

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ МОСКОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

На правах рукописи



Каралли Дарья Львовна

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ
СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЗДАНИЙ НА ГАЗОНАСЫЩЕННЫХ ГРУНТАХ**

2.1.7 – Технология и организация строительства

Диссертация
на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук, профессор
Лapidус Азарий Абрамович

Москва – 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. ОБЗОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЗДАНИЙ НА ГАЗОНАСЫЩЕННЫХ ГРУНТАХ.....	9
1.1. Особенности проектирования и строительства зданий на газонасыщенных грунтах.....	9
1.2. Обзор работ по газозащите при строительстве зданий на газонасыщенных грунтах.....	16
1.3. Анализ современного состояния этапов строительства зданий на газонасыщенных грунтах.....	20
1.3.1. Проведение изысканий на газонасыщенных грунтах.....	20
1.3.2. Выполнение проектных работ на газонасыщенных грунтах.....	24
1.3.3. Выполнение строительных работ на газонасыщенных грунтах.....	32
1.4. Выводы по главе 1.....	34
ГЛАВА 2. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЗДАНИЙ НА ГАЗОНАСЫЩЕННЫХ ГРУНТАХ.....	35
2.1. Методы исследования.....	35
2.2. Метод моделирования потоков данных (Data Flow Diagram).....	38
2.3. Метод априорного ранжирования.....	42
2.4. Основные работы, включаемые в технологические процессы газозащиты при строительстве зданий на газонасыщенных грунтах.....	47
2.5. Выводы по главе 2.....	49
ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ГАЗОЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ НА ГАЗОНАСЫЩЕННЫХ ГРУНТАХ.....	50
3.1. DFD-модель технологических процессов строительства зданий (макроуровень).....	50

3.2. Систематизация работ по газозащите при строительстве зданий на газонасыщенных грунтах методом априорного ранжирования.....	58
3.3. DFD-модель технологических процессов газозащиты при строительстве зданий на газонасыщенных грунтах (микроуровень).....	72
3.4. Технологические процессы газозащиты при строительстве зданий на газонасыщенных грунтах.....	77
3.4.1. Комплекс 1. Замена основания, рекультивация территории или ее части для комбинации опасных – взрывопожароопасных грунтов.....	77
3.4.2. Комплекс 2. Конструктивная защита.....	80
3.4.3. Комплекс 3. Сосредоточение выхода биогаза направленным удалением.	97
3.5. Методика выполнения технологических процессов газозащиты зданий.....	103
3.6. Выводы по главе 3.....	104
ГЛАВА 4. ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ГАЗОЗАЩИТЫ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЗДАНИЙ НА ГАЗОНАСЫЩЕННЫХ ГРУНТАХ.....	106
4.1. Внедрение технологических процессов газозащиты при строительстве здания на газонасыщенных грунтах.....	106
4.2. Результат внедрения технологических процессов газозащиты при строительстве здания на газонасыщенных грунтах.....	109
4.2.1. Проведение изысканий на территории внедрения.....	109
4.2.2. Выполнение проектных работ на территории внедрения.....	113
4.2.3. Выполнение строительных работ (технологических процессов газозащиты) на территории внедрения.....	114
4.3. Выводы по главе 4.....	128
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	130
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	132
ПРИЛОЖЕНИЕ А	146
ПРИЛОЖЕНИЕ В	152
ПРИЛОЖЕНИЕ С	158

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

Актуальность темы исследования обусловлена тем, что для строительства нередко выделяются земельные участки, которые ранее были использованы в качестве «временных» свалок городского бытового мусора или свалок отходов различных производств с вредными для экологической обстановки химическими составами. Грунты на таких участках являются источниками выделения биологических газов.

Основную часть этих выделений составляет метан (CH_4). Все здания и сооружения, особенно жилые, построенные и строящиеся на территориях с грунтами, генерирующими биогаз, должны быть защищены, в том числе от проникновения биогаза в подземные пространства таких объектов.

В имеющихся нормативных документах и исследованиях отсутствует полное описание технологических процессов газозащиты, которые могут быть применены при строительстве зданий на газонасыщенных грунтах. Выполнение отдельных видов работ не приводит к качественному и долговечному результату, обеспечивающему безопасность и здоровье людей.

Степень разработанности темы исследования

В действующих строительных нормах и правилах [71; 73; 76; 80; 84; 90; 91] нет рекомендаций по проектированию и устройству газозащиты зданий, учитывающих степень газогеохимической опасности грунтов, не описаны в полном объеме технологические процессы устройства газозащиты зданий, учитывающие, в частности, экономическую составляющую работ по газозащите, подлежащих выполнению при строительстве здания на газонасыщенных грунтах. Нормативные документы содержат только деление таких грунтов на категории в зависимости от степени их газонасыщенности, устанавливают общие критерии использования территорий с их содержанием, однако перечень работ по биогазозащите, обеспечивающий на комплексной основе защиту зданий от биогаза, в нормативных документах отсутствует.

Технологические процессы должны включать в себя полный набор работ по защите зданий от биологических газов и быть нацеленными на то, чтобы обезопасить, в том числе построенные ранее, здания от возможных пожаров и взрывов, их подземные пространства или системы инженерных коммуникаций, а также обеспечить решение вопросов с введением в эксплуатацию объектов, находящихся в непосредственной близости от газонасыщенных грунтов.

В связи с этим на основании проведенных исследований и обобщения информации необходимо разработать модель технологических процессов газозащиты при строительстве зданий на газонасыщенных грунтах, содержащих в себе систематизированный набор работ, достаточный для его реализации.

Цель исследования: разработка модели технологических процессов газозащиты для применения их при строительстве зданий на газонасыщенных грунтах.

Согласно определенной цели сформулированы **задачи исследования:**

1. Анализ содержания нормативной базы и научных исследований, касающихся существующих технологических процессов газозащиты зданий, применяемых при строительстве на газонасыщенных грунтах.
2. Оценка существующих технологических процессов газозащиты, применяемых при строительстве зданий на территориях с грунтами, генерирующими биогазы, и выявление их недостатков.
3. Построение модели технологических процессов строительства зданий на макроуровне.
4. Подбор, анализ и систематизация работ по газозащите с учетом степени газонасыщенности грунтов, формирование их в комплексы и включение в технологические процессы строительства зданий.
5. Построение модели технологических процессов газозащиты зданий на микроуровне, учитывающих степень газонасыщенности грунтов.
6. Формирование методики выполнения технологических процессов газозащиты зданий.
7. Внедрение комплексов газозащиты, включенных в состав технологических

процессов газозащиты, при строительстве зданий на газонасыщенных грунтах.

Объектом исследования является строительство зданий на газонасыщенных грунтах.

Предметом исследования являются технологические процессы газозащиты, применяемые при строительстве зданий на газонасыщенных грунтах.

Научно-техническая гипотеза заключается в возможности строительства объектов на газонасыщенных грунтах при условии, что будут выполнены работы по газозащите, соответствующие степени газонасыщенности грунтов.

Научная новизна

1. Определены наиболее значимые группы работ, объединенные в комплексы, влияющие на выбор технологических процессов газозащиты здания, исходя из степени газонасыщенности грунтов.

2. Создана модель технологических процессов газозащиты зданий на микроуровне, учитывающих степень газонасыщенности грунтов.

3. Создана методика выполнения технологических процессов газозащиты зданий.

Теоретическая значимость исследования

Сформированы комплексы технологических процессов газозащиты зданий, для обоснования которых применены метод априорного ранжирования и метод моделирования потоков данных.

Практическая значимость исследования

Предложенные технологические процессы, обобщающие и систематизирующие работы по газозащите зданий, строящихся на газонасыщенных грунтах, практически применены при проектировании и строительстве здания на газонасыщенных грунтах.

Методология и методы исследования

Методология исследования построена на использовании общих и частных методов исследования, что позволило построить модели на макро- и микроуровнях. В качестве метода моделирования определен метод моделирования потоков данных (Data Flow Diagram). Для определения элементов модели технологических

процессов газозащиты зданий на микроуровне, а именно состава работ, применен один из методов экспертных оценок – метод априорного ранжирования.

Положения, выносимые на защиту

1. Модель технологических процессов строительства зданий на макроуровне;
2. Модель технологических процессов газозащиты зданий на микроуровне;
3. Комплексы газозащиты, применяемые при строительстве зданий на газонасыщенных грунтах, исходя из степени их газогеохимической опасности;
4. Технологические процессы, применяемые при строительстве зданий на газонасыщенных грунтах, основанные на выборе комплекса газозащиты и обоснованные априорным ранжированием и моделированием потоков данных (Data Flow Diagram);
5. Методика выполнения технологических процессов газозащиты зданий.

Соответствие паспорту специальности

Содержание диссертационного исследования соответствует пп. 1, 4 и 14 паспорта научной специальности 2.1.7 – Технология организации строительства:

1. **Прогнозирование** и оптимизация параметров **технологических процессов** и систем организации строительства и его производственной базы, повышение организационно-технологической надежности строительства. Разработка параметров системы управления инвестиционно-строительными проектами.

4. Теоретические и экспериментальные **исследования эффективности технологических процессов**. Выявление общих закономерностей реализации сложных инвестиционно-строительных проектов с применением информационного моделирования и оптимизации организационно-технологических решений.

14. Повышение эффективности организации строительства **в условиях воздействия природных и техногенных факторов** и возникновения чрезвычайных ситуаций.

Степень достоверности результатов исследования

Разработанная для применения при строительстве зданий на

газонасыщенных грунтах методика выполнения технологических процессов газозащиты, основанная на обобщении и систематизации работ по устройству газозащиты в комплексы, подтверждается успешным внедрением полученных результатов исследований в практику строительства, апробирована на строительной площадке в г. Москве, Балаклавский проспект, д. 15.

Апробация диссертационного исследования

Основные результаты исследований по теме диссертационной работы были доложены на научных семинарах в НИУ ВШЭ.

Публикации

Материалы диссертации изложены в 8 научных публикациях, из них 6 работ выпущены в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых публикуются основные научные выводы диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, и 2 работы выпущены в журнале, индексируемом в международной реферативной базе Scopus, Web of Science.

Объем и структура работы

Диссертация состоит из оглавления, введения, четырех глав, заключения, списка литературы и трех приложений. Работа содержит 158 страниц основного печатного текста, в том числе 41 рисунок, 9 таблиц, список используемой литературы включает 104 наименования отечественных и зарубежных авторов.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЗДАНИЙ НА ГАЗОНАСЫЩЕННЫХ ГРУНТАХ

1.1. Особенности проектирования и строительства зданий на газонасыщенных грунтах

Развитие строительной отрасли, в том числе в части увеличения объемов вводимых квадратных метров в год, приводит к необходимости выделения земельных участков под строительство с насыпными техногенными грунтами массовых отходов, состоящими из разных примесей, в частности, органических. Именно наличие органических примесей в массиве грунта провоцирует постепенный процесс разложения, который в итоге приводит к образованию биологического газа различного состава.

Нормативных документов – СП, СНиП, инструкций, рекомендаций и др. научных работ, отражающих проблематику строительства объектов на газонасыщенных грунтах, – не так много [71; 73; 76; 80; 84; 90; 91], они в основе своей содержат лишь общие нормы и инструкции по проектированию и строительству объектов на газонасыщенных грунтах.

Вышеуказанной проблемой занимался ЗАО «Раменский региональный экологический центр» под управлением Балакина В. А. и Труфманова Е. П., в их работах [13–15] обозначается круг вопросов, которые необходимо учесть, но и они не предоставляют полного комплекса их решения.

Для принятия решения об использовании земельных участков с насыпными грунтами под застройку необходимо изучить состав насыпных грунтов, оказывающих влияние на окружающую среду.

Для изучения структуры насыпных грунтов используются инженерно-геологические и газогеохимические исследования [91], которые определяют параметры интенсивности биогеохимических процессов, проходящих в насыпных

толщах, и степень насыщенности их органической составляющей.

При проектировании на насыпных газонасыщенных грунтах необходимо учитывать, что объектами загрязнения биогазом являются почва, грунтовые и подземные воды, приземная атмосфера.

Чаще всего в газонасыщенных грунтах накапливаются такие газы, как метан, углекислый газ, радон, водород, сероводород и окись углерода.

Самым опасным среди них является метан. Именно этот газ образуется в слоях почвы с отходами, а из грунта проникает в технические подполья домов и инженерные сети, накапливаясь до пожароопасных концентраций, что представляет реальную угрозу жизни и здоровью жителей и опасность для функционирования инфраструктуры. Метан образует в воздухе взрывоопасную смесь при объемных концентрациях всего от 5 %.

В соответствии с п. 4.63 [76] газонасыщенные грунты разделяют по опасности в газогеохимическом отношении на следующие категории:

- потенциально опасные грунты при $\text{CH}_4 > 0,1 \%$ и $\text{CO}_2 > 5,0 \%$;
- опасные грунты при $\text{CH}_4 > 1,0 \%$ и CO_2 до 10 %;
- пожаровзрывоопасные грунты при $\text{CH}_4 > 5,0 \%$, при этом содержание $\text{CO}_2 - n \cdot 10 \%$.

Проведенные исследования показали, что в нормативах одновременно может приводиться концентрация не только метана, но и других газов – CO_2 , O_2 , H_2 .

В некоторых нормативах [76] указывается, что пожаровзрывоопасная концентрация – это содержание метана $> 5,0 \%$, при этом содержание $\text{CO}_2 - n \cdot 10 \%$.оборот «при этом» говорит, что если концентрация CO_2 меньше, то условие не выполняется, и даже если метана больше 5 %, то газ не обязательно может быть пожаровзрывоопасным.

То же самое можно увидеть и в других нормативных документах, где указывается перечень газов и между ними ставится союз «и»:

- потенциально опасные грунты при $\text{CH}_4 > 0,1 \%$ и $\text{CO}_2 > 5,0 \%$;
- опасные грунты при $\text{CH}_4 > 1,0 \%$ и CO_2 до 10 %.

Союз «и» в русском языке означает одновременное выполнение двух

условий.

Рассмотрим первый случай: метана больше 0,1 %, а CO₂ меньше 5,0 %. Согласно смысловой нагрузке термина «потенциально опасный грунт» и верному толкованию союза «и», при данных концентрациях грунт не должен классифицироваться как потенциально опасный. Может быть, при малых концентрациях CO₂ метан не представляет опасности? В любом случае, это вопрос к дальнейшим исследованиям по усовершенствованию нормативной документации.

В соответствии с пунктом 4.24 [80] при обнаружении на строительных площадках грунтовых газов, согласно проведенным инженерно-экологическим изысканиям, необходимо предусмотреть мероприятия, способствующие снижению концентрации газов или позволяющие изолировать конструкции, которые соприкасаются с грунтом, с учетом требований [71]. При этом [71] содержит в себе общие указания на то, что грунты не должны превышать гигиенические нормативы, использование грунтов должно осуществляться в соответствии с Приложением 9 [71] (Таблица 1). Целью инженерных изысканий является предварительное заключение с оценкой грунтов, находящихся на территории строительства, на предмет соответствия их гигиеническим нормативам по химическим, микробиологическим, паразитологическим показателям.

В [84] указано, что для подготовки проектной документации и дальнейшего строительства на участках с опасными геологическими и инженерно-геологическими процессами необходимо проводить двухэтапные инженерно-геологические исследования. Изыскания второго этапа необходимо выполнять в контурах проектируемых зданий и сооружений. Также в [84] обозначена необходимость применения требований инженерно-экологических изысканий, выполняемых согласно [91], которые, в свою очередь, должны содержать в себе газогеохимические исследования.

В [91] по инженерно-экологическим изысканиям при выявлении насыпных грунтов дается указание на необходимость выполнения газогеохимических исследований, посредством проведения которых будет определена степень

газогеохимической опасности насыпных грунтов, возможность использования территории под строительство и размещения зданий на ней, а также перечень предложений по возможности использования грунтов и необходимости выполнения работ по газозащите.

Таблица 1 – Указания по использованию грунтов в зависимости от степени их загрязнения

Степень загрязнения грунтов	Вид использования
Содержание химических веществ в почве превышает фоновое значение, но не выше предельно допустимых	Использование почвы без ограничений, под любые виды растений
Содержание химических веществ в почве превышает их предельно допустимые концентрации при лимитирующем общесанитарном, миграционном водном и миграционном воздушном показателях вредности, но ниже допустимого уровня по транслокационному показателю вредности	Использование почвы без ограничений, исключая объекты повышенного риска, выращивание любых культур, однако с контролем качества произведенной из этих культур пищевой продукции
Содержание химических веществ в почве превышает их предельно допустимые концентрации при лимитирующем транслокационном показателе вредности	Использование почвы под отсыпки котлованов и выемок в процессе строительства для озеленения с добавлением слоя чистой почвы не менее 0,2 м, использование под технические культуры
Содержание химических веществ превышает предельно допустимые концентрации по всем показателям вредности	Ограниченное использование под отсыпки выемок и котлованов с перекрытием слоем чистой почвы не менее 0,5 м. При наличии эпидемиологической опасности использование после проведения дезинфекции (дезинвазии) с последующим лабораторным контролем. Использование под технические культуры
Содержание химических веществ в почве превышает фоновое, но не выше предельно допустимых концентраций	Вывоз и утилизация на специализированных полигонах. При наличии эпидемиологической опасности использование после проведения дезинфекции (дезинвазии) с последующим лабораторным контролем

Далее описываются технологические процессы выполнения газогеохимических изысканий и даются указания по количеству и видам исследований (Таблица 2).

Таблица 2 – Газохимическая опасность грунтов

Степень газогеохимической опасности грунта	Объемная доля компонента, % об.				Возможность использования грунта
	СН ₄	СО ₂	Н ₂	О ₂	
Безопасные	Менее 0,1	Менее 1,0	Менее 0,1	Больше или равно 18,0	Может использоваться без ограничения
Потенциально опасные	0,1–1,0	1,0–5,0	0,1–1,0	Менее 18,0	Может использоваться для инженерной подготовки территории
Газогеохимически опасные	Более 1,0	Более 5,0	Более 1,0	Менее 18,0	Не может вторично использоваться для засыпки пазух котлованов и траншей
Пожаро- и взрывоопасные	Больше или равно 5,0	-	Больше или равно 4,0	-	При извлечении вывозится на полигон (содержание диоксида углерода не регламентируется)

Согласно [76] при размещении зданий в опасных зонах предлагается предусматривать в проектах полную выемку газонасыщенного грунта с заменой его на инертный в газогеохимическом отношении, в потенциально опасных зонах предлагается обустраивать газодренажные системы или газонепроницаемые экраны, защищающие здания от проникновения в них биогаза.

Нормативные документы [76; 84; 91] относятся к нормам выполнения именно изысканий, в них нет указаний на работы и конструктивные решения по устройству газозащиты зданий на территориях с газонасыщенными грунтами, учитывающих степень их газогеохимической опасности.

Общие требования к разработке проектов строительства зданий и сооружений на территориях с проблемами в экологической обстановке приведены и в [70].

В [70] рассмотрены и приведены особенности проектирования и возведения строительных объектов на насыпных грунтах из строительных и бытовых отходов.

Согласно [70] при предварительном обследовании площадей под застройку необходимо особое внимание уделять участкам бывших свалок строительного мусора и бытовых отходов, логично сразу рассматривать данные территории как потенциально опасные. В толще грунта на таких территориях накапливаются экологически опасные газы, такие как метан, CO_2 , тяжелые углеводородные газы, водород, а также другие горючие и токсичные вещества. Поэтому необходимо учитывать газогеохимическое состояние территории при планировке застройки. Ведь в техподпольях построенных зданий и инженерных коммуникациях может скапливаться биогаз, образующийся при анаэробном разложении органики в насыпи под объектом на глубине более 2,0–2,5 м. При этом в объеме биогаз может достигать пожароопасных (CH_4 5–5 % об. при $\text{O}_2 \geq 12,1$ %) значений и токсичных (выше ПДК) концентраций других компонентов.

