьшить эмиссию метана.

На крупных полигонах ТБО с высокой интенсивностью образования биогаза возможно эффективно использовать различные технологические приемы, связанные с отводом и утилизацией образующегося в свалочном теле биогаза. Однако даже в случае использования наиболее современных методов собирается не более 40-60% его количества и биогаз имеет высокую себестоимость [1, 2]. На небольших или старых полигонах, где процесс генерации метана снижается, этот метод становится неэффективным.

Поэтому одним из перспективных современных подходов в снижении эмиссии метана, особенно на небольших или старых полигонах, может являться стимуляция его микробного окисления в поверхностных слоях отложений. Как известно, от 10 до 53% метана свалок может окисляться микробиологическим путем. В покрывающем слое почвы полигонов ТБО обнаружено большое видовое разнообразие метанооксиляющих микроорганизмов (метанотрофных бактерий), численность которых может достигать высоких величин (10^7 - 10^9 клеток на г сырой почвы), что вполне достаточно для создания активного микробного окисляющего фильтра [3].

В связи с растущей стоимостью земли в черте города и непосредственно рядом с ним все чаще проводится рекультивация полигонов и свалок с целью создания рекреационных зон или даже площадок под застройку. При этом нарушается покрывающий слой, содержащий метанотрофные бактерии, что приводит к остановке окисления метана и увеличению его эмиссии. В этом случае внесение извне метанотрофных бактерий может быстро формировать микробный метанооксиляющий биофильтр взамен микробной популяции, частично или полностью утраченной во время повреждения покрывающей почвы при рекультивации. В лабораторных экспериментах с садовой почвой было показано увеличение скорости окисления метана при внесении в нее накопительной культуры

метанотрофных бактерий, выделенной из осадков иловых чехов [4]. В качестве прототипа выбран способ обработки свалок промышленно-бытовых отходов путем внесения реагентов, в качестве которых использовали гидролизованные алюмосиликаты. При этом происходило защелачивание и обезвреживание свалки [5].

Задачей изобретения является разработка способа обработки рекультивируемых полигонов ТБО и свалок, при которой происходит уменьшение эмиссии метана. Поставленная задача достигается тем, что в качестве реагентов для обработки используют смесь двух накопительных культур метанотрофных бактерий, полученных при раздельном культивировании покрывающей почвы полигона на минеральной среде с использованием метана в качестве единственного источника углерода и энергии при температурах 10-15°C и 20-25°C. Накопительные культуры, выращиваемые при разных температурах, пересевают несколько раз, доводят до одинакового количества клеток в мл и смешивают в соотношении 1:1 (по объему). Обработке подвергают рекультивируемые полигоны ТБО или свалки. Обработку можно проводить в течение всего вегетационного периода: как во время теплого сезона (летом), так и в прохладное время года (весной и осенью). Смесь накопительных культур вносят в свеженасыпанный грунт, используемый для формирования покрывающей почвы полигона ТБО или рекультивируемой свалки. В результате такой обработки через один-два месяца численность метанотрофных бактерий в поверхностном слое почвы увеличивается примерно в 2,5-3 раза и примерно в 3,5-4 раза уменьшается эмиссия метана в атмосферу.

Способ обработки рекультивируемых полигонов твердых бытовых отходов (ТБО) и свалок, предусматривающий внесение реагентов, отличающийся тем, что в качестве реагентов используют смесь двух накопительных культур метанотрофных бактерий, полученных при культивировании смеси суспензии покрывающей почвы полигона и минеральной среды во флаконах с газовой фазой, содержащей метан, при

температуре 20°C в течение одного месяца и при температуре 10-15°C в течение двух месяцев, после чего содержимое флаконов используют в качестве инокулята для посева во флаконы большего объема с той же средой и газовой фазой, при этом выросшие в этих флаконах накопительные культуры метанотрофных бактерий используют в качестве инокулята для посева в ферментеры, работающие в режиме периодического культивирования при температурах 15 и 20°C с постоянным продувом среды метано-воздушной смесью, причем после достижения общей концентрации клеток 10^8 на мл среды, накопительные культуры смешивают в равных объемах, центрифугируют при 9000 об/мин в течение 30 мин, осадок суспендируют в 1 л воды, полученный концентрат разбавляют водой до первоначального объема и вносят в свеженасыпанный грунт, используемый для формирования покрывающей почвы полигона ТБО или свалки, путем проделывания в грунте бороздок глубиной 5-10 см, наливания в них концентрата накопительных культур и присыпки сверху слоем грунта.