Чтобы исключить негативные последствия от проникновения биогаза в здания и инфраструктуру, обеспечив безопасные условия проживания людей, при застройке таких территорий, как указано в [70], необходимо провести мероприятия по газозащите строительных объектов.

Изучение [70] показало, что в нем приведены предложения по газозащите зданий, среди прочего в той или иной степени учитывающие степень газонасыщенности грунтов, а именно:

- при обнаружении на территории застройки опасных зон газонасыщенных грунтов рекомендуется использовать эти участки под техническое озеленение и рекреационные зоны с их предварительной поверхностной рекультивацией, при этом если планируется строительство здания на этом месте, то рекомендуется выполнить работы по замене опасных газонасыщенных грунтов на инертные;

- в случае обнаружения потенциально опасных грунтов, для обеспечения

зданий газозащитой, предлагается осуществить комплекс работ по устройству системы газового дренажа грунтового массива, газонепроницаемых экранов по принципу «стена в грунте», вентиляции помещений.

Приведенные предложения по сравнению с другими нормативными документами имеют логическую цепочку и дают направление в части разработки проекта газозащиты зданий, в какой-то мере учитывают степень газонасыщенности грунтов и условие размещения / не размещения зданий в зоне расположения опасных грунтов, но четких данных, указывающих на полный, исчерпывающий набор технологических процессов газозащиты при строительстве зданий на газонасыщенных грунтах, нет.

Изучение документов, носящих рекомендательный характер применительно к проектированию и строительству на газонасыщенных грунтах, показывает, что в них прослеживаются общие указания на отдельно взятые работы, которые могут выполняться для газозащиты зданий.

При проведении исследований имеющихся материалов выявлена невозможность применения общепринятых технологических процессов строительства зданий, в связи с чем их необходимо корректировать, дополняя технологическими процессами газозащиты, учитывающими степень газонасыщенности грунтов.

Как описано выше, часть документов содержит нормы и рекомендации по проведению инженерно-геологических, -экологических и -газогеохимических исследований, часть отражает рекомендации по проектированию зданий на газонасыщенных грунтах, содержащие в себе ссылки на работы по устройству газозащиты зданий, но ни один документ не содержит описания полного перечня технологических процессов газозащиты, применяемых при строительстве зданий на газонасыщенных грунтах, с учетом степени газогеохимической опасности грунтов.

На основании вышесказанного можно сделать вывод о том, что в целом рассматриваемая проблема хорошо и детально не изучена. Она рассматривается в зависимости от области исследования, но совокупных выводов и четких

обобщающих все области исследований, в том числе учитывающих меры защиты в зависимости от интенсивности газогеохимических процессов, протекающих на различных участках территории, нет. Таким образом, существует потребность в разработке модели технологических процессов газозащиты зданий при выполнении строительства на газонасыщенных грунтах.

1.2. Обзор работ по газозащите при строительстве зданий на газонасыщенных грунтах

Рассматриваемая проблема газозащиты при строительстве зданий на газонасыщенных грунтах не учитывает фактическую ситуацию, связанную с процессом организации выполнения строительных работ.

На основании изучения различных литературных источников и нормативных документов можно сделать вывод о том, что технологических процессов газозащиты, применяемых при строительстве зданий, охватывающих весь объем выполнения работ по газозащите, – нет. Кроме того, не определен в полном объеме перечень работ по газозащите, учитывающий степень газонасыщенности грунтов.

Существует множество общестроительных работ, которые могут быть использованы для решения проблемы защиты зданий от биогаза.

Применение тех или иных работ основывается на результатах проведения газогеохимической оценки территории, отведенной под строительство. Такая оценка определяется состоянием как насыпных, так и других грунтов, способных генерировать биогаз.

С учетом требований нормативной документации, зачастую для решения проблемы наличия газонасыщенных грунтов на территории строительства выполняют работы по замене грунтов – рекультивации территории [19; 20; 93].

Рекультивация грунтов (техническая рекультивация) направлена на локализацию и устранение повреждений и негативных физико-геологических процессов и явлений, на восстановление естественных условий, максимально близких к природным.

Состав работ по биологической рекультивации [11; 74] обусловлен категорией нарушенных земель, целью рекультивации и направлением дальнейшего использования участка.

Работы по рекультивации земель должны соответствовать принятым проектным решениям. Итогом рекультивации газонасыщенного участка и окружающей его земли должна стать оптимально организованная территория с экологически сбалансированным и устойчивым ландшафтом. Рельеф и форма рекультивированных участков должны обеспечивать их эффективное использование.

При невозможности выполнения рекультивации необходимо отказаться от строительства на газонасыщенных грунтах и выполнить работы по консервации территории, то есть работы, останавливающие деградацию или способствующие уменьшению уровня деградации почв, предотвращающие и (или) снижающие отрицательное влияние загрязненных грунтов на окружающую среду.

Если загрязненная почва подвержена деградации и способствует ухудшению экологической обстановки, в результате чего осуществление хозяйственной деятельности становится невозможным [89], а устранение деградации рекультивацией невозможно в течение 15 лет – проводится консервация такой почвы.

Также для обеспечения биогазовой защиты могут выполняться работы, способствующие отводу биогаза из грунтовой толщи от защитного экрана на поверхность, работы по устройству газовых дренажей, которые обеспечивают снижение (разгрузку) вертикального и латерального потока биогаза непосредственно к зданиям и сооружениям [13–15].

К таким работам, обеспечивающим биогазовую разгрузку, можно отнести:

– устройство под зданием пластового газового дренажа, образованного за счет слоя песка (щебня) непосредственно под плитой основания здания (под слабогазопроницаемым экраном) с выходом за пределы контура здания;

– устройство газодренажных траншей, образованных за счет отсыпки пазух котлована песком (щебнем). Их необходимо располагать в крест простирания

насыпных газонасыщенных грунтов или по периметру здания;

– устройство газодренажных скважин, располагаемых по периметру здания или на прилегающей к зданию территории с выходом на поверхность, которые необходимо заполнять дренирующим материалом (гравием или щебнем) и устанавливать в них перфорированные вытяжные трубы;

– устройство зеленых газонов в непосредственной близости от здания и на прилегающей территории, способствующих отводу биогаза через дренажную систему и предотвращающих вынос в атмосферный воздух метана за счет окисления его до двуокиси углерода, и т. д.

Согласно нормативной документации для газозащиты могут использоваться работы по созданию газонепроницаемых (защитных) экранов, препятствующих поступлению биогаза из грунтового массива непосредственно в помещения или другие замкнутые пространства зданий. Выполнение работ по устройству системы защитных экранов является основным по обеспечению газозащиты зданий и сооружений [13–15].

Газонепроницаемые экраны в грунтовой толще можно выполнять по принципу «стена в грунте». В зависимости от условий и конструктивных особенностей, «стена в грунте» [76; 90] может выполняться различными методами, такими как с «непрерывным заполнением глинистым раствором» или методом «jet grouting». Также устройство газозащитных экранов может быть выполнено из слоя щебня с его обработкой битумными эмульсиями. Создание таких экранов происходит по аналогии с применением конструктивных слоев дорожных и аэродромных одежд. Полное исключение прохождения воды и грунтовых газов через экран из слоя щебня с его обработкой битумными эмульсиями возможно при качественном и полном сцеплении битума с поверхностью минеральных материалов, особенно кислых пород. Газы отводятся в стороны от основания здания под экраном и выпускаются в атмосферу за пределами зданий.

К работам по устройству защитных экранов также можно отнести некоторые работы, выполняемые при возведении конструкций зданий:

– работы по устройству сплошной монолитной железобетонной плиты в

основании здания;

- устройство многослойной гидроизоляции плиты основания и боковых наружных стен в заглубленной части;

- устройство бетонной подготовки под фундаментной плитой или укладка гидроизоляции;

- устройство бетонных полов, в том числе со специальными полимерными покрытиями;

- устройство защитных полимерных пленок, размещенных в конструкции основания здания или в конструкции полов помещений подземной части зданий или первого этажа, если подземная часть отсутствует;

- выполнение работ по уплотнению (герметизации) стыков, швов, вводов инженерных коммуникаций.

Параметры газодренажных траншей, скважин и газонепроницаемых экранов – глубина, мощность, шаг скважин, расстояния от зданий, другие конструктивные особенности – должны устанавливаться проектом.

Как известно, здания, расположенные на газонасыщенных грунтах, необходимо обеспечить естественной вентиляцией помещений и замкнутых пространств. При расположении зданий вблизи газонасыщенных грунтов и недостаточности естественной вентиляции необходимо выполнять работы по установке автоматической газозащитной системы.

Автоматическая газозащитная система состоит из комплекса газового контроля, воздухозаборных трубок и вентиляторов. Комплексы газового контроля необходимо устанавливать в специальных помещениях, преимущественно на первых этажах зданий, а лучше в подвалах или техподпольях. Воздухозаборные трубки и вентиляторы необходимо устанавливать в подвалах или техподпольях зданий.

В зависимости от газогеохимических и инженерно-геологических условий территории застройки и особенностей конструкций инженерных сооружений, используются различные сочетания вышеперечисленных работ по газозащите.

1.3. Анализ современного состояния этапов строительства зданий на газонасыщенных грунтах

1.3.1. Проведение изысканий на газонасыщенных грунтах

Наличие биологических газов в грунте на территории предполагаемой застройки выявляется на этапе инженерно-геологических и инженерно-экологических изысканий.

Инженерно-геологические изыскания для проектирования зданий на территориях с наличием газонасыщенных насыпных грунтов необходимо выполнять в соответствии с требованиями [73; 84; 90], государственных стандартов и других нормативных документов [36].

Отчеты по инженерно-геологическим изысканиям должны содержать в себе данные о составе насыпных грунтов, включая интенсивность присутствия в них бытовых отходов [1], условия залегания слоев, литологию и физико-механические свойства подстилающих естественных отложений, а кроме того и гидрогеологические условия: степень обводненности насыпных и подстилающих грунтов, глубину залегания грунтовых вод и их химический состав.

Инженерно-экологические изыскания для проектирования зданий и сооружений, строящихся на территориях распространения газонасыщенных насыпных грунтов, необходимо выполнять в соответствии с требованиями [71; 91].

При проведении изысканий в условиях газонасыщенных грунтов необходимо учитывать двухэтапную схему исследования территорий.

На первом этапе [91] инженерно-экологических изысканий должны быть получены данные о состоянии компонентов природной среды и источниках ее загрязнения, используемые при проектировании зданий и необходимые для разработки газозащиты по обеспечению безопасности зданий и людей. Эти данные должны обеспечить возможную корректировку выводов по экологической обстановке площадки строительства, сделанных при выборе площадки капитального строительства.

На втором этапе инженерно-экологических изысканий выполняется уточнение экологического состояния площадки строительства для обоснования принятых конструктивных решений по обеспечению защиты проектируемых зданий от обнаруженных грунтовых газов [91].

В рамках экологических изысканий при наличии на территории строительства насыпных грунтов, в том числе с примесью строительного, промышленного мусора и бытовых отходов (на участках несанкционированных бытовых свалок), должны выполняться газогеохимические исследования.

Газогеохимические исследования на территориях распространения газонасыщенных насыпных грунтов проводятся для решения следующих задач:

- выявления участков распространения газонасыщенных грунтов;
- изучения газогеохимических полей и условий их формирования в массиве и приземной атмосфере;
- изучения свойств газонасыщенных грунтов;
- выполнения районирования территории распространения газонасыщенных грунтов по степени экологической опасности;
- разработки плана мероприятий по биогазовой защите с целью обеспечения безопасности и экологически благоприятных условий проживания людей.

Газогеохимические исследования должны включать в себя следующие виды работ по п. 5.18.2 [91]:

- определение степени газонасыщенности грунтов и состава сорбированных газов;
- определение содержания органического углерода в грунтах;
- экспериментальную оценку газогенерационной способности грунтов;
- определение степени газонасыщенности подземных вод и состава водорастворенных газов;
- изучение активности микроорганизмов в толще насыпных грунтов по разрезу;
- изучение состава свободного газа и наблюдения (согласно разработанной программе мониторинга) за его изменением с течением времени.

Для территорий с наличием насыпных грунтов при шпуровой газовой съемке сеть опробования устанавливают с расстоянием между точками от 10 x 10 м до 50 x 100 м (п. 5.18.3 [91]) в зависимости от площади и конфигурации территории. Отбор проб грунтового воздуха обычно выполняют через инженерно-геологические скважины или другие специально выполненные для этого скважины, шаг которых составляет 20 x 20 м или 20 x 50 м (в зависимости от периода изысканий) по п. 5.18.5 [91]. При этом 20 x 20 м – при площади территории до 1,0 га; 20 x 50 м – при площади от 1,0 до 3,0 га; 50 x 50 м – при площади территории более 3,0 га. Поверхностную эмиссионную съемку выполняют с шагом 20 x 50 м при площади территории до 3,0 га, 50 x 50 м – при площади территории более 3,0 га, в соответствии с п. 7.1.15.1 [91]. Ниже приведена Таблица 3, которая содержит нормы шага инженерных скважин для экологических и геологических изысканий, при сведении которой были выявлены некоторые разночтения.

При этом оценка степени газогеохимической опасности грунтов и возможности их использования должна быть выполнена согласно Таблице 2.

Принимая во внимание изложенное, можно сделать вывод о том, что для проведения инженерных исследований территорий с газонасыщенными грунтами эффективна двухэтапная схема исследований, заключающаяся в мелкомасштабном выделении зон с потенциальной газогенерацией на первом этапе и детальном их оконтуривании в плане и по глубине на втором этапе.

Таблица 3 – Шаг инженерных скважин для проведения экологических и геологических изысканий

Наименование изысканий	Расстояние между точками (сеть апробирования)				
	Стандартные		Площадь территории до 1,0 га	Площадь территории от 1,0 до 3,0 га	Площадь территории более 3,0 га
1. Инженерно-экологические изыскания (газогеохимические исследования). Отбор проб грунтового воздуха (эмиссионная	20 x 50	20 x 20	20 x 50		50 x 50

Наименование изысканий	Расстояние между точками (сеть апробирования)				
	Стандартные		Площадь территории до 1,0 га	Площадь территории от 1,0 до 3,0 га	Площадь территории более 3,0 га
съемка)					
2. Инженерно-экологические изыскания (газогеохимические исследования), шпуровая съемка	50 x 100	10 x 10	20 x 20	20 x 50	50 x 50
3. Инженерно-геологические изыскания	Категория сложности инженерно-геологических условий		1 простая	2 средняя	3 сложная
	Повышенный уровень ответственности		75–50	40–30	25–20
	Нормальный уровень ответственности		100–75	50–40	30–25

При выполнении второго этапа газогеохимических исследований необходимо учесть, что:

- недостаточное расстояние между точками исследований может привести к разной трактовке нормативной документации и, как следствие, завышенным и необоснованным требованиям экспертных организаций к отчетам и проектам;

- недостаточный шаг сетки изысканий может в дальнейшем негативно отразиться на качестве исследований и привести к выполнению дополнительных изысканий.

В связи с вышесказанным особое внимание нужно уделить определению шага сетки изысканий на втором этапе. Рекомендуется перед началом работ провести консультации с экспертными организациями.

Данная схема позволяет с высокой степенью детальности выявить области с опасными концентрациями биогаза и одновременно разделить их на инженерно-строительные элементы для дальнейшего определения вида работ по газозащите.

Также в нормативной документации можно было бы по аналогии учесть требования, описанные для радоноопасных участков.

При эксплуатации зданий, в ходе строительства которых в связи с наличием на территории застройки экологически опасных и потенциально опасных грунтов выполнялись работы по газозащите, газогеохимические исследования необходимо продолжать: осуществлять контроль газовой среды техподполий зданий и коммуникационных колодцев, а при наличии специальных наблюдательных скважин, являющихся обычно и газоразгрузочными, – контроль газового поля инженерно-геологических массивов. Эти исследования необходимо проводить с целью оценки эффективности выполненных работ по газозащите.

По результатам выполненных газогеохимических исследований составляется заключение, в котором отражаются следующие основные вопросы:

- общая характеристика газогеохимического состояния территории;
- районирование территории с выделением зон разной степени газогеохимической опасности грунтов;
- рекомендации по рациональному использованию территории;
- предложения по разработке газозащиты зданий от биогаза на этапе строительства и будущей эксплуатации с целью обеспечения безопасности и экологически благоприятных условий проживания людей.

1.3.2. Выполнение проектных работ на газонасыщенных грунтах

При проектировании на территориях с газонасыщенными грунтами, в зависимости от результатов полученных геологических, экологических и газогеохимических исследований, могут быть применены различные виды работ по газозащите.

В экологически опасных зонах следует отказаться от строительства и использовать их под зеленые насаждения, а при необходимости строительства следует провести инженерную подготовку территории в виде полного удаления насыпных газонасыщенных грунтов со всей территории с заменой их на

экологически чистые грунты. Контроль качества удаления экологически опасных грунтов проводится с помощью повторных газогеохимических исследований.

При наличии на территории застройки метана во взрывопожароопасных концентрациях, согласно указаниям нормативной документации, необходимо выполнить рекультивацию территории. Проект рекультивации необходимо разрабатывать с учетом норм природоохранного и земельного законодательства Российской Федерации, в том числе с учетом требований Постановления Правительства РФ от 10.07.2018 г. № 800 «О проведении рекультивации и консервации земель».

Рекультивация нарушенных земель по содержанию является природоохранным мероприятием и направлена на охрану окружающей среды [25; 26]. Естественно, что при осуществлении природоохранных мероприятий необходимо ограничивать негативное влияние на окружающую среду используемых технологий, техники и материалов.

При разработке проекта рекультивации необходимо учитывать следующие параметры:

- природные условия района (климатические, почвенные, геологические, гидрологические, вегетационные);
- технические и технологические решения, принятые в проекте;
- фактическое состояние нарушенных земель к началу работ по рекультивации (площадь, форма техногенного рельефа, степень естественного зарастания, современное и перспективное использование нарушенных земель, эрозионные процессы, уровень загрязнения почв);
- показатели химического и гранулометрического состава, агрохимических и агрофизических свойств почвенного слоя;
- социально-экономические, хозяйственные и санитарно-гигиенические условия района размещения загрязненных почв.

Кроме того, при проектировании и последующем выполнении строительных работ необходимо исходить из принципа взаимоустойчивости и взаимосвязанности искусственных сооружений и природных комплексов. Инженерное

проектирование необходимо проводить в полном соответствии с актуальными нормами и правилами.

Проект рекультивации должен содержать те же разделы, что и проект консервации земель.

При невозможности выполнения рекультивации территории необходимо отказаться от строительства, разработать и реализовать проект консервации земель.

Консервация земель – комплекс работ, направленный на снижение развития и прекращения деградации земель, в том числе обеспечивающий негативное воздействие на окружающую среду. Комплекс работ по консервации выполняется после принятия решения о прекращении использования нарушенных земель.

Консервацию (рекультивацию) земель необходимо проводить в соответствии с утвержденным проектом за счет выполнения комплекса технических и биологических работ.

Технические работы включают в себя планировку, формирование откосов, выемку техногенного грунта с замещением на грунт или песок, снятие поверхностного слоя почвы, нанесение плодородного слоя почвы, устройство гидротехнических и мелиоративных сооружений, захоронение токсичных вскрышных пород, возведение ограждений, а также осуществление иных мероприятий, предотвращающих деградацию земель, негативное воздействие на окружающую среду, способствующих использованию нарушенных земель в дальнейшем по целевому назначению и разрешенному использованию, а также для проведения биологических мероприятий.

Биологические мероприятия – это комплекс агротехнических и фитомелиоративных работ, направленных на улучшение агрофизических, агрохимических, биохимических и других свойств почвы.

Проект консервации (рекультивации) земель должен учитывать:

а) площадь нарушенных земель, степень и характер их деградации, выявленные в результате проведенного обследования земель;

б) требования в области охраны окружающей среды, санитарно-эпидемиологические требования, требования технических регламентов, а также

требования в части региональных природно-климатических условий и местоположения земельного участка;

в) целевое назначение и разрешенное использование нарушенных земель.

В проект консервации (рекультивации) включается:

- «Пояснительная записка» с описанием исходных условий консервируемых (рекультивируемых) земель – информацией о правообладателях земельного участка, сведениями об установленном целевом назначении земель и разрешенном использовании, сведениями о нахождении земельного участка в границах территорий с особыми условиями использования, а также с информацией о площади, месторасположении, уровне и характере деградации земель.

- «Эколого-экономическое обоснование консервации (рекультивации) земель» – экологическое и экономическое обоснование планируемых работ и технических решений по консервации (рекультивации) земельных участков с проектом будущего целевого назначения и разрешенного использования рекультивируемых земель; а также с перечнем требований к консервационным мероприятиям; обоснование невозможности обеспечения соответствия требованиям земель.

- «Содержание, объемы и график работ по консервации (рекультивации) земель» – документ с перечнем консервационных и рекультивационных мероприятий, подготовленный с учетом обследования нарушенных земель: почвенные, полевые лабораторные исследования (физические, химические и биологические показатели), а также результатов инженерно-геологических изысканий; с описанием последовательности и объема работ; с разработкой графика сроков проведения консервации (рекультивации) земель.

- «Сметные расчеты (локальные и сводные) затрат на проведение работ по консервации (рекультивации) земель», включающие в себя расчеты расходов по типам и составу консервационных мероприятий. Данный документ необходим в случае проведения консервации (рекультивации) земель с привлечением бюджетных средств.

В материалах [50] для газозащиты зданий и сооружений на потенциально

опасных в газогеохимическом отношении участках предлагается предусматривать выполнение работ, направленных на предотвращение накапливания в техподпольях зданий и инженерных коммуникациях биогаза в экологически опасных концентрациях, что возможно достичь путем проведения работ по подавлению процессов метанообразования в грунтовой толще, а именно: аэрирование насыпных массивов путем водного снижения уровня грунтовых вод, газовых дренажей и газонепроницаемых экранов типа «стена в грунте». Все эти работы в потенциально опасных зонах предлагается выполнять для перехвата потоков биогаза.

Для газозащиты в основании зданий выполняются работы по устройству системы газового дренажа грунтового массива (например, щебеночно-песчаные подушки небольшой толщины в основании фундаментов), газонепроницаемых экранов (например, устройство систем газоизоляции под подошвой и снаружи подземных частей зданий и сооружений), систем вентиляции подземных помещений зданий и сооружений [4; 7; 13–15].

При обнаружении метана в меньших концентрациях и планируемых работах по биогазовой разгрузке в проекте необходимо предусмотреть общую схему устройства пластового газового дренажа под зданием, схему устройства дренажных траншей или пристенного (кольцевого) газового дренажа из крупного и средней крупности песка, предложения по благоустройству территории. Реализация пластового газового дренажа будет способствовать выводу газа из-под фундаментных плит и разгрузке латеральных потоков биогаза к зданию из вмещающей грунтовой толщи. Устройство дренажных траншей или пристенного (кольцевого) газового дренажа будет выполнять одновременно функцию дренажа, и отведения грунтовых вод типа «верховодка», и распределения воды в грунтах основания равномерно по площади.

В ходе разработки проекта необходимо учесть нормы по охране труда при проведении работ по устройству пластового водно-газового дренажа, а также при разработке грунта пазух (строительного мусора) по периметру здания, при устройстве газовых траншей или кольцевого газового дренажа.

В проекте необходимо предусмотреть предложения по благоустройству поверхности газовых траншей или пристенного (кольцевого) газового дренажа из крупного и средней крупности песка.

Также в проект может быть заложено решение по устройству газонепроницаемых экранов, а именно устройство «стены в грунте». При этом, в зависимости от особенностей территории строительства, могут быть заложены различные методы исполнения, в том числе метод с непрерывным заполнением захваток глинистым раствором или бентонитовой суспензией, методом «jet grouting» по технологии струйной цементации грунта.

В рамках разработки проекта конструкции «стена в грунте» должны быть учтены:

- нагрузки, действующие на конструкции «стена в грунте», возникающие как в ходе строительства, так и при эксплуатации;
- воздействие от сооружений, оказывающее влияние на «стену в грунте», – как от сооружений, опирающихся на нее, так и от сооружений, находящихся поблизости.

При проектировании в расчетах должны быть учтены сведения об инженерно-геологических условиях территории с обозначением уровня подземных вод.

Размеры внешних нагрузок и воздействий, передаваемых на грунт, коэффициенты перегрузки и сочетания нагрузок необходимо принимать согласно требованиям [80; 81; 82; 83], а также [89].

Согласно требованиям [82] и [65] принимается степень агрессивного воздействия подземных вод и грунтов на конструкции «стена в грунте».

Расчет нагрузок конструкции «стена в грунте» и их основания выполняется по первой и второй группам предельных состояний, при этом необходимо учитывать взаимодействия стен с прилегающим грунтом, согласно (пп. 3.1–3.4), при их наихудшем сочетании.

Расчет конструкции «стены в грунте» производится по прочности, устойчивости, деформациям.

Расчет конструкции «стены в грунте» должен учитывать подбор глубины ее заделки в грунт, чтобы обеспечить устойчивость конструкции, кроме того, содержать в себе расчет внутренних усилий в самой конструкции, в обвязочных поясах и удерживающих конструкциях.

При выборе метода с непрерывным заполнением захваток глинистым или бентонитовым раствором проект должен содержать в себе схемы конструкции «стены в грунте» и форшахты, а также учитывать разделение их на технологические захватки.

При необходимости выполнения работ методом секущих грунтоцементных элементов, осуществляемых по технологии струйной цементации «jet grouting», в проекте необходимо учесть армирование стальными трубами.

Также в проекте указываются схемы удерживающих конструкций, обеспечивающих устойчивость непосредственно самой конструкции «стена в грунте», основные разрезы, характеристики используемых материалов (арматура, бетон, бентонитовый раствор и пр.). Кроме того, проект должен предусматривать работы по гидроизоляции и водопонижению.

На стадии «Р» дополнительно к стадии «П» при предпочтении метода с непрерывным заполнением захваток глинистым раствором проект должен содержать в себе армирование «стены в грунте», а также необходимые узлы и детали. При этом в проект необходимо добавить информацию, относящуюся к производству работ, а именно:

- данные о механизмах, необходимых для устройства траншеи (геометрические размеры рабочих частей задействованных механизмов, возможный предел глубины разработки траншеи и др.);
- параметры бетонной смеси;
- основные характеристики бетона;
- проектный возраст бетона;
- основные этапы производства работ;
- конструкции шпонок, ограничителей и водоизолирующих элементов «water stop»;

- принципиальные решения по гидроизоляции «стены в грунте»;
- основные положения мониторинга ограждающей конструкции.

Согласно [52; 53] проект «стены в грунте» должен содержать проект организации строительства (ПОС), проекты производства работ (ППР), а кроме того – проекты производства сварочных работ (ППСР) и другие технологические регламенты [69].

Вариантом газозащиты, включаемым в проект, может быть также устройство газозащитных экранов из слоя щебня с его обработкой битумными эмульсиями. Работы должны выполняться по аналогии с устройством щебеночного покрытия автомобильных дорог по способу пропитки битумом согласно указаниям [88]. За счет проникновения эмульсии между зерен щебня повышается уровень их сцепления (адгезии), что позволяет заполнить все пустоты и свободные отверстия, это приводит к получению монолитной поверхности, которая будет выполнять роль газозащитного экрана.

Если вышеуказанные работы по газозащите зданий предполагается проводить в зимнее время, то для любых из них необходимо разработать отдельные ППР и регламенты, которые учитывали бы при производстве работ влияние отрицательных температур.

С целью обеспечения удаления газа (метана) из помещений и организации допустимого микроклимата и качества воздуха в техподпольях необходимо организовать естественный или искусственный обмен воздуха, для чего в проекте нужно предусмотреть установку газоаналитической системы с применением аппаратуры комплекта технических средств системы автоматического контроля загазованности стационарного газоанализатора. Система должна включать в себя блок питания и сигнализации, а также сигнализаторы (датчики) газа, которые позволяют обнаруживать превышение норм до взрывоопасных концентраций метана.

При выборе газоанализаторов [24] необходимо учесть их наличие в списке Государственного реестра средств измерений.

Места установки сигнализаторов следует выбирать с учетом конструктивных

особенностей помещения. Датчики устанавливаются в наиболее высокой части помещения таким образом, чтобы чувствительный элемент находился не более 200 мм от потолка.

Принцип действия сигнализатора основан на окислении горючего газа на поверхности катализатора в воздухе при содержании кислорода 17–25 % об. доли, электрически нагреваемого до температуры от 450 до 550 градусов по Цельсию. Окисление приводит к повышению температуры чувствительного элемента, приблизительно пропорциональному содержанию определяемого горючего газа в пределах 0–60 % НКПР в воздухе. Контроль содержания определяемого компонента осуществляется по цифровому каналу связи с блоком питания и сигнализации. Сигнализаторы имеют два порога срабатывания по каждому из каналов измерения:

- предупредительная сигнализация при достижении концентрации 10 % НКПР;
- аварийная сигнализация при достижении концентрации 20 % НКПР.

Система должна быть подключена к устанавливаемой в здании аппаратуре передачи извещений.

Таким образом, исходя из вышесказанного можно сделать вывод о том, что в регламентирующей документации отсутствуют комплексные нормативы по проектированию газозащиты, при этом присутствуют ссылки на возможность применения проектных решений, используемых при строительстве зданий без условий техногенности территорий. То есть можно сказать, что при разработке проекта газозащиты пользуются общепринятыми для строительства зданий проектными решениями.

1.3.3. Выполнение строительных работ на газонасыщенных грунтах

Анализ строительства зданий и сооружений на территориях с газонасыщенными грунтами показывает, что до сих пор не решено большинство проблем качественного, безопасного и экономически эффективного строительства

при присутствии в грунтах биогаза, в том числе метана (CH_4). При строительстве объектов на площадках с газонасыщенными грунтами, особенно при наличии биогаза (особенно метана (CH_4)), должны учитываться теоретически обоснованные и практически опробованные виды работ, обеспечивающие защиту объектов от проникновения в них биогаза.

Изучение опыта освоения территорий с газонасыщенными грунтами и строительства объектов различного назначения на них показало, что в процессе строительства производилась корректировка проектов устройства оснований и фундаментов (принятие абсолютно новых решений вместо ранее предусмотренных проектом), проводились дополнительные инженерно-геологические и инженерно-экологические изыскания, применялись другие, ранее не предусмотренные проектом, виды работ, за счет чего происходило увеличение нормативных сроков строительства и удорожание строительства в целом. Во многих случаях это было связано с ошибками, допущенными на этапе выбора строительной площадки и из экономии средств при проведении инженерно-геологических и инженерно-экологических изысканий.

Анализируя данные по авариям и деформациям зданий и сооружений, полученным как в процессе строительства, так и после завершения работ, выявлено, что часто причинами низкого качества проектов и строительных работ являются отсутствие опыта, профессионализма и в определенной мере недостаточность нормативной базы. В связи с тем, что экологически «непригодные» строительные площадки составляют определенную долю в общем объеме строительства, при проектировании объектов из-за отсутствия опыта строительства на таких площадках, из-за неучета специфики инженерно-экологических изысканий на таких территориях и отсутствия специальных исследований принимаются неправильные и необоснованные решения. Качественное выполнение работ на отдельно взятом этапе строительства (например, на разных этапах изысканий или на разных этапах проектирования и т. д.) не гарантирует успешного завершения строительства объектов на газонасыщенных грунтах.

Для обеспечения высокого качества работ при строительстве зданий и сооружений необходимо разработать методику газозащиты зданий, строящихся на газонасыщенных грунтах, включающую в себя систематизированные группы работ, влияющие на технологические процессы газозащиты для каждой категории грунтов в зависимости от степени их газонасыщенности, что позволит исключить возможные отклонения от нормативных требований и обеспечить комплексное решение проблемы защиты строящегося здания от биогаза [46].

1.4. Выводы по главе 1

Детальное изучение нормативных материалов по проблеме строительства зданий на газонасыщенных грунтах не дало полного описания вариантов решения проблемы газозащиты. При этом автором диссертации был выделен ряд вопросов, которые стали предметом исследования.

1. Для газозащиты зданий, в зависимости от результатов полученных геологических, экологических и газогеохимических исследований, могут использоваться общепринятые при строительстве зданий проектные решения.

2. Необходимо разработать методику строительства объектов на территориях с насыпными и газонасыщенными грунтами, включающую в себя в систематизированном виде работы, влияющие на технологические процессы газозащиты, что позволит обеспечить качество и безопасность работ на всех этапах строительного процесса, а также обеспечить комплексный подход к решению проблемы защиты строящегося здания от биогаза.

ГЛАВА 2. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЗДАНИЙ НА ГАЗОНАСЫЩЕННЫХ ГРУНТАХ

2.1. Методы исследования

Под технологическими процессами газозащиты понимается система взаимосвязанных действий, выполняемых с момента возникновения исходных данных, а именно с момента обнаружения газонасыщенных грунтов, до получения нужного результата, а именно до выполнения работ по газозащите, обеспечивающей газоразгрузку и безопасность эксплуатации зданий.

Методология исследования технологических процессов основана на общих [48] (теоретических, универсальных) и на частных (эмпирических, практических) методах.

В ходе исследования использованы общие методы: анализ, сравнение, обобщение, классификация, абстрагирование, формализация, конкретизация, моделирование и частные методы: эксперимент, беседа и интервью, опрос и анкетирование, описание.

Общие методы исследования

Метод анализа, как общий метод исследования, использовался на первом этапе научных исследований для определения свойств, состава, структуры, строения объекта. Учитывая особенность данного метода, было решено принять в качестве объекта исследования строительство зданий на газонасыщенных грунтах. Перед применением метода анализа предмет необходимо детально изучить, также необходимо изучить и проанализировать различные аспекты предмета (причины возникновения или изменения, связь с другими предметами) [48]. Изучение предмета производилось с помощью инженерно-геологических, экологических, в том числе газогеохимических, исследований территории. Метод анализа имеет прикладной характер, задействует теоретическую и практическую базы.

Параллельно с методом анализа в исследовании был использован **метод сравнения** – основанный на сопоставлении предметов для выявления общности и различия между ними [48]. При использовании этого метода важное значение имели признаки сравнения, которые и определили возможные отношения между предметами. При сравнении территорий можно выявить в качестве общего признака их предназначение – строительство на них зданий, а в качестве отличительных признаков – наличие на них насыпных газонасыщенных грунтов.

Для сравнения отдельных элементов необходимо их выделение с помощью анализа, поэтому достаточно часто эти два метода применяются совместно в форме сравнительного анализа как комплексного метода. **Метод сравнительного анализа** основан на разделении целого на части (элементы) с последующим сравнением этих элементов. Он использовался при оценке качества грунтов, когда на первом и втором этапах происходит анализ грунтов путем выделения показателей на наличие органических примесей и газов в них, а на третьем – их сравнение с базовыми показателями. В сочетании с систематизацией сравнительный анализ был использован при классификации грунтов от «неопасных» до «взрывопожароопасных».

Также методы анализа и сравнения были использованы сначала при анализе и сравнении полученных данных проведенных инженерно-геологических и газогеохимических исследований, а в дальнейшем – и при выборе и определении набора работ для выполнения газозащиты зданий.

Кроме того, при исследовании применен **метод обобщения** – метод, «основанный на выделении и фиксации относительно устойчивых, инвариантных свойств предметов и их отношений» [48]. В результате обобщения выбирались наиболее типичные, присущие всем предметам или большинству из них свойства, процессы, при этом игнорировались частные или случайные исключения. Обобщение использовалось при изучении работ по газозащите. Так, работы, выполняемые на определенной категории газонасыщенных грунтов, при обобщении объединяющих, идентифицирующих и классификационных признаков объединялись в группы, а в дальнейшем – в комплексы газозащиты.

Классификация – данный метод использовался при проведении исследований в области нормативной классификации газонасыщенных грунтов.

Абстрагирование позволило выделить и зафиксировать наиболее приоритетные для исследования свойства предмета исследования, внутренние и внешние взаимосвязи и при этом не рассматривать несущественные стороны изучаемого предмета.

Моделирование – этот метод использовался как «замена изучаемого предмета или явления специальной аналогичной моделью (объектом), содержащей существенные черты оригинала» [33; 48].

При построении модели технологических процессов строительства зданий, а также модели технологических процессов газозащиты при строительстве зданий на газонасыщенных грунтах был применен графический метод моделирования потоков данных (Data Flow Diagram).

Кроме того, как уже было сказано, при исследовании использовались и другие общие методы, такие как формализация, конкретизация.

Частные методы исследования

Эксперимент – в исследовании проводился с целью определения параметров, которые наиболее существенно отражали технологические процессы газозащиты. Для выявления и систематизации работ, наиболее полно влияющих на технологические процессы газозащиты при строительстве зданий на газонасыщенных грунтах, использован *метод априорного ранжирования (экспертной оценки)*, обобщающий в себе описанные выше частные методы исследования. При проведении эксперимента он использовался как метод, «основанный на экспертной оценке параметров (факторов) группой специалистов, компетентных в исследуемой области» [45]. При этом «априори» означает, что для оценки нового явления или факта эксперт применяет свой прошлый опыт.

Как сопутствующие эксперименту были использованы частные методы беседы, интервью, опроса, анкетирования, описания.

2.2. Метод моделирования потоков данных (Data Flow Diagram)

Метод моделирования потоков данных, или DFD (Data Flow Diagram) – диаграмма потоков данных. Это метод, с помощью которого может проводиться графический структурный анализ технологических процессов газозащиты при строительстве зданий на газонасыщенных грунтах, в котором описаны внешние для системы источники данных, функции, потоки и хранилища данных, к которым имеется доступ. С помощью этой диаграммы проводится структурный анализ и проектируются информационные системы.

Использование нотации DFD применимо в случае, когда система описывается как хранилище данных. Целью является поиск ответов на вопросы, связанные с составом информационной системы и необходимыми инструментами для обработки информации.

Исходя из определения цели и задач исследования, требуется разработать и обосновать на микро- и макроуровнях модель технологических процессов газозащиты при строительстве зданий на газонасыщенных грунтах.

Модель в исследовании [33] подразумевает под собой замещение оригинальной системы на другую, аналогичную, учитывает принятые необходимые ограничения и гипотезу для более глубокого исследования оригинала. Модель в соответствии с [33] должна обладать свойствами:

- конечности – это свойство модели отражать конечное число аспектов оригинала;
- упрощенности, в котором подразумевается, что модель должна иметь только существенные стороны объекта;
- адекватности – это свойство соответствия модели системе, которую она моделирует;
- информативности – это свойство подразумевает наличие достаточного содержания информации в модели, в рамках гипотез, принятых при построении модели.

Модель технологических процессов газозащиты зданий при строительстве на

газонасыщенных грунтах на микро- и макроуровнях имеет классификацию по типу:

- прагматической модели – обладающей средствами организации практических действий, которые направлены на достижение цели (при расхождениях между реальной организацией процесса и моделью вносятся изменения в практическую деятельность, чтобы приблизить ее к модели) [22; 33];
- идеальной – знаковой – графической модели – имеющей теоретический характер, в которой используются знаковые преобразования различного вида, которые представляются геометрическими образами и объектами;
- функциональной модели – представляющей собой систему функциональных соотношений;
- алгоритмической модели – описываемой алгоритмом, определяющим ее функционирование и развитие;
- эмпирической модели – полученной по результатам проведенных экспериментов, изученных внешних проявлений свойств объектов, измеренных параметров входа и выхода.