2.5.7 Разработка схемы рекультивации полигона и обоснование создания поверхностного защитного покрытия тела полигона

Рекультивация полигонов содержит комплекс природоохранных и инженерно-технических мероприятий, направленных на восстановление территорий, занятых под полигон с целью дальнейшего их использования. Работы по рекультивации полигонов составляют систему мероприятий, осуществляемых в период строительства, эксплуатации и закрытия полигона.

Направление рекультивации определяет дальнейшее целевое использование рекультивируемых территорий в народном хозяйстве. Рекультивация полигонов состоит из двух этапов: технического и биологического.

Технический этап заключается в разработке технологических и строительных мероприятий, решений и конструкций по устройству

защитных экранов основания и поверхности полигона, сбору и утилизации биогаза, сбору и обработке фильтрата и поверхностных сточных вод.

Биологический этап рекультивации предусматривает агротехнические - фитомелиоративные мероприятия, направленные на восстановление нарушенных земель. Биологический этап осуществляется вслед за инженерно-техническим этапом рекультивации [8].

Рекультивация проводится по окончании стабилизации закрытых полигонов - процесса упрочнения свалочного грунта, достижения им постоянного устойчивого состояния [8].

2.5.8 Технология создания защитного экрана на поверхности тела полигона

Технологическая схема выполнения рекультивационных работ приведена в работе [8]. Предусматривается следующая очередность выполнения работ:

- производится выколаживание откосов бульдозером;
- создаются защитные слои покрытия согласно рисунку 20;
- создается верхний плодородный слой, на который высаживаются травы и кустарники;
- осуществляется одно из выбранных направлений рекультивации.

На рисунке 20 показано создание защитного геомембранного слоя [8].



Рисунок 20 - Создание защитного геомембранного слоя на полигоне ТБО

При выполнении рекультивационных работ большое внимание уделяется внешнему виду свалочного холма, который не должен ухудшать эстетическую привлекательность местности. В качестве примера на рисунке 21 приведен вид нижней части одного из рекультивированных полигонов Германии.



Рисунок 21- Рекультивируемый участок нижней части тела полигона [8].

На рисунке 22 Представлен космоснимок городского полигона с выделением зоны, предпочтительной для создания системы активной

дегазации, на которой удельный выброс биогаза с поверхности тела полигона составит около $3,2 \text{ м}^3/\text{м}^2$ в сутки (метана $1,6 \text{ м}^3/\text{м}^2$ в сутки). Зоны размещения и влияния газовых скважин отмечены окружностями.