В соответствии с вышеуказанной классификацией определен метод моделирования, а именно – метод графического анализа и построения диаграммы потоков данных Data Flow Diagram (DFD), используемый для построения, анализа и оптимизации процессов [64]. Для построения диаграмм применяется нотация (язык моделирования) Гейна–Сарсон [22], построение модели производится при помощи ПО Diagram Designer v.1-29-5.

Существует две разновидности DFD-диаграмм: Гейна–Сарсон и Йордона–ДеМарко. В этих вариантах имеются различия в отображении процесса. В первом варианте процесс отображается кругом, а во втором – разделенным горизонтальной чертой прямоугольником, также хранилище данных в варианте Йордона–ДеМарко представлено простым прямоугольником, а в варианте Гейна–Сарсон прямоугольник имеет разделяющую вертикальную черту.

DFD-диаграмма включает следующие компоненты (нотации) (Рисунок 1):

1. Процесс – преобразовывает входящий поток данных в выходящий в

соответствии с определенным алгоритмом, в данном случае под процессом понимается описание действия, т. е. операционное действие, связанное с реализацией какого-то строительного этапа;

2. Внешняя сущность – изображает сущности, находящиеся за рамками системы. Внешние сущности являются источниками или адресатами потоков данных системы. Внешняя сущность представляет собой материальный объект или физическое лицо, являющееся источником или приемником информации, внешняя сущность находится за пределами границ анализируемой системы. Одна и та же внешняя сущность может быть использована многократно на одной или нескольких диаграммах. Поскольку внешняя сущность является объектом, то в данном случае под внешней сущностью будет пониматься заказчик;

3. Хранилище данных – используется для хранения данных в системе. Информацию можно в любой момент поместить в накопитель и через некоторое время извлечь, в данном случае под хранилищем данных будет пониматься проектная документация или рабочая документация, исходно-разрешительная документация;

Нотация Гейна-Сарсона	Компонента
	Поток данных
	Процесс
	Хранилище
	Внешняя сущность

Рисунок 1 – Графические элементы нотации Гейна–Сарсон в интерфейсе ПО

4. Поток данных – маршруты, по которым информация перемещается между внешними сущностями, процессами и хранилищами данных. Потоки данных иллюстрируют взаимодействие между другими компонентами. В случае построения DFD-диаграммы технологических процессов газозащиты при строительстве зданий на газонасыщенных грунтах под потоком данных понимается передача информации на строительную площадку.

При построении DFD-модели используемые структурные элементы связываются в единый процесс, который дает четкое представление о процессах и функциях внутри системы.

Построение DFD-модели осуществляется в два этапа. На первом этапе строится контекстная диаграмма – это диаграмма самого верхнего уровня, которая представляет собой систему «черного ящика». Состоит из одного процесса (функционального блока), потоков данных, целей моделирования (для чего разрабатывается модель) и точки зрения (должностное лицо/подразделение/организация). Вторым этапом строится диаграмма основных процессов, которая представляет собой декомпозированную контекстную диаграмму (разбитую на подфункции с достаточной степенью детализации).

Исходя из особенностей предмета и методов исследования, научной задачи, разрабатываемая модель технологических процессов газозащиты при строительстве зданий на газонасыщенных грунтах классифицирована как прагматическая, графическая, функциональная. На основании типа и характера отображаемых свойств модели определен метод моделирования (Data Flow Diagram). Установлено, что модель технологических процессов газозащиты при строительстве зданий на газонасыщенных грунтах, построенная методом моделирования потоков данных (Data Flow Diagram), состоит из контекстной диаграммы и диаграммы основных процессов как на макро-, так и на микроуровне, определена нотация Гейна–Сарсон и приведено графическое отображение элементов нотации в интерфейсе ПО Diagram Designer v.1-29-5, применяемом при построении диаграмм.

2.3. Метод априорного ранжирования

Методы экспертной оценки часто используются в разных научных сферах. Метод априорного ранжирования [101; 102; 103] в нашем исследовании позволил решить поставленные задачи с привлечением минимального числа экспертов, метод применялся в диссертационной работе для выделения наиболее важных факторов, работ и др. при построении модели технологических процессов газозащиты строительства зданий на газонасыщенных грунтах.

При проведении эксперимента необходимо учитывать определенную субъективность метода, поэтому особое внимание уделялось качеству его реализации и подбору группы экспертов. Практическое воплощение метода априорного ранжирования включало такую последовательность действий [45; 12]:

1. Определение перечня факторов/работ, требующих ранжирования;
2. Составление анкеты;
3. Определение предварительного состава группы экспертов;
4. Проверка компетентности участников, сверка состава экспертной группы:
 - с помощью тестов;
 - методом самооценки;
 - оценкой эталонных факторов;
 - проведением инструктажей экспертов;
5. Осуществление индивидуальной оценки экспертами предложенных факторов;
6. Обработка результатов экспертного опроса;
7. Разработка предложений или формулировка проектных решений.

На основании анализа нормативной, научной литературы, результатов практических и статистических данных, опроса специалистов и т. д. определяется список объектов (работ, параметров, факторов), которые требуется ранжировать экспертам. Перечень приводится в анкете экспертного опроса, которая представлена в Приложении А.

Эксперты распределяют составленный перечень работ, параметров,

факторов, которые требуется ранжировать, по рангам – в порядке убывания степени их влияния на результирующий признак или объект исследования. В результате определяются наиболее важные вопросы в исследованиях, исключаются лишние [45]. Наиболее важные элементы оцениваются первым рангом. Обработка результатов экспертного опроса осуществляется в два этапа:

- 1) определяется согласованность экспертного мнения;
- 2) выполняется проверка неслучайности согласия экспертов.

При подтверждении согласованности и неслучайности согласия экспертов строится «априорная диаграмма рангов». Согласованность мнений экспертов [45; 12] оценивается с помощью коэффициента конкордации Кендалла (W), для проверки «гипотезы о неслучайности согласия экспертов» [45] применяется критерий Пирсона (χ^2). Обработка результатов происходит следующим образом:

1. Индивидуальные ранги сводят в таблицу априорного ранжирования. Ранг фактора обозначается как α_{im} , где i – номер фактора/работы, m – условный номер, число эксперта.

2. Рассчитывается сумма рангов экспертов по факторам [45; 12]:

$$\Delta i = \sum_{m=1}^m \alpha_{im}, \quad (1)$$

где m – число экспертов,

i – число факторов/работ.

3. Проверяется корректность заполнения таблицы:

$$(\Delta_i) \max \leq (\alpha_{im}) \max \times m, \quad (2)$$

$$(\Delta_i) \min \geq (\alpha_{im}) \min \times m. \quad (3)$$

4. Вычисляются сумма рангов и средняя сумма рангов (Δ):

$$\sum_{i=1}^i \Delta_i, \quad (4)$$

$$\Delta = \frac{\sum_{i=1}^i \Delta_i}{i}. \quad (5)$$

5. Вычисляется отклонение суммы рангов фактора/работы от средней суммы рангов для каждого фактора/работы и сумма квадратов отклонений:

$$\Delta' i = \Delta_i - \Delta, \quad (6)$$

$$S = \sum_{i=1}^i (\Delta' i)^2. \quad (7)$$

6. Определяется, насколько согласованы мнения экспертов:

$$W = \frac{12S}{m^2 \times (i^3 - i)}. \quad (8)$$

Значение коэффициента конкордации Кендалла лежит в диапазоне от 0 до 1. Мнения экспертов достаточно согласованы, если коэффициент конкордации больше или равен 0,5 [45]. Если коэффициент конкордации менее 0,5, то результаты опроса не могут использоваться в дальнейшем исследовании, так как мнения экспертов согласованы недостаточно. При получении отрицательного результата менее 0,5 необходимо понять его причины (нечетко сформулирован вопрос, неправильно выбраны объекты ранжирования, определены некомпетентные эксперты) и выполнить повторную экспертизу.

Если мнения экспертов достаточно согласованы, то необходимо перейти к проверке гипотезы о неслучайности их согласия:

$$\chi_P^2 = W \times m \times (i - 1). \quad (9)$$

После этого нужно сделать сравнение между полученным расчетным значением критерия Пирсона χ^2_P и табличным. Если расчетное значение окажется меньше табличного – то гипотеза о неслучайности не подтверждена, и результаты опроса не должны использоваться в дальнейшем исследовании.

Если расчетное значение окажется больше табличного, то подтверждаются существенное сходство мнений экспертов, значимость коэффициента конкордации и неслучайность совпадения мнений экспертов [72].

После подтверждения гипотезы выполняется ранжирование факторов/работ по сумме рангов Δ_i (первое место $M = 1$ указывает на наиболее важный фактор, далее – по мере увеличения суммы рангов) [12].

Следующим считаются удельные веса факторов по их влиянию:

$$q_i = 2 \frac{(i - M + 1)}{i(i + 1)}. \quad (10)$$

В соответствии с [43] к наиболее важным факторам/работам относятся факторы/работы, которые имеют сумму рангов меньше средней:

$$\Delta_i \leq \Delta. \quad (11)$$

После выполнения оценки согласованности мнений всех экспертов нужно выполнить построение средней диаграммы рангов: по оси абсцисс откладываются факторы, а по оси ординат – соответствующие суммы рангов (Рисунок 2). Чем меньше сумма рангов данного фактора/работы – тем выше его место на диаграмме [12]. С помощью последней оценивается значимость факторов/работ. Если будет обнаружено неравномерное экспоненциальное убывание распределения, то часть факторов/работ можно убрать из дальнейшего рассмотрения. Если распределение будет определено равномерным, то в эксперимент необходимо включать все факторы/работы (Рисунок 2).

Количество экспертов для проведения априорного ранжирования определяется согласно [32], в соответствии с чувствительностью статистического

критерия Пирсона. Определение количества экспертов и проверка их компетентности является одним из наиболее приоритетных этапов априорного ранжирования. Эксперты должны быть специалистами в области газозащиты зданий и при этом не быть лично заинтересованными в результатах данного эксперимента.



Рисунок 2 – Пример априорной диаграммы рангов

Принципы системотехники строительства допускают использование в исследовании методов, основанных на экспертной оценке с применением личного опыта, интуиции, оценки ситуации в целом, так как ввиду специфики устройства газозащиты зданий обобщение опыта проектирования и строительства замедленно и малоэффективно. Имеющихся сведений о предмете исследования недостаточно, а другие экспериментальные методы их получения невозможны.

Для определения состава работ технологических процессов газозащиты при строительстве зданий на газонасыщенных грунтах как элементов системы (микроуровень) используется метод априорного ранжирования. Сформирована последовательность проведения экспертного опроса с применением метода априорного ранжирования, в которую включаются следующие этапы: определение перечня работ газозащиты, разработка анкеты экспертной оценки, подбор экспертов, проведение экспертного опроса и обработка его результатов, построение априорной диаграммы рангов, выводы.

2.4. Основные работы, включаемые в технологические процессы газозащиты при строительстве зданий на газонасыщенных грунтах

Для построения модели технологических процессов газозащиты при строительстве зданий на газонасыщенных грунтах на микроуровне необходимо определить внутренние элементы системы, а именно – работы, которые могут быть выполнены для обеспечения газозащиты зданий.

В рамках составления перечня работ были обобщены имеющиеся нормативные документы, разработанные рекомендации по организации газозащиты зданий, выполнен опрос специалистов, изучен опыт строительства.

В ходе выполнения исследования все возможные работы по биогазозащите были сведены в общий перечень, который эксперты должны отранжировать, учитывая в том числе степень газонасыщенности грунтов, на которых ведется строительство, и нормативные требования к ним.

Основой для разработки технологических процессов газозащиты при строительстве зданий на газонасыщенных грунтах являются, в первую очередь, результаты проведенных инженерно-геологических и инженерно-экологических изысканий, оценка их достаточности для проектирования и строительства. Также могут оказывать непосредственное влияние место посадки здания на территории с газонасыщенными грунтами, принятый уровень ответственности здания, результаты проведенных исследований в части существующих проектных решений по газозащите, оценка их обоснованности, в том числе в части обеспечения защиты подземных частей здания от биогаза.

Для выявления работ, обеспечивающих реализацию технологических процессов газозащиты зданий при строительстве на газонасыщенных грунтах, необходимо составить программу работ, провести опытные работы, на основании которых выполнить анализ полученных результатов. Далее на основании всех вышеперечисленных мероприятий нужно сформировать состав работ по газозащите зданий, включив его в перечень технологических процессов газозащиты зданий, после чего создать проект производства работ (ППР) по

устройству газозащиты. Перечень работ по газозащите (Таблица 4) составлен автором на основании целей и задач технологических процессов газозащиты при строительстве зданий на газонасыщенных грунтах.

Таблица 4 – Перечень работ, влияющих на технологические процессы газозащиты зданий при строительстве на газонасыщенных грунтах

Наименование работы
1. Мелиорация токсичных грунтов, перекрытие загрязненных почв слоем потенциально плодородных пород и/или создание защитного слоя (экрана)
2. Выемка экологически опасных, насыпных грунтов на всю мощность их залегания. Погрузка на самосвалы и вывоз на полигон переработки отходов грунтов (отходов IV и выше класса опасности)
3. Обратная засыпка песком средней крупности с уплотнением взамен вынутого газонасыщенного грунта
4. Устройство пластового газового дренажа под зданием
5. Устройство газодренажных траншей, образующихся за счет отсыпки пазух котлована песком (щебнем)
6. Устройство газодренажных скважин
7. Обратная засыпка песком средней крупности с уплотнением пазух котлована
8. Устройство «стены в грунте»
9. Устройство слоя щебня с его обработкой битумными эмульсиями
10. Устройство сплошной монолитной железобетонной плиты в основании здания
11. Устройство многослойной гидроизоляции плиты основания и боковых наружных стен в заглубленной части
12. Устройство бетонных полов и полов со специальными полимерными покрытиями
13. Устройство защитных полимерных пленок, размещенных в конструкции полов помещений подземной части зданий или первого этажа, если подземная часть отсутствует
14. Устройство системы вентиляции подземных помещений зданий
15. Устройство автоматической газозащитной системы, состоящей из комплекса газового контроля
16. Установка металлических решеток на окнах и усиленных коробок в дверных проемах с обивкой оцинкованной сталью по асбоцементу (на первых, цокольных и подземных этажах здания)
17. Уплотнение (герметизация) стыков, швов, вводов инженерных коммуникаций
18. Благоустройство в соответствии с проектными решениями, в том числе устройство зеленых газонов, посев трав и растений

2.5. Выводы по главе 2

1. Использование в ходе исследования общих (теоретических, универсальных) методов: анализ, сравнение, обобщение, классификация, абстрагирование, формализация, конкретизация, моделирование – и частных (эмпирических, практических) методов: эксперимент, беседа и интервью, опрос и анкетирование, описание – позволило смоделировать технологические процессы газозащиты при строительстве зданий на газонасыщенных грунтах, с одной стороны, как целостный комплекс взаимосвязанных элементов, а с другой стороны, как составной элемент процесса строительства зданий в целом.

2. Для построения общей модели технологических процессов строительства зданий, а также модели технологических процессов газозащиты при строительстве зданий на газонасыщенных грунтах предложен метод графического анализа и построения диаграммы потоков данных Data Flow Diagram (DFD).

3. Для выявления и систематизации работ, наиболее полно влияющих на технологические процессы газозащиты при строительстве зданий на газонасыщенных грунтах, использован метод априорного ранжирования (экспертной оценки), для чего привлечены эксперты.

4 Основным направлением исследования определен сформированный для экспертной оценки перечень работ, влияющих на технологические процессы газозащиты зданий при строительстве на газонасыщенных грунтах.

ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ГАЗОЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ НА ГАЗОНАСЫЩЕННЫХ ГРУНТАХ

3.1. DFD-модель технологических процессов строительства зданий (макроуровень)

При построении макромоделей технологических процессов строительства зданий необходимо учесть внутренние и внешние взаимосвязи, структуру, а также их место в строительной системе.

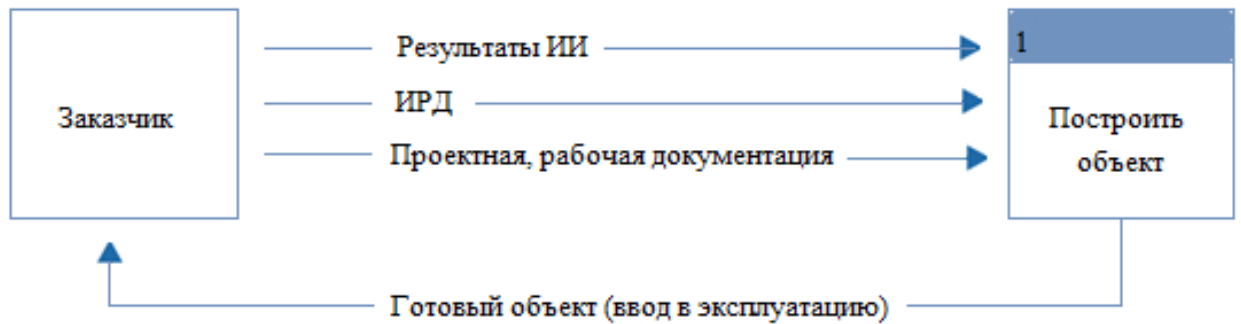
Системообразующим фактором [27] в строительных системах выступает конечный результат их функционирования – ввод объекта в эксплуатацию, а отдельные подсистемы (проектирование, строительство и управление) интегрируются под воздействием этого фактора в единую систему.

При построении модели были приняты следующие условия: исходно-разрешительная документация, результаты инженерных изысканий и разработка проектных решений выполнены до начала строительства и рассматривались как входные данные.

Для построения DFD-модели в первую очередь выполняется построение DFD-модели технологических процессов строительства зданий макромоделей, затем построение DFD-модели технологических процессов газозащиты зданий при строительстве на газонасыщенных грунтах микромоделей на основе DFD-модели технологических процессов строительства зданий Комплексов 1, 2, 3.

DFD-модель строительства зданий (макроуровень) состоит из двух диаграмм: контекстной диаграммы, представленной на Рисунке 3, и диаграммы основных процессов, представленной на Рисунке 11.

Для построения DFD-макромоделей было необходимо определить перечень этапов технологических процессов строительства объекта.



Цель: Описать процесс строительства объекта. Точка зрения: исследователь

Рисунок 3 – Контекстная диаграмма DFD-модели технологических процессов строительства объекта

На подготовительном этапе строительства здания необходимо провести комплекс внутриплощадочных работ по подготовке и обустройству строительной площадки, предваряющих основной этап технологических процессов строительства (Рисунок 4).

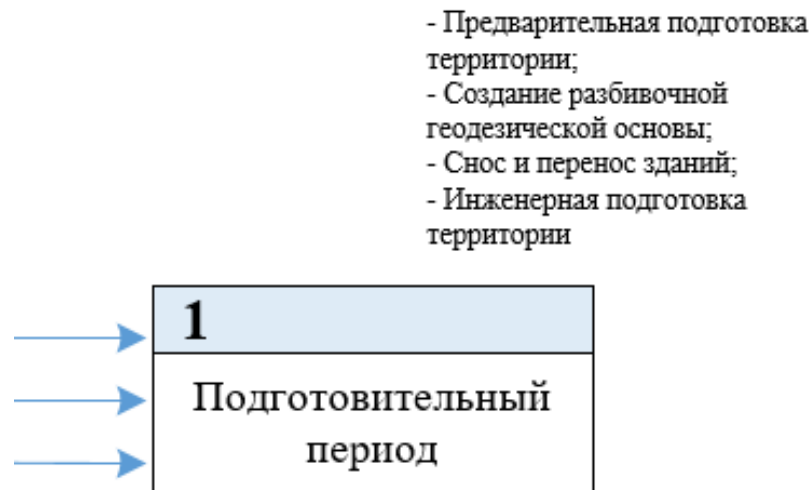


Рисунок 4 – Фрагмент диаграммы подготовительного периода строительства

Во внутриплощадочные подготовительные работы входят три взаимосвязанных комплекса работ: предварительная подготовка территории, отведенной под строительство, инженерная подготовка территории и сооружение мобильных (инвентарных) комплексов.

С целью выполнения работ по предварительной подготовке территории, отведенной под строительство, выполняют работы по созданию геодезической разбивочной основы для строительства зданий и геодезические разбивочные работы для прокладки инженерных сетей и дорог; снос и перенос строений, расчистку территории, срезку растительного слоя грунта и осушение заболоченных участков.

Предварительная подготовка территории начинается с формирования разбивочной геодезической основы. В составе ППР разрабатывается проект производства геодезических работ (ППГР), который включает схему расположения и закрепления знаков внешней разбивочной сети для сложных и крупных объектов, кроме того, перечень необходимых материальных и людских ресурсов, график выполнения геодезических работ. Затем производятся снос и перенос сооружений, включая подготовку и непосредственно работы по сносу и переносу сооружений, а также вывоз отходов.

Далее осуществляется расчистка территории, в том числе срезка растительного грунта. Этот этап проводится в соответствии с ППР [52], в котором указываются сведения о местах срезки, сбора и обвалования растительного грунта; о способах защиты растений от повреждений в процессе работ или пересадки деревьев и растений, предназначенных для последующего озеленения; указываются участки для складирования срезанного растительного грунта, пригодного для последующего благоустройства; способы и порядок рекультивации грунтов. На следующем этапе выполняются мелиоративные работы для осушения заболоченных участков, если они присутствуют на территории строительства.

Следующим этапом выполняется инженерная подготовка участка, в частности, вертикальная планировка площадки строительства и устройство поверхностного водоотвода, то есть выравнивание верхнего земляного слоя по проектным отметкам для отвода поверхностных вод [19; 74; 85; 86]. Это необходимо для того, чтобы вода от осадков, таяния снега не могла скапливаться в пониженных участках и размывать почву бесконтрольными водотоками. Для этого проводят:

- нивелирование поверхности участка;
- планирование объемов земляных работ (насыпей и выемок) и фиксирование проектных отметок на площадке;
- геодезический контроль правильности произведенных земляных работ и окончательная геодезическая исполнительная съемка спланированной территории [58; 69].

Далее в рамках отведенной под строительство территории перекладываются существующие инженерные сети, производится разбивка и закрепление трасс, устанавливаются реперы, обозначаются на трассе все пересекающиеся инженерные сети и их защита от повреждений.

Сооружение подземных коммуникаций, если они запроектированы вдоль автомобильных и пешеходных дорог, осуществляется до устройства дорожного покрытия. Рытье траншей для трубопроводов и корыт под полотном дороги может происходить одновременно [58; 69].

Действующие инженерные сети, открываемые «при отрывке пересекающих их траншей, защищаются от механических повреждений, а также от охлаждения и замерзания в холодное время года» [80].

Заключительными этапами подготовки территории строительства являются:

- формирование временных подъездных и внутрипостроечных автодорог для возможности бесперебойной доставки строительных материалов, конструкций, оборудования и машин;
- прокладка временных инженерных сетей водоотвода, водо-, электро-, воздухо- и теплоснабжения, телефонизации и радиодиффузии;
- обустройство бытовых городков: выбор места размещения осуществляется с точки зрения обеспечения минимальных затрат на создание временной инфраструктуры бытовых городков – инженерных сетей электроснабжения, водоснабжения, теплоснабжения, канализации и дорог, переходов небольшой протяженности;
- формирование запаса материальных ресурсов – материалов, изделий и конструкций – для полноценной организации строительства.

При производстве земляных работ, устройстве оснований и фундаментов необходимо соблюдать требования [80; 83; 82; 85; 86].

Земляные работы (Рисунок 5) в особых грунтовых условиях после проведения работ подготовительного этапа и подготовки площадки строительства, в том числе инженерной подготовки, включают в себя устройство различных видов подземных конструкций типа «стена в грунте», «шпунтовое ограждение котлована» и др., отрывку котлована под здание, зачистку дна котлована, уплотнение грунтов основания, устройство фундаментной подушки с ее послойным уплотнением, устройство свайного поля (если предполагает проект), а также обратную засыпку котлованов и траншей.

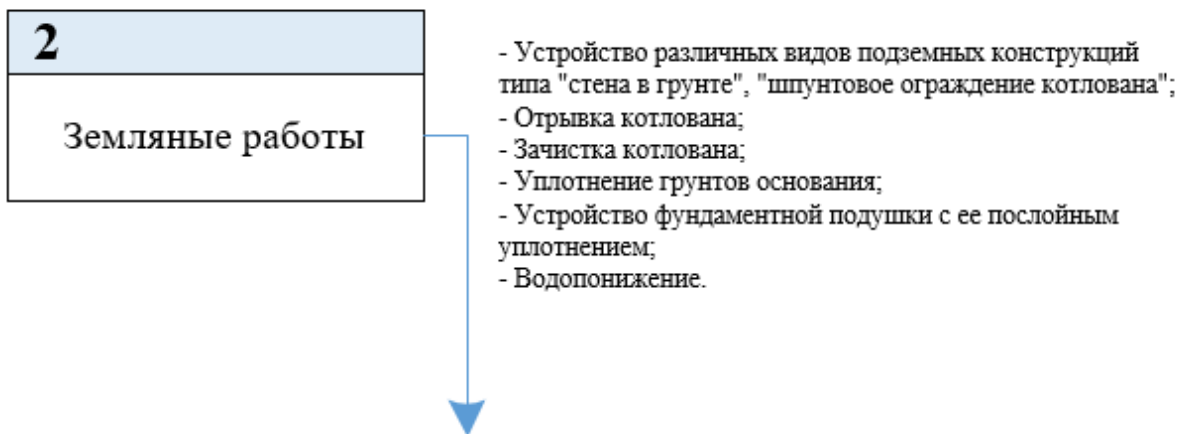


Рисунок 5 – Фрагмент диаграммы основных процессов этапа земляных работ

При этом земляные работы разделяются на два этапа. На первом этапе выполняют все работы, указанные выше, до начала устройства фундаментной подушки с ее послойным уплотнением и устройства свайного поля (если предполагает проект). На втором этапе выполняют гидроизоляцию стен подвала, монтаж наружных инженерных сетей, обратную засыпку котлована и траншей с послойным уплотнением.

После выполнения работ по устройству фундаментной подушки выполняют гидроизоляцию и бетонную подготовку [62; 94]. Далее выполняются работы по монтажу или бетонированию фундаментов, стен подвала. После этого

выполняются работы второго этапа земляных работ, в том числе гидроизоляция и прокладка подземных инженерных коммуникаций (Рисунок 6).

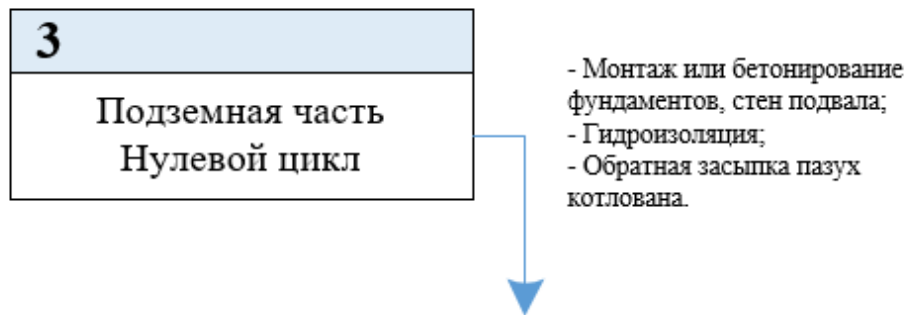


Рисунок 6 – Фрагмент диаграммы основных процессов подземной части и нулевого цикла строительства

На данном этапе (Рисунок 7) выполняются работы по монтажу стен, лифтовых шахт, в том числе внутренних перегородок. Ведутся работы по закрытию теплового контура, включающие в себя работы по установке окон и витражей, наружных дверей. Параллельно выполняются работы по устройству пирога кровли, монтажу фасадных конструкций. Внутри здания осуществляется монтаж инженерных сетей, в том числе отделка технических помещений, после которой проводятся работы по установке и монтажу оборудования ИТП, ВРУ и других технических помещений, необходимых для эксплуатации здания.

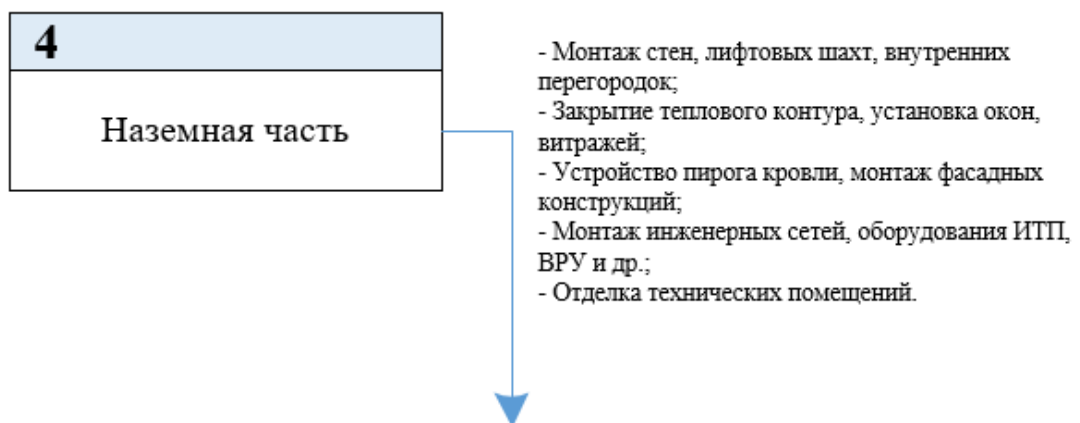


Рисунок 7 – Фрагмент диаграммы основных процессов наземной части строительства

В части первого этапа проведения земляных работ выполняются работы по разработке траншей под укладку наружных сетей, выполняются работы по подготовке основания с его послойным уплотнением (либо монтаж железобетонного футляра), далее выполняют монтаж труб или кабельной продукции, после чего выполняют работы по второму этапу земляных работ (Рисунок 8).

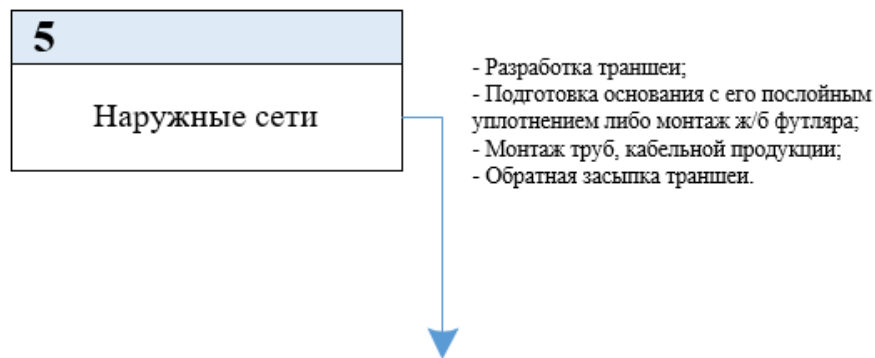


Рисунок 8 – Фрагмент диаграммы основных процессов строительства наружных сетей

После выполнения работ по монтажу наружных сетей проводятся работы по благоустройству территории: обустраиваются дороги, пешеходные дорожки, устанавливаются детские и спортивные площадки, выполняются работы по отсыпке плодородным грунтом, озеленению территории, в том числе по посадке деревьев, кустов, газонов (Рисунок 9).

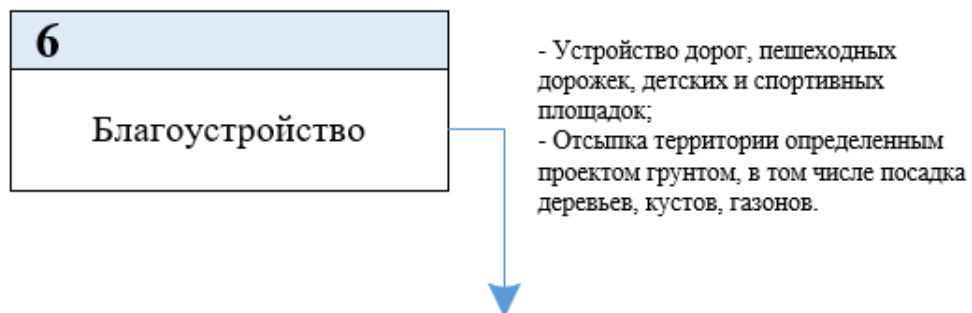


Рисунок 9 – Фрагмент диаграммы основных процессов благоустройства территории строительного объекта

Ввод объекта в эксплуатацию – обязательное мероприятие, подтверждающее соответствие объекта строительства действующему законодательству, нормативам, результатам изысканий, проектной документации, действующим техническим регламентам (Рисунок 10) [52].

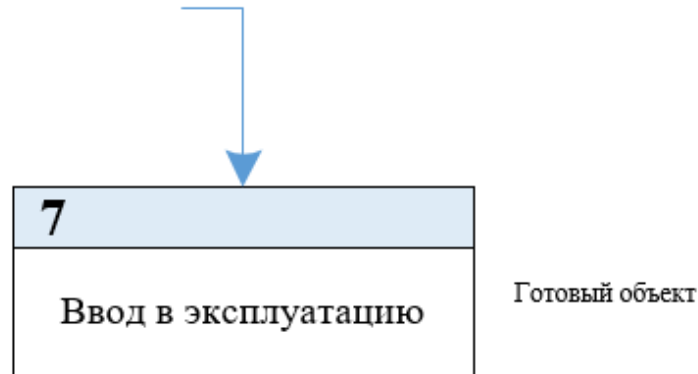


Рисунок 10 – Фрагмент диаграммы этапа ввода строительного объекта в эксплуатацию

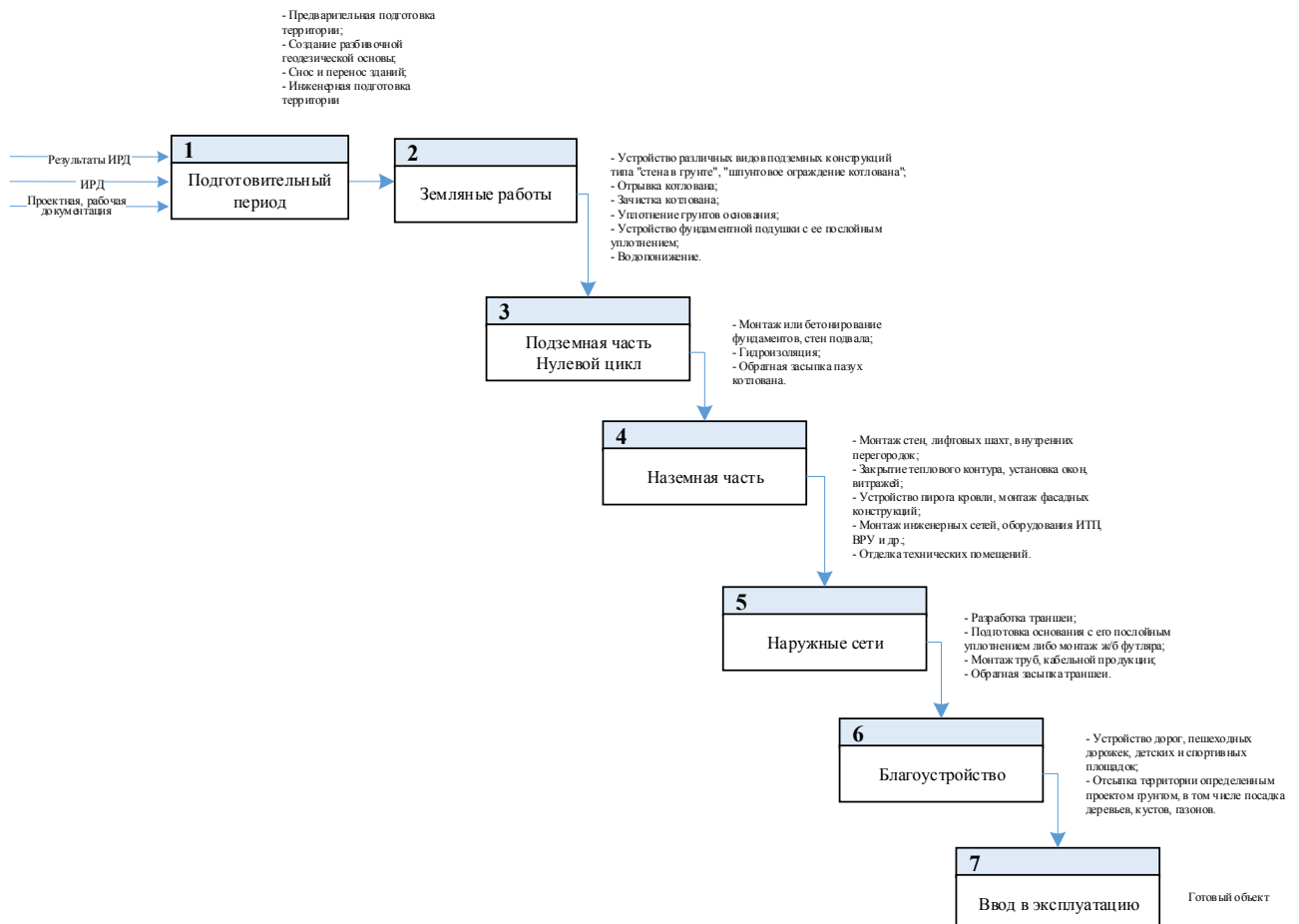


Рисунок 11 – Диаграмма основных процессов DFD-модели строительства зданий

3.2. Систематизация работ по газозащите при строительстве зданий на газонасыщенных грунтах методом априорного ранжирования

Для построения модели технологических процессов газозащиты зданий при строительстве на газонасыщенных грунтах на микроуровне необходимо определить внутренние элементы системы, а именно – работы по газозащите зданий [46].

На сегодняшний день работы, обеспечивающие решение проблемы биогазозащиты зданий, не стандартизированы. В нормативной документации условия использования территорий в целях строительства зданий описаны общими фразами, включающими в себя рекомендации в части выемки газогенерирующих грунтов и замены их на газохимически инертные или формирования газонепроницаемых экранов и газодренажных систем от них. Других указаний на работы, которые могут обеспечивать газозащиту зданий, в нормативной документации нет.

Крайне редко территории, выделенные под строительство, содержат какую-то одну категорию газонасыщенного грунта, чаще встречаются их комбинации, то есть когда на территории застройки присутствуют газонасыщенные грунты различных категорий (имеются зоны с разной степенью опасности).

Нормативные документы также не содержат четкого перечня работ по газозащите строящихся зданий для ситуаций, в частности, когда на территории строительства присутствуют комбинации газонасыщенных грунтов. В связи с этим на основании анализа нормативных актов, обобщения имеющегося опыта и опроса специалистов был сформирован перечень из 18 требующих ранжирования работ, которые потенциально могут выполняться при строительстве зданий с целью их газозащиты.

Для проведения экспертного опроса были выполнены подготовительные организационные мероприятия в части формирования перечня работ по газозащите зданий, разработки анкеты экспертной оценки и подбора необходимого количества экспертов, отвечающих требованиям квалификации.

После проведения экспертного опроса были выполнены обработка его результатов, построение априорной диаграммы рангов и формирование выводов.

Количество работ было выбрано с достаточным запасом, чтобы обеспечить выбор именно таких работ, в которых эксперты наиболее компетентны и по которым эксперты могли осуществить ранжирование (Таблица 5).

Разработанная анкета экспертной оценки приведена в Приложении А.