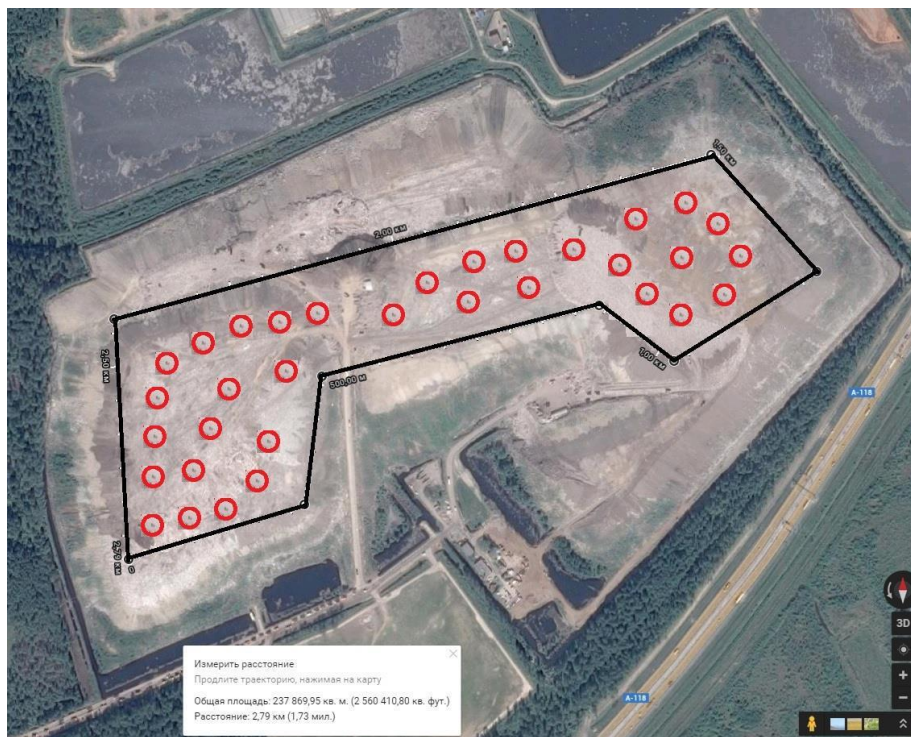


Рисунок 22 - Космоснимок городского полигона с выделенной зоной для активной дегазации

Емкость этого участка практически исчерпана и он подлежит рекультивации. Рассмотрим вариант создания системы активной дегазации, включающей верхнее газо- и водонепроницаемое защитное покрытие (экран), также сеть газовых скважин и коллекторных трубопроводов для откачки и транспорта биогаза с целью его дальнейшего использования. Можно отметить, что задача создания надежного защитного покрытия тела полигона представляет большую сложность т.к. в течение длительного срока оно должно обеспечивать газо- и водонепроницаемость и быть устойчивым к воздействию внешних и внутренних факторов. В настоящее время разработаны различные типы защитных покрытий с применением современных материалов и технических средств, в основном предполагающих использование зарубежных технологий [8]. С учетом принятой в России программы

импортозамещения в работе используются современные отечественные разработки конструкции защитного экрана (рисунок 23).

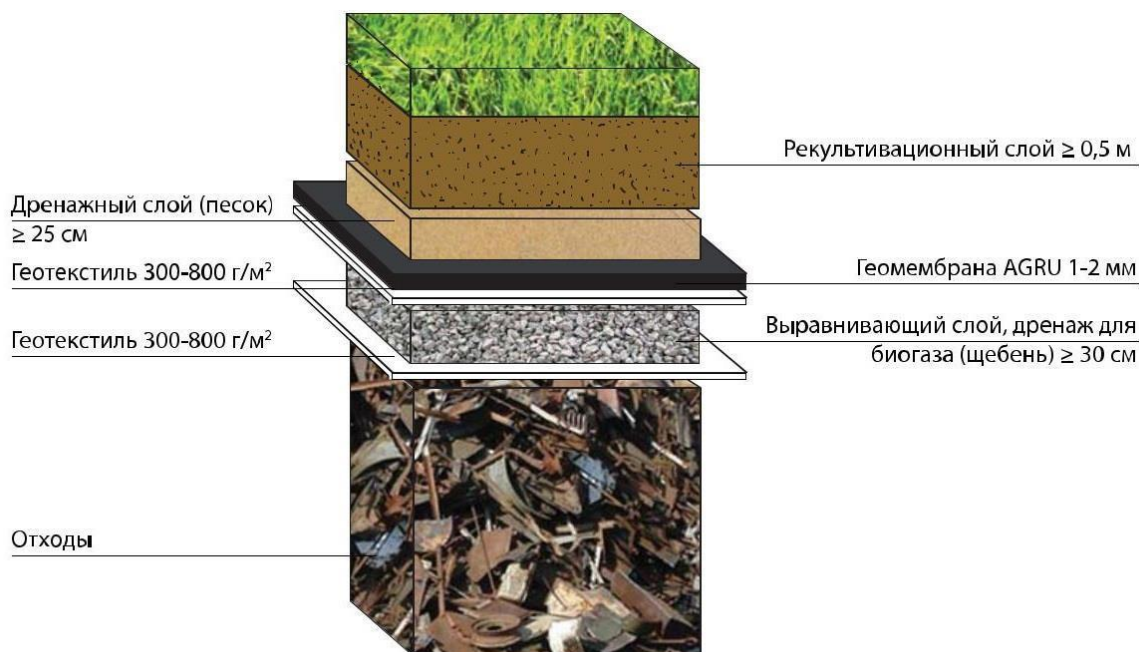


Рисунок 23 - Элементов верхнего защитного экрана над слоем отходов в вертикальном разрезе [8]

Для обоснования объемов работ при рекультивации, оценки использования строительных материалов и конструкций была создана 3D-модель данного участка (рисунок 23).