Для проведения экспертного опроса были определены квалификационные требования к экспертам. Эксперт должен входить в национальные реестры специалистов НОПРИЗ, НОСТРОЙ, сфера деятельности и профессиональные интересы эксперта должны быть близки к предмету исследования (проектирование и строительство зданий на газонасыщенных грунтах; организация строительного производства; строительные конструкции и основания). Эксперт должен иметь опыт выполнения строительно-монтажных работ на газонасыщенных грунтах и в решении вопросов обеспечения газозащиты зданий, участвовать в проектировании и строительстве зданий на территориях с газонасыщенными грунтами, принимать участие в разработке мероприятий по защите зданий от биогаза.

Таблица 5 – Перечень работ по газозащите при строительстве зданий на газонасыщенных грунтах для различных категорий грунтов

Наименование	Условное обозначение работы		
	для категории потенциально опасных	для комбинации потенциально опасных и опасных грунтов	для комбинации опасных и взрывопожаро-опасных грунтов
1. Мелиорация токсичных грунтов, перекрытие загрязненных почв слоем потенциально плодородных пород и/или создание защитного слоя (экрана)	<i>i 1</i>	<i>i 1'</i>	<i>i 1''</i>
2. Выемка экологически опасных, насыпных грунтов на всю мощность их залегания. Погрузка на самосвалы и вывоз на полигон переработки отходов грунтов (отходов IV и выше класса опасности)	<i>i 2</i>	<i>i 2'</i>	<i>i 2''</i>

Наименование	Условное обозначение работы		
	для категории потенциально опасных	для комбинации потенциально опасных и опасных грунтов	для комбинации опасных и взрывопожаро-опасных грунтов
3. Обратная засыпка грунтом с уплотнением взамен вынутаго газонасыщенного грунта	<i>i 3</i>	<i>i 3'</i>	<i>i 3''</i>
4. Устройство пластового газового дренажа под зданием	<i>i 4</i>	<i>i 4'</i>	<i>i 4''</i>
5. Устройство газодренажных траншей, образующихся за счет отсыпки пазух котлована песком (щебнем)	<i>i 5</i>	<i>i 5'</i>	<i>i 5''</i>
6. Устройство газодренажных скважин	<i>i 6</i>	<i>i 6'</i>	<i>i 6''</i>
7. Обратная засыпка песком средней крупности с уплотнением пазух котлована	<i>i 7</i>	<i>i 7'</i>	<i>i 7''</i>
8. Устройство «стены в грунте»	<i>i 8</i>	<i>i 8'</i>	<i>i 8''</i>
9. Устройство слоя щебня с его обработкой битумными эмульсиями	<i>i 9</i>	<i>i 9'</i>	<i>i 9''</i>
10. Устройство сплошной монолитной железобетонной плиты в основании здания	<i>i 10</i>	<i>i 10'</i>	<i>i 10''</i>
11. Устройство многослойной гидроизоляции плиты основания и боковых наружных стен в заглубленной части	<i>i 11</i>	<i>i 11'</i>	<i>i 11''</i>
12. Устройство бетонных полов и полов со специальными полимерными покрытиями	<i>i 12</i>	<i>i 12'</i>	<i>i 12''</i>
13. Устройство защитных полимерных пленок, размещенных в конструкции полов помещений подземной части зданий или первого этажа, если подземная часть отсутствует	<i>i 13</i>	<i>i 13'</i>	<i>i 13''</i>
14. Устройство системы вентиляции подземных помещений зданий	<i>i 14</i>	<i>i 14'</i>	<i>i 14''</i>
15. Устройство автоматической газозащитной системы, состоящей из комплекса газового контроля	<i>i 15</i>	<i>i 15'</i>	<i>i 15''</i>
16. Установка металлических решеток на окнах и усиленных коробок в дверных проемах с обивкой оцинкованной сталью по асбоцементу (на первых, цокольных и подземных этажах здания)	<i>i 16</i>	<i>i 16'</i>	<i>i 16''</i>
17. Уплотнение (герметизация) стыков, швов, вводов инженерных коммуникаций	<i>i 17</i>	<i>i 17'</i>	<i>i 17''</i>
18. Благоустройство в соответствии с проектными решениями, в том числе устройство зеленых газонов, посев трав и растений	<i>i 18</i>	<i>i 18'</i>	<i>i 18''</i>

Экспертный опрос был проведен с привлечением 5 экспертов в соответствии с [32]. Количество экспертов для участия в априорном ранжировании определялось исходя из чувствительности статистического критерия Пирсона. С целью определения согласованности мнений экспертов для двух вариантов комбинаций грунтов в первую очередь было рассчитано значение коэффициента конкордации Кендалла: $W_i = 0,79$ и $W_i' = 0,93$, что больше допустимого значения $W = 0,5$, далее для проверки неслучайности согласия экспертов было рассчитано значение критерия Пирсона: $\chi_P^2 = 66,9$ и $\chi_P^2 = 79,4$, что больше табличного значения $\chi_P^2 = 33,4$, в связи с чем количество экспертов осталось равным 5, и увеличение их количества не потребовалось.

Целью исследований являлся подбор, анализ и систематизация работ по газозащите с учетом степени газонасыщенности грунтов для включения их в перечень технологических процессов строительства зданий.

В задачи экспертов входило выделение из свода работ приоритетных для той или иной категории или комбинации газогенерирующих грунтов, выполнение которых в дальнейшем обеспечит полноценную газозащиту строящегося здания.

Экспертам было предоставлено право исключать из перечня работы [95], выполнение которых, по их мнению, не применимо к той или иной категории или комбинации газонасыщенных грунтов, а также давать оценку работам в порядке убывания степени их влияния на достижение цели – газозащиты здания, выделяя приоритетные группы работ, которые с минимальными финансовыми [30] и трудовыми затратами позволят наиболее эффективно решить поставленную задачу.

Анализируя сводный перечень работ применительно к комбинации опасных и взрывопожароопасных грунтов, эксперты выделили в приоритет группу из 3 работ (Таблица 6) [13–15], исключив остальные работы из экспертной оценки, поскольку их выполнение не удовлетворяет нормативным требованиям использования территорий с соответствующей категорией газогенерирующих грунтов (Рисунок 12).

Наименование	Условное обозначение работы	Условные номера экспертов, m					Сумма рангов	Отклонения	Квадраты отклонений
		1	2	3	4	5			
		<i>i</i> ''	<i>i</i> ''	<i>i</i> ''	<i>i</i> ''	<i>i</i> ''			
14. Устройство системы вентиляции подземных помещений зданий	<i>i</i> 14''								
15. Устройство автоматической газозащитной системы, состоящей из комплекса газового контроля	<i>i</i> 15''								
16. Установка металлических решеток на окнах и усиленных коробок в дверных проемах с обивкой оцинкованной сталью по асбоцементу (на первых, цокольных и подземных этажах здания)	<i>i</i> 16''								
17. Уплотнение (герметизация) стыков, швов, вводов инженерных коммуникаций	<i>i</i> 17''								
18. Благоустройство в соответствии с проектными решениями, в том числе устройство зеленых газонов, посев трав и растений	<i>i</i> 18''								
Σ		6	6	6	6	6	0	0	

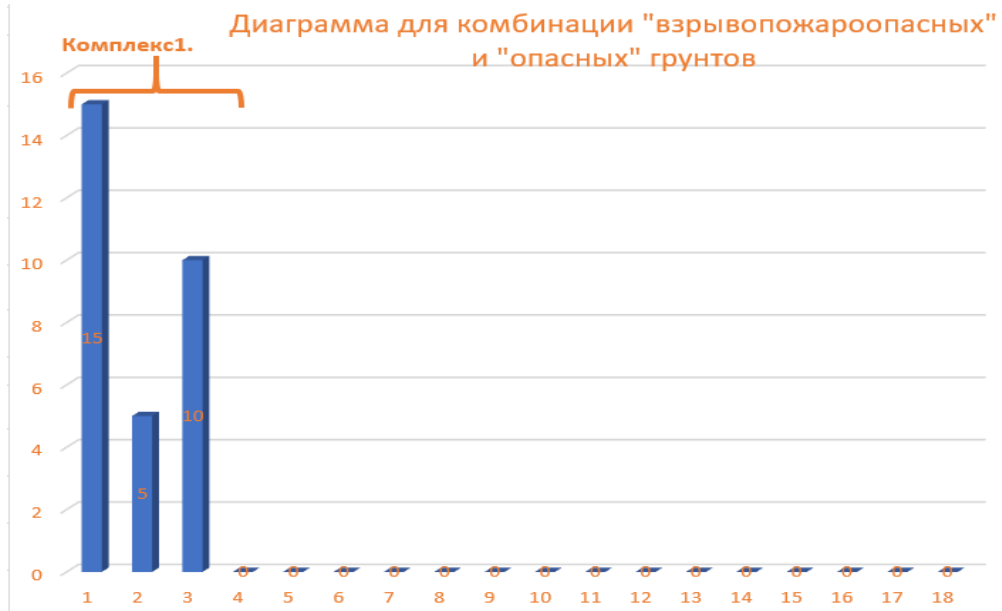


Рисунок 12 – Диаграмма для комбинации опасных и взрывопожароопасных грунтов

Все 5 экспертов, анализируя работы применительно к комбинации опасных и взрывопожароопасных грунтов, оставили как возможные к выполнению

следующую группу работ, что позволило систематизировать ее в Комплекс 1, которому, исходя из характера вошедших в него работ, присвоено условное наименование «Замена основания, рекультивация территории или ее части».

Комплекс 1. Замена основания, рекультивация территории или ее части:

1. Мелиорация токсичных грунтов, перекрытие загрязненных почв слоем потенциально плодородных пород и/или создание защитного слоя (экрана);

2. Выемка экологически опасных, насыпных грунтов на всю мощность их залегания. Погрузка на самосвалы и вывоз на полигон переработки отходов грунтов (отходов IV и выше класса опасности);

3. Обратная засыпка песком средней крупности с уплотнением взамен вынутого газонасыщенного грунта.

Остальные работы эксперты исключили как не применимые для выполнения к данной категории грунтов, в связи с чем априорное ранжирование не выполнялось.

Итоги ранжирования экспертами сводного перечня работ применительно к потенциально опасным грунтам представлены в Таблице 7.

Таблица 7 – Таблица априорного ранжирования для категории потенциально опасных грунтов

Наименование работы	Условное обозначение работы	Условные номера экспертов, m					Сумма рангов	Отклонения	Квадраты отклонений
		1	2	3	4	5			
		<i>i</i>	<i>i</i>	<i>i</i>	<i>i</i>	<i>i</i>			
1. Мелиорация токсичных грунтов, перекрытие загрязненных почв слоем потенциально плодородных пород и/или создание защитного слоя (экрана)	<i>i</i> 1	18	18	18	18	15	87	40	1 560
2. Выемка экологически опасных, насыпных грунтов на всю мощность их залегания. Погрузка на самосвалы и вывоз на полигон переработки отходов грунтов (отходов IV и выше класса опасности)	<i>i</i> 2	16	16	17	17	17	83	36	1 260
3. Обратная засыпка грунтом с уплотнением взамен вынутого газонасыщенного грунта	<i>i</i> 3	17	17	16	16	16	82	35	1 190
4. Устройство пластового газового дренажа под зданием	<i>i</i> 4	15	14	10	10	8	57	10	90

Наименование работы	Условное обозначение работы	Условные номера экспертов, m					Сумма рангов	Отклонения	Квадраты отклонений
		1	2	3	4	5			
		<i>i</i>	<i>i</i>	<i>i</i>	<i>i</i>	<i>i</i>			
5. Устройство газодренажных траншей, образующихся за счет отсыпки пазух котлована песком (щебнем)	<i>i</i> 5	7	12	15	11	6	51	4	12
6. Устройство газодренажных скважин	<i>i</i> 6	8	13	12	12	7	52	5	20
7. Обратная засыпка песком средней крупности с уплотнением пазух котлована	<i>i</i> 7	9	11	9	13	14	56	9	72
8. Устройство «стены в грунте»	<i>i</i> 8	10	10	8	9	18	55	8	56
9. Устройство слоя щебня с его обработкой битумными эмульсиями	<i>i</i> 9	13	5	7	15	9	49	2	2
10. Устройство сплошной монолитной железобетонной плиты в основании здания	<i>i</i> 10	6	15	6	14	11	52	5	20
11. Устройство многослойной гидроизоляции плиты основания и боковых наружных стен в заглубленной части	<i>i</i> 11	11	6	14	8	13	52	5	20
12. Устройство бетонных полов и полов со специальными полимерными покрытиями	<i>i</i> 12	14	9	11	7	10	51	4	12
13. Устройство защитных полимерных пленок, размещенных в конструкции полов помещений подземной части зданий или первого этажа, если подземная часть отсутствует	<i>i</i> 13	12	7	13	6	12	50	3	6
14. Устройство системы вентиляции подземных помещений зданий	<i>i</i> 14	1	2	3	1	4	11	-37	1 332
15. Устройство автоматической газозащитной системы, состоящей из комплекса газового контроля	<i>i</i> 15	2	1	4	4	1	12	-36	1 260
16. Установка металлических решеток на окнах и усиленных коробок в дверных проемах с обивкой оцинкованной сталью по асбоцементу (на первых, цокольных и подземных этажах здания)	<i>i</i> 16	5	3	5	5	5	23	-25	600
17. Уплотнение (герметизация) стыков, швов, вводов инженерных коммуникаций	<i>i</i> 17	3	4	1	2	2	12	-36	1 260
18. Благоустройство в соответствии с проектными решениями, в том числе устройство зеленых газонов, посев трав и растений	<i>i</i> 18	4	8	2	3	3	20	-28	756
	Σ	171	171	171	171	171	855	0	9 533

Для определения согласованности мнений экспертов рассчитано значение коэффициента конкордации **Кендалла**:

$$Wi = \frac{12 \times 9533}{5^2 \times (18^3 - 18) - 5 \times 1} = 0,79.$$

Для проверки неслучайности согласия экспертов рассчитано значение критерия **Пирсона**:

$$\chi_P^2 = W \times m \times (i - 1) = 0,79 \times 5 \times 14 = 66,9.$$

Сравниваем расчетное значение критерия Пирсона с табличным [72] при уровне статистической значимости $\alpha = 0,01$. Так как $\chi_T^2 = 66,9$, то верно неравенство $\chi_P^2 > \chi_T^2$, что подтверждает гипотезу о неслучайности экспертного согласия. Кроме того, коэффициент конкордации существенно отличается от нуля, и расчетное значение критерия Пирсона больше табличного (χ_P^2) = 33,4, следовательно, экспертные мнения достаточно согласованны и неслучайны, а результаты могут использоваться в исследовании.

Далее строится априорная диаграмма рангов. Априорная диаграмма рангов представлена на Рисунке 13.

По результатам экспертного опроса применительно к категории потенциально опасных грунтов, с учетом ярко выраженных скачков на диаграмме априорного ранжирования, экспертами выявлена группа эффективных работ, что позволило систематизировать ее в комплекс.

В связи с тем, что эксперты распределяли работы по рангам в порядке убывания степени их влияния на результирующий признак [45], как приоритетный для достижения результата (газозащита здания) для потенциально опасных грунтов определен Комплекс 3, которому, исходя из характера вошедших в него работ, присвоено условное наименование «Сосредоточение выхода биогаза направленным удалением».

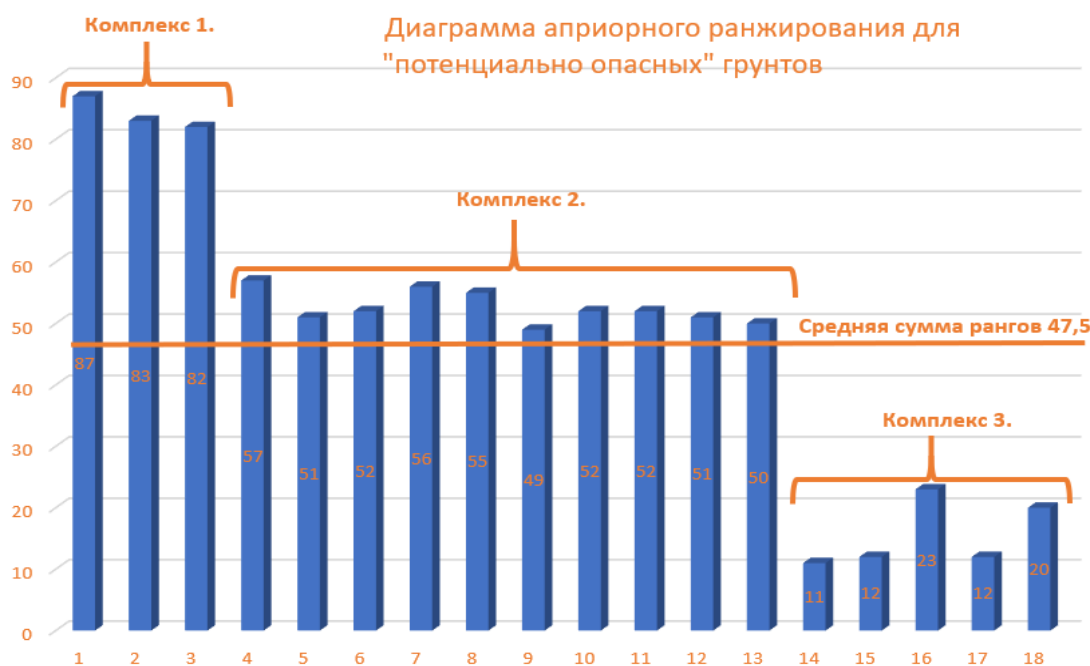


Рисунок 13 – Диаграмма априорного ранжирования для категории потенциально опасных грунтов

Все работы, включенные в указанный комплекс, имеют сумму рангов ниже средней суммы рангов, что дополнительно подтверждает правильность их выбора в качестве приоритетных для газозащиты на соответствующей категории.

Комплекс 3. Сосредоточение выхода биогаза направленным удалением:

14. Устройство системы вентиляции подземных помещений зданий;
15. Устройство автоматической газозащитной системы, состоящей из комплекса газового контроля;
16. Установка металлических решеток на окнах и усиленных коробок в дверных проемах с обивкой оцинкованной сталью по асбоцементу (на первых, цокольных и подземных этажах здания);
17. Уплотнение (герметизация) стыков, швов, вводов инженерных коммуникаций;
18. Благоустройство в соответствии с проектными решениями, в том числе устройство зеленых газонов, посев трав и растений.

Результаты экспертного опроса по перечню мероприятий применительно к комбинации потенциально опасных и опасных грунтов представлены в Таблице 8.