Определена потребность в использовании необходимых материалов для создания верхнего защитного покрытия:

- геотекстиль плотностью $300-800 \text{ г/м}^2$ – 237870 м^2
- щебень (выравнивающий слой) – 71367 м^3
- геотекстиль плотностью $300-800 \text{ г/м}^2$ – 238410 м^2
- геомембрана AGRU 1-2 мм – 238420 м^2
- песок (дренажный слой) – 59605 м^3
- земля (рекультивационный слой) – 119210 м^3

Выводы по II главе

1. Расчетная продолжительность производства работ составляет 3 года. Деятельность по обращению с отходами, образующимися в процессе рекультивации, планируется осуществлять с привлечением организаций, имеющих лицензию на деятельность по обращению с опасными отходами.

2. Состав рекультивационных работ позволяет локализовать потенциальный источник эмиссии загрязняющих веществ и обеспечить возможность использования рекультивируемой территории после окончания работ в народном хозяйстве. «По результатам оценки воздействия на окружающую среду на этапе предварительной проработки сделан вывод о принципиальной допустимости намечаемой деятельности на выбранном участке и возможности дальнейшего проектирования».

Заключение

В процессе работы над диссертацией решены следующие вопросы и получены результаты:

1. Проведен теоретический анализ в области рекультивации полигонов, изучены результаты исследования российских и международных научных школ в этой области, определено, что для проведения эффективной рекультивации полигонов необходим междисциплинарный подход.

2. Проведен детализированный анализ полигонов, как антропогенно-геологической системы и ее воздействия на окружающую среду с позиции геохимических процессов воздушной и водной миграции веществ, выщелачивания и выветривания, уплотнения грунтов, изменения их физико-химических характеристик.

3. В работе представлены основные факторы, которые необходимо учитывать при выборе технологии ремедиации почв полигонов, к ним относятся: свойства веществ-загрязнителей, свойства почвенной среды, скорость миграции загрязнений.

4. Проведен сравнительный анализ технологий ремедиации и биоремедиации полигонов ТКО по показателям: применимости технологий, воздействия на почву, длительность очистки, надежность, стоимость, экологическая опасность, в результате использования технологии биоремедиации определены существенные недостатки, а именно высокая стоимость проведения работ, возможное образование опасных продуктов, необходимость длительных и тщательных исследований для выбора микроорганизмов-деструкторов. Но результатом длительной и многостадийной является экологически безопасная и в дальнейшем малозатратная технология биоремедиации.

5. В работе определены основные показатели процесса биоремедиации: оптимальная температура субстрата 20-30⁰С, влажность 40-80%, питание микроорганизмов-деструкторов – соотношение С:N:P 100:10:1, значение

показателя кислотности 6,5-8,0, аэрация субстрата, объемная доля структуратора 25-30%.

6. В работе обоснована и предложена к использованию технология «in-situ» с использованием метода продувки и откачки.

7. Разработан методологический подход к организации и проведению рекультивационных работ на примере закрытого полигона «Узюково», который включает все стадии анализа состояния полигона, воздействия его на окружающую среду и этапы рекультивационных работ с учетом особенностей устройства полигона.

8. Разработана технологическая схема биоремедиации полигонов ТКО.

Список используемых источников

1. Долинина И.А. Техногенная трансформация состава подземных вод полигонов твердых бытовых и промышленных отходов Среднего Урала : автореферат дис. ... кандидата геолого-минералогических наук : Екатеринбург, 2003. 25 с.
2. Жиленков В. Н. Опыт исследований фильтрационных и геомеханических свойств твердых бытовых отходов // Геоэкология, 2002, №3. – С. 275-280.
3. Зальцберг Э. Защита подземных вод от загрязнений в районах свалок в канадской провинции Онтарио // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2001, № 4. – С. 365-368.
4. Зальцберг Э. Расчеты охранных зон для муниципальных свалок в провинции Онтарио // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 1996. № 2. – С. 86-93.
5. Инструкция по рекультивации земель, нарушенных и загрязненных при аварийном и капитальном ремонте магистральных нефтепроводов, РД 39–00147105–006–97 от 01.07.1997.
6. Капелькина Л.П. Нормативные основы рекультивации земель в местах размещения отходов производства и потребления Капелькина Л.П., Скорик Ю.И. // Экология урбанизированных территорий. – 2009. – №2. – С. 86 – 90.
7. Косов В. И. Моделирование влияния загрязнений подземных вод от полигона твердых бытовых отходов / Косов В. И., Клыков В. Е., Иванов В. Н., Фирсова Л. В. // Экологические системы и приборы. 2002, № 2 – С. 2-7.
8. Кузнецов А.Е. Прикладная экобиотехнология, Кузнецов А.Е., Градова Н.Б., Лушников С.В., Энгельхарт М., Вайссер Т., Чеботаева М.В. Москва, Бином, 2010, 1 том, стр. 472-620.