Таблица 8 – Таблица априорного ранжирования для комбинации потенциально опасных и опасных грунтов

Наименование	Условное обозначение работы	Условные номера экспертов, m					Сумма рангов	Отклонения	Квадраты отклонений
		1	2	3	4	5			
		<i>i'</i>	<i>i'</i>	<i>i'</i>	<i>i'</i>	<i>i'</i>			
1. Мелиорация токсичных грунтов, перекрытие загрязненных почв слоем потенциально плодородных пород и/или создание защитного слоя (экрана)	<i>i1'</i>	13	12	11	11	13	60	12,5	156
2. Выемка экологически опасных, насыпных грунтов на всю мощность их залегания. Погрузка на самосвалы и вывоз на полигон переработки отходов грунтов (отходов IV и выше класса опасности)	<i>i2'</i>	12	11	13	12	11	59	11,5	132
3. Обратная засыпка грунтом с уплотнением взамен вынутого газонасыщенного грунта	<i>i3'</i>	11	13	12	13	12	61	13,5	182
4. Устройство пластового газового дренажа под зданием	<i>i4'</i>	1	1	4	1	2	9	-38,5	1 482
5. Устройство газодренажных траншей, образующихся за счет отсыпки пазух котлована песком (щебнем)	<i>i5'</i>	2	3	1	2	4	12	-35,5	1 260
6. Устройство газодренажных скважин	<i>i6'</i>	4	4	2	3	1	14	-33,5	1 122
7. Обратная засыпка песком средней крупности с уплотнением пазух котлована	<i>i7'</i>	3	2	3	4	3	15	-32,5	1 056
8. Устройство «стены в грунте»	<i>i8'</i>	10	8	6	5	9	38	-9,5	90
9. Устройство слоя щебня с его обработкой битумными эмульсиями	<i>i9'</i>	9	10	5	9	7	40	-7,5	56
10. Устройство сплошной монолитной железобетонной плиты в основании здания	<i>i10'</i>	6	5	10	10	8	39	-8,5	72
11. Устройство многослойной гидроизоляции плиты основания и боковых наружных стен в заглубленной части	<i>i11'</i>	7	6	8	8	6	35	-12,5	156
12. Устройство бетонных полов и полов со специальными полимерными покрытиями	<i>i12'</i>	8	7	9	7	5	36	-11,5	132
13. Устройство защитных полимерных пленок, размещенных в конструкции полов помещений подземной части зданий или первого этажа, если подземная часть отсутствует	<i>i13'</i>	5	9	7	6	10	37	-10,5	110
14. Устройство системы вентиляции подземных помещений зданий	<i>i14'</i>	14	18	16	16	15	79	31,5	992
15. Устройство автоматической газозащитной системы, состоящей из комплекса газового контроля	<i>i15'</i>	15	14	18	14	16	77	29,5	870
16. Установка металлических решеток на окнах и усиленных коробок в дверных проемах с обивкой оцинкованной сталью по	<i>i16'</i>	16	15	14	18	17	80	32,5	1 056

Наименование	Условное обозначение работы	Условные номера экспертов, m					Сумма рангов	Отклонения	Квадраты отклонений
		1	2	3	4	5			
		<i>i'</i>	<i>i'</i>	<i>i'</i>	<i>i'</i>	<i>i'</i>			
асбоцементу (на первых, цокольных и подземных этажах здания)									
17. Уплотнение (герметизация) стыков, швов, вводов инженерных коммуникаций	<i>i17'</i>	17	16	15	17	18	83	35,5	1 260
18. Благоустройство в соответствии с проектными решениями, в том числе устройство зеленых газонов, посев трав и растений	<i>i18'</i>	18	17	17	15	14	81	33,5	1 122
Σ		171	171	171	171	171	855	0	11 311

Для определения согласованности мнений экспертов рассчитано значение коэффициента конкордации **Кендалла**:

$$W_i' = \frac{12 \times 11311}{5^2 \times (18^3 - 18) - 5 \times 1} = 0,93.$$

Для проверки неслучайности согласия экспертов рассчитано значение критерия **Пирсона**:

$$\chi_P^2 = W \times m \times (i - 1) = 0,93 \times 5 \times 17 = 79,4.$$

Сравниваем расчетное значение критерия Пирсона с табличным [72] при уровне статистической значимости $\alpha = 0,01$. Так как $\chi_T^2 = 79,4$, то верно неравенство $\chi_P^2 > \chi_T^2$, что подтверждает гипотезу о неслучайности экспертного согласия. Кроме того, коэффициент конкордации существенно отличается от нуля, и расчетное значение критерия Пирсона больше табличного $\chi_P^2 = 33,4$, следовательно, экспертные мнения достаточно согласованны и неслучайны, а результаты могут использоваться в исследовании.

Затем выполняется построение априорной диаграммы рангов. Априорная диаграмма рангов представлена на Рисунке 14.

По результатам экспертного опроса применительно к комбинации потенциально опасных и опасных грунтов, с учетом ярко выраженных скачков на диаграмме априорного ранжирования, экспертами выявлены группы работ, что позволило систематизировать их в комплекс. В связи с тем, что эксперты распределяли работы по рангам в порядке убывания степени их влияния на результирующий признак [45], как приоритетный для достижения результата (газозащита здания) для потенциально опасных и опасных грунтов определен Комплекс 2, которому, исходя из характера вошедших в него работ, присвоено условное наименование «Конструктивная защита».

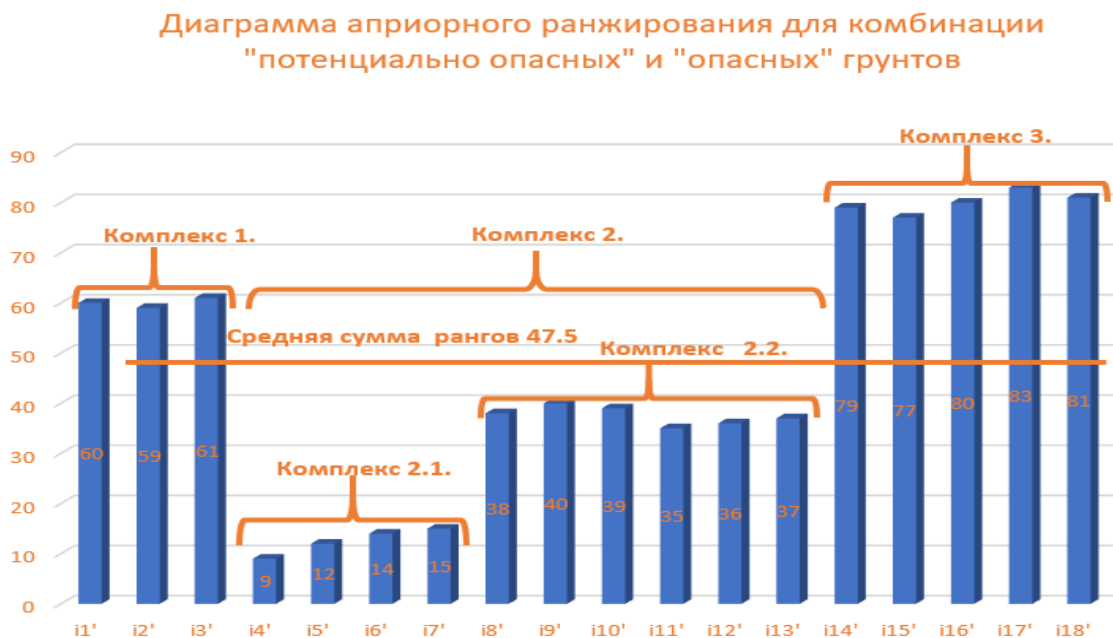


Рисунок 14 – Диаграмма априорного ранжирования для комбинации потенциально опасных и опасных грунтов

Применительно к данной комбинации грунтов, с учетом данных диаграммы априорного ранжирования, работы в Комплексе 2 «Конструктивная защита» разделены экспертами на две группы – Комплекс 2.1 и Комплекс 2.2, которым, исходя из характера вошедших в них работ, присвоены условные наименования «Система биогазовой разгрузки» и «Газонепроницаемые экраны». Все работы, включенные в указанные комплексы, имеют сумму рангов ниже средней суммы

рангов, что дополнительно подтверждает правильность их выбора в качестве приоритетных для газозащиты на соответствующей категории грунтов.

Комплекс 2. Конструктивная защита:

Комплекс 2.1. Система биогазовой разгрузки:

4. Устройство пластового газового дренажа под зданием;
5. Устройство газодренажных траншей, образующихся за счет отсыпки пазух котлована песком (щебнем);
6. Устройство газодренажных скважин;
7. Обратная засыпка песком средней крупности с уплотнением пазух котлована;

Комплекс 2.2. Газонепроницаемые экраны:

8. Устройство «стены в грунте»;
9. Устройство слоя щебня с его обработкой битумными эмульсиями;
10. Устройство сплошной монолитной железобетонной плиты в основании здания;
11. Устройство многослойной гидроизоляции плиты основания и боковых наружных стен в заглубленной части;
12. Устройство бетонных полов и полов со специальными полимерными покрытиями;
13. Устройство защитных полимерных пленок, размещенных в конструкции полов помещений подземной части зданий или первого этажа, если подземная часть отсутствует.

По результатам анализа априорной диаграммы рангов можно сделать выводы, что выбранный для исследования метод экспертной оценки позволил:

- разделить и сгруппировать работы по газозащите применительно к разным категориям грунтов;
- определить необходимость и выделить приоритетность выполнения тех или иных групп работ по газозащите;
- обеспечить их достаточность в достижении цели обеспечения безопасного строительства и последующей эксплуатации здания;

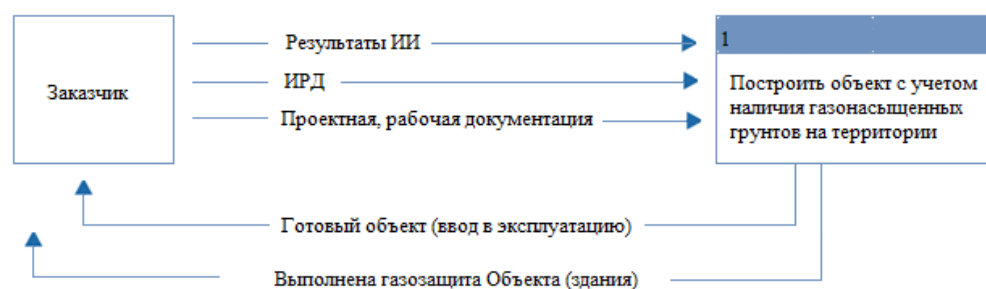
– обеспечить экономическую эффективность строительства зданий включением приоритетных групп работ по газозащите, влияющих на технологические процессы газозащиты;

– на научной основе дополнить конкретными работами содержащиеся в нормативной документации общие условия использования территорий, содержащих биогаз.

3.3. DFD-модель технологических процессов газозащиты при строительстве зданий на газонасыщенных грунтах (микроуровень)

Исходными данными для построения DFD-модели технологических процессов газозащиты при строительстве зданий на газонасыщенных грунтах на микроуровне является построенная ранее DFD-модель строительства объектов на макроуровне, а также результаты априорного ранжирования, изложенные в параграфе 3.2 данной диссертации.

DFD-модель технологических процессов газозащиты при строительстве зданий на газонасыщенных грунтах (микроуровень) применительно к трем комплексам состоит из двух диаграмм: контекстной диаграммы, представленной на Рисунке 15, и диаграммы основных процессов, представленной на Рисунке 23.



Цель: описать процесс строительства Объекта на территории с газонасыщенными грунтами
Точка зрения: исследователь

Рисунок 15 – Контекстная диаграмма DFD-модели технологических процессов газозащиты при строительстве зданий на газонасыщенных грунтах (микроуровень)

В ходе исследования установлено, что в случае выявления при производстве земляных работ техногенного грунта строительство здания необходимо приостановить (Рисунок 16) и выполнить дополнительные инженерно-геологические и экологические изыскания в рамках 2-го этапа исследований с уменьшенной сеткой согласно Таблице 3 и [90; 91].



Рисунок 16 – Фрагмент диаграммы приостановки строительства при выявлении техногенного грунта

До начала проведения экологических исследований необходимо составить программу изысканий, в которую необходимо включить газгеохимические исследования. По результатам изысканий нужно провести анализ полученных данных и при выявлении газов на территории строительства согласно Таблице 2 определить категорию грунтов или наличие их комбинаций на территории строительства. На основании проведенных изысканий следует разработать карту-

схему, фиксирующую участки расположения газонасыщенных грунтов с учетом степени их газогеохимического отношения согласно [91].

Карта-схема геологических и газогеохимических обследований территории выполняется путем наложения размещения точек поверхностных и глубинных проб грунтов на строительный план с указанием скважин и их геологических разрезов, а также глубины залегания газонасыщенных грунтов и – с помощью цветового спектра – послойно их контуров и мощности, как показано на рисунке 17 А, Б, В.

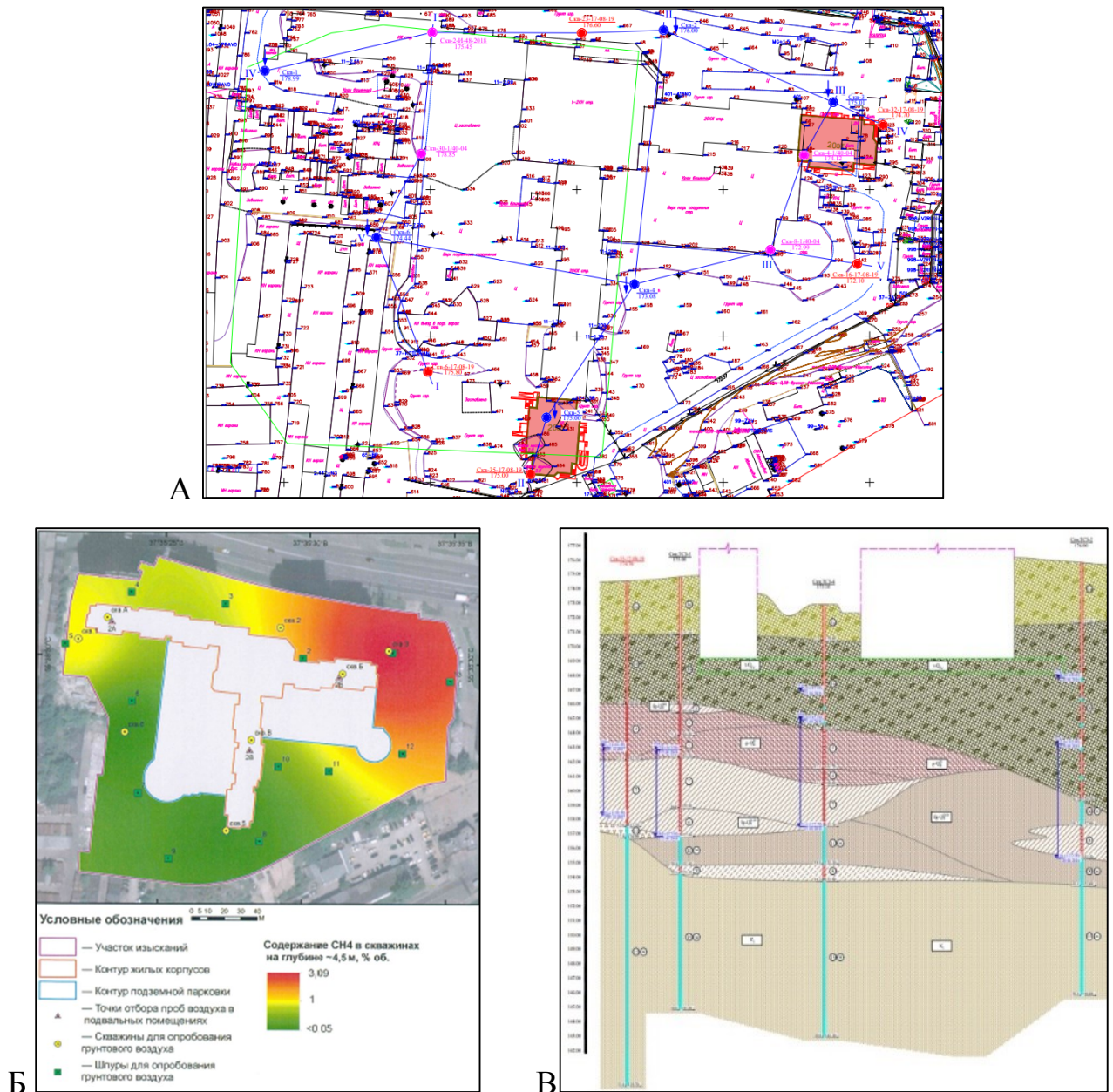


Рисунок 17 А, Б, В – Карта-схема геологических и газогеохимических обследований территории

В зависимости от того, где на карте-схеме, на какой глубине и какой мощности располагаются газонасыщенные грунты, выбирается комплекс газозащиты (Рисунок 18).



Рисунок 18 – Фрагмент диаграммы выбора комплекса газозащиты

Если на территории строительства здания выявлена комбинация опасных и взрывопожароопасных грунтов, то для газозащиты применяется Комплекс 1 (Рисунок 19).

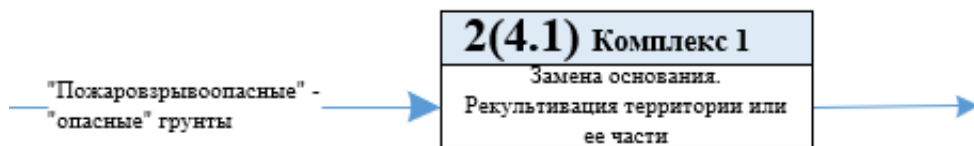


Рисунок 19 – Фрагмент диаграммы выбора Комплекса 1

Если на территории строительства здания выявлена комбинация опасных и потенциально опасных грунтов, то для газозащиты применяется Комплекс 2, в рамках которого, в зависимости от места посадки строящегося здания и размещения детских игровых площадок, могут быть использованы совместно или по отдельности Комплекс 2.1 и Комплекс 2.2 (Рисунок 20).



Рисунок 20 – Фрагмент диаграммы выбора Комплекса 2.1 и Комплекса 2.2

Если на территории строительства здания выявлены только потенциально опасные грунты, то для газозащиты применяется Комплекс 3 (Рисунок 21).



Рисунок 21 – Фрагмент диаграммы выбора Комплекса 3

На основании дополнительных инженерных изысканий выбирается соответствующий комплекс газозащиты, далее выполняется корректировка ранее разработанной проектной документации (Рисунок 22) с включением в нее работ по газозащите, разрабатывается проект производства работ (ППР), после чего строительство объекта возобновляется.

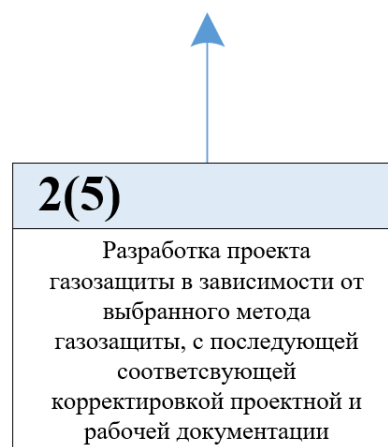


Рисунок 22 – Фрагмент диаграммы корректировки проектной документации

3.4. Технологические процессы газозащиты при строительстве зданий на газонасыщенных грунтах

3.4.1. Комплекс 1. Замена основания, рекультивация территории или ее части для комбинации опасных – взрывопожароопасных грунтов

Для выполнения работ, входящих в технологические процессы газозащиты в рамках Комплекса 1, необходимо использовать DFD-модель, представленную ниже на Рисунке 23.