9. Нетрусов А. И., Бонч-Осмоловская Е. А. и др. Экология микроорганизмов: Учеб. Для студ.вузов / Под. ред. А. И. Нетрусова. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 272 с.
10. Ножевникова А. Н. Образование, окисление и эмиссия биогаза на объектах захоронения бытовых отходов / Ножевникова А. Н., Лебедев В. С., Заварзин Г. А., Иванов Д. В., Некрасов В. К., Лифшиц А. Б. // Журнал общей биологии. 1993, Т. 54, № 2. – С. 167-181.
11. Румынин В. Г. Изучение массопереноса при гидрогеологических исследованиях с целью охраны подземных вод. – Л., 1985.
12. Саэт Ю. Е. Геохимия окружающей среды. / Саэт Ю. Е., Ревич Б. А., Янин Е. П. и др. – М.: Недра, 1990. – 333 с.
13. Сергиенко Л.И. Биологическая рекультивация земель на полигонах захоронения твердых бытовых отходов / Морозова Н.В. // Экология урбанизированных территорий. – 2014. – №1. – С. 49–53.
14. Сергиенко Л.И., Морозова Н.В. Биологическая рекультивация земель на полигонах захоронения твердых бытовых отходов // Экология урбанизированных территорий. – 2014. – №1. – С. 49–53.
15. Хазанов Л. Г. Полигон твердых бытовых отходов как техногенный геологический объект // Сергеевские чтения. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. Вып. 5. – М.: ГЕОС, 2003. – С. 195-197.
16. Щербина Е. В. Научно – методические основы геоэкологического проектирования полигонов твердых бытовых отходов : автореферат дис. ... доктора технических наук : М., 2005. 39 с.
17. Налета Е.В. Влияние загрязнения тяжелыми металлами на фитотоксические свойства почв городов Ростовской области [Текст] / Е.В. Налета, С.И. Колесников, К.Ш. Казеев // Научный журнал КубГАУ, 2015 №112(08). - С. 729-739.

18. Науки о Земле : учеб. пособие для вузов [Текст] /В.В. Дьяченко, Л.Г. Дьяченко, В.А. Девисилов ; под ред. В. А. Девисилова. - Гриф УМО. - Москва : КноРус, 2010. - 300, [1] с. : ил. - Библиогр.: с. 300-301.

19. Никифорова Е.М. Мониторинг загрязнения бенз(а)пиреном снега и почв ВАО Москвы [Текст] / Н.С. Касимов, Н.Е. Кошелева, Д.В. Власов // Сборник материалов международной научной конференции «Природно-техногенные комплексы: современное состояние и перспективы восстановления», Новосибирск-Новокузнецк, 13-18 июня 2016 г, место издания Изд-во Сибирского отделения РАН Новосибирск, с. 179-183.

20. Никифорова Е.М. Мониторинг засоления снега и почв Восточного округа Москвы противогололедными смесями [Текст] / Е.М. Никифорова, Н.Е. Кошелева, Д.В. Власов Фундаментальные исследования, издательство Акад. естествознания (Пенза), № 11-2, с. 340-347.

21. О состоянии окружающей природной среды в Самарской области в 2005 году : гос. доклад / [редкол.: Ю. С. Астахов (пред.) и др.]. - Самара : Фонд социал.-экол. реабилитации, 2006. - 296 с.

22. Околелова А.А. Фенольная токсикация почвенного покрова в зоне деятельности нефтехимического предприятия [Текст] / А.А. Околелова, В.Ф. Желтобрюхов, А.С. Мерзлякова // Фундаментальные исследования. – 2013. –№ 4 (часть 2)– С. 384-387

23. Оралова А.Т. /Мониторинг ртутного загрязнения почв в районе северной промышленной зоны г. Павлодара [Текст] / А.Т. Оралова, Н.К. Цой, В.В. Матонин // Научный альманах · 2015 · N 9(11) с. 1117-1120.

24. Парфенов В.Г. / Геоэкология: учебное пособие / В.Г. Парфенов, Ю.В. Сивков. – Тюмень :ТюмГНГУ, 2015. – 176 с.

25. Петров, Н.Ю. Оценка экологического состояния территории, прилегающей к Волгоградской ТЭЦ-3 [Текст] / Н.Ю. Петров, Т.А. Трофимова // Естественные науки. 2008. № 4. - С. 26-29.

26. Пименова Е.В. Нормирование качества окружающей среды и сельскохозяйственной продукции [Текст] / Е.В. Пименова. ФГОУ ВПО

Пермская ГСХА.- Пермь: Изд-во ФГОУ ВПО Пермская ГСХА, 2009.- 74 с.- 100 экз.

27. Пименова Е.В. Химические методы в агроэкологическом мониторинге почвы. [Текст]: Учебное пособие / Е.В. Пименова, А.Е. Леснов, ФГОУ ВПО Пермская ГСХА.- Пермь: Изд-во ФГОУ ВПО Пермская ГСХА, 2008.- 145 с. - 150 экз.

28. ПНД Ф 16.1:2.3:3.44-05 Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений массовой доли летучих фенолов в пробах почв, осадках сточных вод и отходов фотометрическим методом после отгонки с водяным паром. Москва, 2005. С. - 15.

29. ПНД Ф 16.1:2:2.2:3.59-09 Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений массовых долей бензола и толуола в почве, грунтах, донных отложениях, отходах производства и потребления газохроматографическим методом. Москва, 2009.

30. ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.10-04 (ПНД Ф Т 16.1:2.3:3.7-04) «Методика измерений оптической плотности культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer)

31. ПНД Ф Т 14.1:2:4.12-06 Методика определения острой токсичности питьевых, пресных природных и сточных вод, водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов по смертности дафний (*Daphnia magna* Straus).

32. Почвоведение и инженерная геология [Электронный ресурс] : учеб. пособие / М. С. Захаров [и др.]. - Санкт-Петербург : Лань, 2016. - 256 с.

33. Почвоведение с основами геологии : учеб. пособие для студ. спец. 250201 Лесное хозяйство и 250203 Садово-парковое и ландшафтное строительство / В. Д. Зеликов. - 3-е изд. ; вуз/изд. - Москва : МГУЛ, 2008. - 220 с. : ил. - Библиогр.: с. 214-216. - 157-42.

34. Почвоведение. Общее учение о почве : учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по спец. 260400 "Лесное хозяйство" напр. "Лесное хозяйство и ландшафтное строительство" / А. Х. Газизуллин. - Гриф УМО. - Москва :

МГУЛ, 2007. - 484 с. : ил. - Библиогр.: с. 475-479. - Имен. указ.: с. 441-446. - Предм. указ.: с. 447-474.

35. Почвы Московской области и повышение их плодородия [Текст] / М., 1974. - С. 247-253.

36. Практикум по агрохимии [Текст] / В.Г. Минеев, В.Г. Сычев, О.А. Амелянчик и др. - М.: Изд-во МГУ, 2001. 689 с. - С. 69, 156, 171, 215

37. Рагимов А.О. Экологическая оценка почвенного и снежного покрова Владимирской области [Текст]/ А.О. Рагимов, М.А. Мазиров, С.И. Зинченко // Электронный научно-производственный журнал «АгроЭкоИнфо». – 2015. –№ 1 (16).

38. Самофалова И.А. Химический состав почв и почвообразующих пород [Текст]: учебное пособие. И.А. Самофалова, М-во с.-х. РФ, ФГОУ ВПО «Пермская ГСХА». – Пермь: Изд-во ФГОУ ВПО «Пермская ГСХА», 2009. – 132 с. – 250 экз.

39. СанПиН 2.1.7.1287-03. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы: Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы [Текст]. Изд. 2-е, стереотип.— М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2005.—19 с.

40. Сафаров А.М. Комплексная оценка воздействия предприятий нефтехимической и нефтеперерабатывающей отрасли на природные воды и сопредельные среды [Текст] / А.М. Сафаров, Р.М Хатмуллина // Вода: химия и экология. 2013. № 10 (64). - С. 3-13.

41. Семендяева Н. В. Методы исследования почв и почвенного покрова: учеб. Пособие [Текст] / Н.В. Семендяева, А.Н. Мармулев, Н.И. Добротворская; Новосиб. гос. аграр. ун-т, СибНИИЗиХ. – Новосибирск: Изд-во НГАУ, 2011. – 202 с.

42. Степанова Е.Г. Влияние промышленных предприятий города Салавата на загрязнение снега, почвы и продуктов растениеводства [Текст] / Е.Г. Степанова, Ф.А. Салимова, Р.М. Фасиков, М.А. Шафиков, А.А. Парахин, Н.А. Мулдашев, // Фундаментальные исследования. – 2004. – № 5 – С. 51-54.

43. Строганов Н.С. Методика определения токсичности водной среды [Текст] / Методики биологических исследований по водной токсикологии. М.: Наука, 1971. С. 14–59.
44. ATCC Preservation Methods: Freezing and Freeze-drying, second edition, 1991, American Type Culture Collection, Rockville, MD. biotransformation and fermentation processes. *Current Opinion in Microbiology* 3: 248–251.
45. Hubálek, Z. (2003) Protectants used in the cryopreservation of microorganisms. *Cryobiology* 46, 205–229.
46. ICH Topic Q 5 D, Quality of biotechnological products: Derivation and characterization of cell substrates used for the production of biotechnological/biological products. The European Agency for the Evaluation of Medicinal Products, Human Medicines Evaluation Unit, 1997.
47. Maintaining Cultures for Biotechnology and Industry (Hunter-Cevera, J.C. and Belt, A., eds), Academic Press, Inc., San Diego, CA.
48. Maintenance of Microorganisms and Cultured Cells – A Manual of Laboratory Methods, Second edition, 1991 (Kirsop, B.E., and Doyle, A., eds), Academic Press Limited, London.
49. Withers, L.A. (1990) Cryopreservation of plant cells, in *Methods in Molecular Biology*, Vol. 6: Plant and Tissue Culture (Pollard, J.W. and Walker, J.M., eds), The Humana Press, New Jersey.
50. Zelder, O. and Hauer, B. (2000). Environmentally directed mutations and their impact on industrial
51. C. Ezeah, J.A. Fazakerley, C.L. Roberts, Emerging trends in informal sector recycling in developing and transition countries - Waste management, 2013 – Elsevier
52. I.S. Zen, Z.Z. Noor, R.O. Yusuf, The profiles of household solid waste recyclers and non-recyclers in Kuala Lumpur, Malaysia - Habitat International, 2014 – Elsevier.

53. M.P. Bernal, J.A. Alburquerque, R. Moral, Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment, A review *Bioresource Technology* 100 (22), 5444-5453.
54. S.M. Moniruzzaman, Q.H. Bari, T. Fukuhara, Recycling Practices of Solid Waste in Khulna City, Bangladesh, *The Journal of Solid Waste Technology and Management* 37 (1), 1-15
55. M.J. Franchetti, The Solid Waste Analysis and Minimization Research Project-A Collaborative Economic Stimulus and Environmental Protection Initiative in Northwest OHIO, USA, *The Journal of Solid Waste Technology and Management* 35 (2), 88-94.
56. T. Fruergaard, T. Ekvall, T. Astrup Energy use and recovery in waste management and implications for accounting of greenhouse gases and global warming contributions, *Waste Management & Research*.
57. J. Kopyscinski, T.J. Schildhauer, S. Biollaz, Production of synthetic natural gas (SNG) from coal and dry biomass—A technology review from 1950 to 2009 *Fuel* 89 (8), 1763-1783.
58. E. Boldt, M. Franchetti, Total Sustainability Assessments for Manufacturing Operations Using the Lean Six Sigma Approach, *Science Journal of Environmental Engineering Research* 2013.
59. M.J. Franchetti, A. Spivak Concepts, Methods, and Strategies for Zero-Waste in Manufacturing, *Green Manufacturing Processes and Systems*, 73-102.