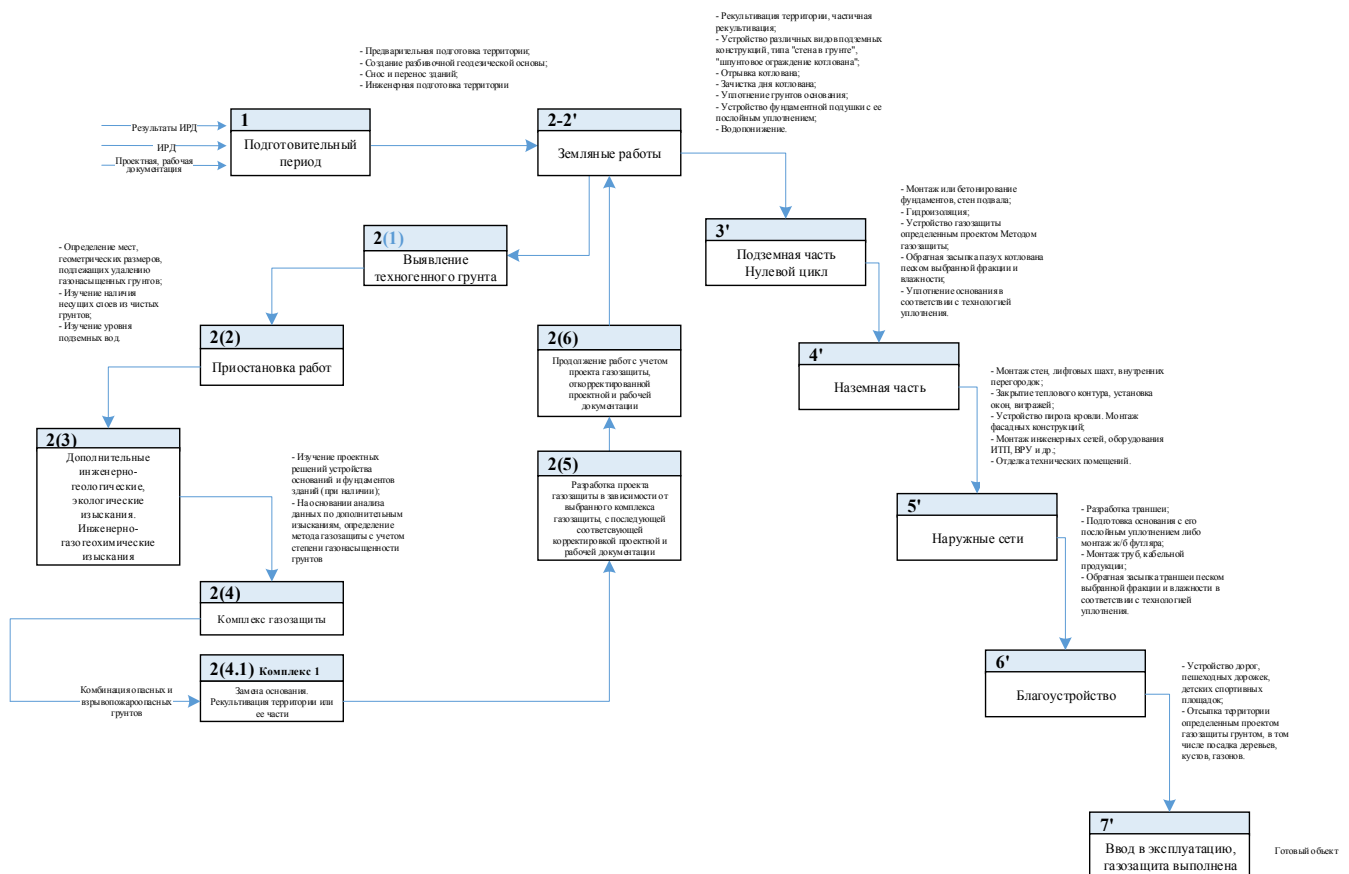


Рисунок 23 – DFD-модель технологических процессов газозащиты зданий при строительстве на газонасыщенных грунтах (микроуровень) для Комплекса 1

В ходе проведения априорного ранжирования выяснилось, что, по мнению экспертов, учитывающему, ко всему, нормы законодательства, газозащита при комбинации опасных и взрывопожароопасных грунтов включает в себя три работы,

влияющие на обеспечение снижения уровня газогенерации грунтов и предусматривающие замену техногенных грунтов грунтами с требуемыми физико-химическими характеристиками:

1. Мелиорация токсичных грунтов, перекрытие загрязненных почв слоем потенциально плодородных пород и/или создание защитного слоя (экрана);

2. Выемка экологически опасных, насыпных грунтов на всю мощность их залегания. Погрузка на самосвалы и вывоз на полигон переработки отходов грунтов (отходов IV и выше класса опасности);

3. Обратная засыпка песком средней крупности с уплотнением взамен вынутого газонасыщенного грунта.

Мелиоративные мероприятия, как и рекультивация грунтов, предусматривают последовательное выполнение работ.

Подготовительный период:

- проведение работ по созданию разбивочной геодезической основы;
- устройство ограждения;
- устройство временных дорог и пешеходных переходов;
- прокладка-перекладка инженерных сетей;
- демонтаж имеющихся сооружений;
- организация строительного участка с комплексом подсобных зданий и сооружений;
- вырубка (пересадка) деревьев и кустарников, корчевка пней и засыпка ям;
- подготовка кузовов автосамосвалов.

Основной период проведения рекультивационных работ делится на два этапа: 1 этап – выемка и вывоз загрязненных грунтов, 2 этап – завоз и засыпка чистых грунтов.

Основной период предусматривает выполнение следующих работ:

- разработку загрязненных грунтов с помощью бульдозеров и экскаваторов;
- работу на отвале с последующей погрузкой грунтов на автотранспорт;
- вывоз загрязненных грунтов на полигон, завоз чистых грунтов или песка, в зависимости от проектных решений;

- засыпка чистых грунтов или песка;
- проведение планировочных работ и работ по уплотнению грунта/песка;
- демонтаж временных дорог, зданий.

Вывоз и утилизация свалочных грунтов должны осуществляться на специализированные полигоны.

Продолжительность ликвидации загрязненных грунтов должна определяться исходя из объемов земляных работ, принятой технологии и календарного графика рекультивации территории. После проведения работ по удалению загрязненных грунтов проектом должно быть предусмотрено исследование подстилающих грунтов на предмет их загрязнения, по результатам которого должны быть сделаны выводы о необходимости изымания 1 м подстилающих грунтов.

Обратная засыпка рекультивированной территории проводится до отметок поверхности земли, с учетом котлована под строительство объекта (если он будет располагаться). Обратная засыпка может производиться как грунтом типа глины, так и песком – в зависимости от разработанных проектных решений.

При производстве работ необходимо осуществлять лабораторный контроль качества выполнения рекультивации по геохимическим и газогеохимическим показателям.

Экологически чистые грунты, пригодные по условиям газогенерации, можно использовать, в частности, для обратной засыпки без вывоза с территории.

По завершении работ необходимо выполнить исполнительную съемку выборки газонасыщенного грунта при производстве работ.

Основной период проведения мелиоративных работ (биологический этап)

Для начала необходимо произвести выколачивание обваловки экскаватором в сторону рекультивируемого участка с формированием пологих переходов от рекультивированного участка к окружающей территории с крутизной откосов (отношение высоты откоса к горизонтальному положению) не более 1:5.

До подготовки к созданию плодородного слоя выполняют планировку участка, пока не станет вертикальных перепадов высоты более 0,25 м.

Для формирования плодородного слоя участок необходимо мульчировать торфом. Торф разравнивается ковшем экскаватора слоем 0,05 м на поверхности и откосах рекультивируемого участка. Далее необходимо выполнить агротехническую обработку (фрезерование) участка с внесением удобрений и формированием на поверхности почвы рыхлой торфо-минеральной смеси.

3.4.2. Комплекс 2. Конструктивная защита

Для выполнения работ, входящих в технологические процессы газозащиты в рамках Комплекса 2, необходимо использовать DFD-модель, представленную ниже на Рисунке 24.

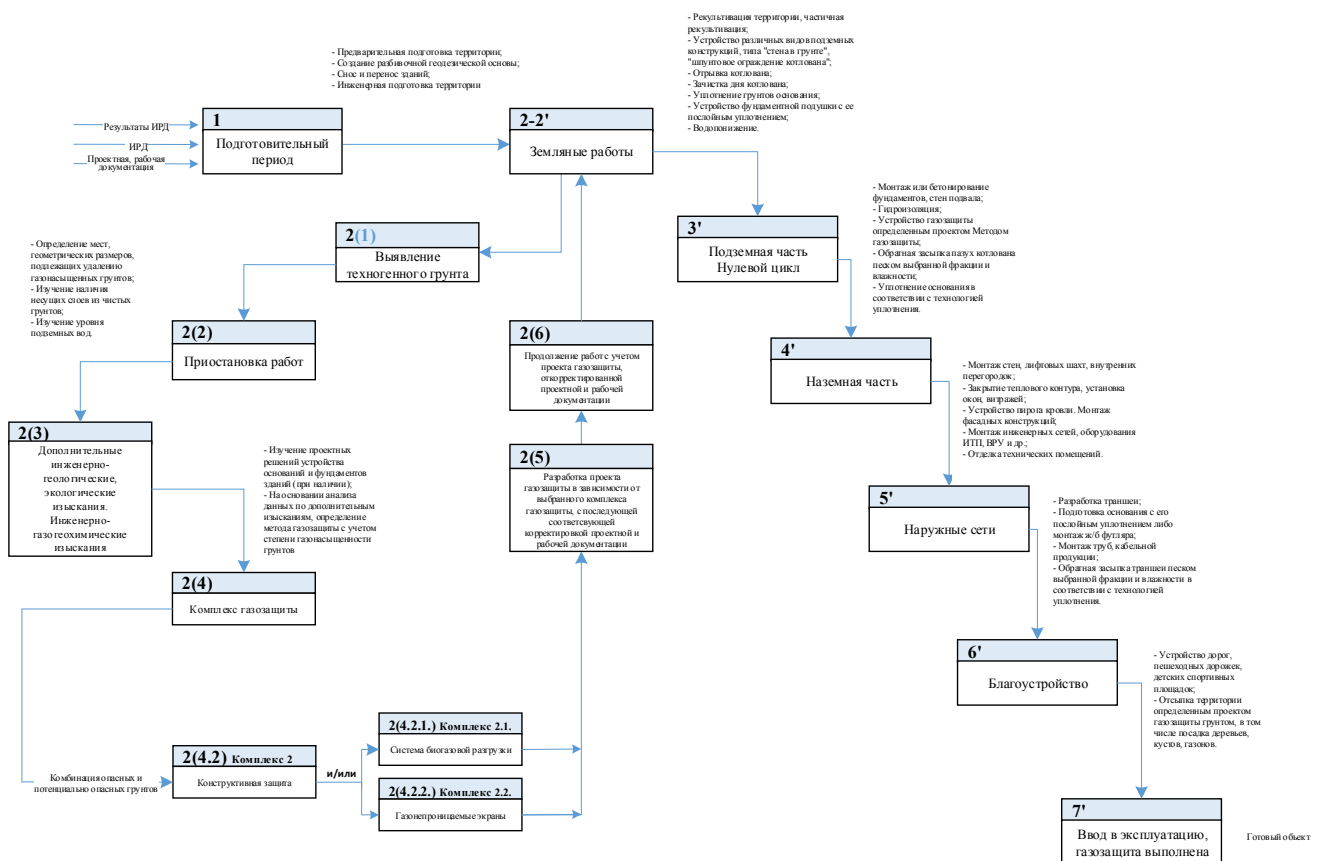


Рисунок 24 – DFD-модель технологических процессов газозащиты зданий при строительстве на газонасыщенных грунтах (микроуровень) для Комплекса 2

Комплекс 2.1. Система биогазовой разгрузки

Работа 4. Устройство пластового газового дренажа под зданием

Подготовительный период

В зависимости от разработанных проектных решений, до начала работ по устройству пластового дренажа должны быть реализованы следующие работы:

- устройство шпунтового ограждения котлована (если предусмотрено проектом);
- работы по монтажу обвязочных двутавровых балок (если предусмотрено проектом);
- разработка котлована до проектных отметок в соответствии с ППР;
- устройство свайного поля (если предусмотрено проектом).

Основной период

Работы по устройству пластового дренажа выполняются в следующей технологической последовательности:

1. Геодезическая разбивка

Геодезическая разбивка траншей и колодцев производится в двух плоскостях – горизонтальной и вертикальной. При вертикальной разбивке определяют глубину траншей и колодцев, при горизонтальной – определяют и закрепляют на местности положение осей траншей и намечают очертание траншей и колодцев в плане.

2. Планировка дна котлована под пластовый дренаж, разработка траншей под прокладку полиэтиленовых труб:

- размеры и глубина траншей принимаются согласно проектным решениям на устройство пластового дренажа;
- разработка грунта траншей и планировка основания под пластовый дренаж производится вручную;
- выравнивание грунта основания котлована под пластовый дренаж осуществляется по вынесенным в ходе геодезической разбивки отметкам с помощью визирок до достижения проектных отметок;
- крутизна откосов принимается по СНиП 12-04-2002.

3. Устройство ЖБ-основания под горизонтальные дренажные трубы

Возведение железобетонного основания под дренажные трубы согласно проектным решениям. Работы по устройству опалубки и вязке арматуры ведутся вручную. Подача бетонной смеси в опалубку осуществляется автокраном.

Работы по возведению оснований под горизонтальные дренажные трубы ведутся в следующей технологической последовательности:

- 1) устройство бетонной подготовки;
- 2) установка арматуры;
- 3) установка формообразующей опалубки;
- 4) бетонирование.

4. Устройство фильтрующей постели пластового дренажа

Фильтрующая постель пластового дренажа устраивается в виде засыпки слоем песка толщиной согласно проектным решениям на устройство пластового дренажа с последующим уплотнением до получения основания с коэффициентом уплотнения не менее $k_{упл} = 0,98$. Песок, применяемый для устройства постели, должен иметь k_f не менее 5 м/сут.

Засыпка и уплотнение производятся вручную до проектных отметок. Работы ведутся послойно, с толщиной каждого отсыпаемого слоя не более 25 см. По мере засыпки осуществляется уплотнение каждого слоя песчаной постели до достижения коэффициента уплотнения $k_{упл} = 0,98$.

Уплотнение необходимо производить виброплитой. Число проходов должно быть 3–4, при этом каждый последующий проход виброплитой должен перекрывать след предыдущей на 10–20 см. Для достижения плотности уплотняемого грунта до $k_{упл} = 0,98$ время уплотнения по одному следу должно быть не менее 20 секунд.

5. Прокладка горизонтальных дренажных труб

Согласно проектным решениям, дренажные трубы в траншею укладывают горизонтально на подготовленное железобетонное основание, выполненное с уклоном.

Монтаж трубопровода выполняется на дне траншеи, где трубы последовательно одна за другой вставляются в раструб муфты, надетой на гладкий конец предыдущей трубы. Монтаж соединений выполняют с помощью рычага, который упирается в перекладину, устраиваемую поперек сечения гладкого концадвигаемой трубы. При монтаже нужно обеспечить соответствие расположения монтируемого трубопровода проектному: его прямолинейность достигается обсыпкой грунтом, фиксирующим его, а уклон контролируется нивелиром. Монтажные работы выполняются вручную.

6. Защита пластового дренажа и дренажных труб фильтрующим полотном

Учитывая решения, принятые в проекте, по завершении монтажных работ трубопровод дренажа, а также участки пластового дренажа необходимо обсыпать дренирующими обсыпками, на которые далее укладывается защитно-фильтрующая оболочка из нетканого синтетического полотна.

Данная оболочка плотно укладывается в траншею под установленный в проектное положение трубопровод, затем засыпается сверху гранитным щебнем фракции 5–20 мм на величину, определенную проектом. После этого полотнищем нетканого синтетического материала перекрывают сверху засыпанный участок. При этом края полотнища по всей длине устройства замыкаются (свариваются) над засыпанным трубопроводом, образуя замкнутый контур.

Укладка синтетического полотна на участках пластового дренажа должна обеспечивать прилегание полотна по всей площади без пропусков и разрывов. Укладка производится равномерно и аккуратно во избежание повреждения полотнища.

7. Устройство дренажной фильтрующей обсыпки с защитой армированной пленкой

По окончании работ по устройству защитно-фильтрующей оболочки поверх участков дренажного трубопровода и пластового дренажа устраивается дренажная фильтрующая обсыпка из песка с коэффициентом фильтрации не менее $k_{\phi} = 5$ м/сут или гранитного щебня фракции 5–20 мм согласно проектным решениям. Обсыпка

производится вручную послойно до проектных отметок с соблюдением проектных уклонов.

На участках пластового дренажа поверх обсыпки укладывается армированная пленка в 2 слоя. При укладке необходимо обеспечить плотное прилегание пленки по всей площади без пропусков и разрывов. Укладка производится равномерно и аккуратно во избежание повреждения материала.

8. Монтаж колодцев

Смотровые и перепадные колодцы возводятся из сборных железобетонных элементов – опорных колец, труб диаметром 1000 мм, горловинных колец и плит перекрытия. Опорные кольца устанавливаются на монолитное железобетонное днище. До начала работ по возведению основания под колодцы необходимо изготовить на дне котлована бетонную подготовку толщиной 100 мм. Укладку и присоединение дренажных труб производят после проверки соответствия отметок основания проектным и по достижении прочности бетона в основании не менее 50 % от проектной.

9. Сопряжение труб пластового дренажа с пристенным дренажем

Объединение систем пластового и пристенного дренажа осуществляется через смотровые и перепадные колодцы, устанавливаемые по периметру здания.

Работа 5. Устройство газодренажных траншей, образующихся за счет отсыпки пазух котлована песком (щебнем) и Работа 7. Обратная засыпка песком средней крупности с уплотнением пазух котлована

Подготовительный период:

– определить размеры и разметить контур территории устройства газодренажных траншей, пристенного (кольцевого) газового дренажа из крупного и средней крупности песка;

– выполнить планировку территории для возможности прохождения экскаватора для выполнения разработки грунта (строительного мусора) пазух котлована, самосвалов – для возможности вывоза грунта, а также для проезда и размещения другой строительной техники и оборудования;

– определить очередность разработки грунта (возможно – строительного мусора) пазух котлована.

Основной период:

– выполнить разработку грунта (возможно – строительного мусора) пазух котлована. Размеры (ширину и глубину) определить проектом. Разработку необходимо выполнить до отметки низа устроенного под фундаментной плитой пластового газового дренажа при естественных откосах с уклоном 38–40°, с оставлением недобора 40 см, срезаемого вручную;

– очистка и подготовка наружных стен подземной части здания к устройству гидроизоляции согласно проекту и в соответствии с требованиями нормативных документов к качеству выполнения работ;

– устройство утепления верхней части стен подземной части здания со стороны вырытых пазух котлована согласно проекту;

– устройство (наклейка) гидроизоляции наружных стен подземной части здания со стороны вырытых пазух котлована согласно проекту и в соответствии с требованиями нормативных документов к качеству выполнения работ.

Все выполненные работы должны быть зафиксированы актами на скрытые работы с указанием отметки расположения нижней отметки слоя гидроизоляции;

– устройство газодренажных траншей, пристенного (кольцевого) газового дренажа вокруг здания из крупного песка с послойным уплотнением до значения коэффициента уплотнения $k_{упл} = 0,96–0,97$, до плотности грунта $\geq 1,65$ т/м³;

– отсыпка слоя щебня: толщину определить проектом, уплотнить до максимальной плотности визуально ручными виброплитами весом 60–80 кг (например, виброплитами: Diam ML-60/2.8 L, Atlas Copco LF75 LAT и т. д.);

– отсыпка песка (крупного или средней крупности в зависимости от мест укладки) слоями, толщину определить проектом, с послойным уплотнением до значения коэффициента уплотнения $k_{упл} = 0,96–0,97$, до плотности $\geq 1,65$ т/м³ ручными виброплитами весом 60–80 кг (например, виброплитами: Diam ML-60/2.8 L, Atlas Copco LF75 LAT и т. д.) – высота уплотненного песка до 3 м.

Для обеспечения сохранности вновь устроенной гидроизоляции наружных стен подземной части здания расстояние от линии работы ручной виброплиты гидроизоляции наружных стен должно быть равно 0,45 м. Пески автоматически будут уплотняться при уплотнении вышележащих слоев песка;

– контроль степени уплотнения каждого уплотненного слоя песка пенетрометром статического действия (например, ПСГ-МГ4 и др.), предназначенного для ускоренного контроля качества уплотнения грунта в процессе выполнения всей работы;

– отсыпка песка (крупного или средней крупности песка в зависимости от мест укладки) слоями, толщину определить проектом, с послойным уплотнением до значения коэффициента уплотнения $k_{упл} = 0,96-0,97$, до плотности $\geq 1,65$ т/м³ вибрационными грунтовыми виброкатками массой до 4 т (например, катками BOMAG BW 124 DH-3) – с высоты 3 м уплотненного песка до завершения работ по уплотнению песка.

По завершении работ по устройству газодренажных траншей, пристенного (кольцевого) газового дренажа вокруг здания необходимо выполнить работы по благоустройству территории. Любая возможность попадания атмосферных осадков и аварийных (например из коммуникаций) протечек под здание через пески устроенных траншей, пристенного (кольцевого) газового дренажа должна быть исключена.

Работа 6. Устройство газодренажных скважин

Через систему металлических или пластмассовых труб осуществляется вывод метана и других газов из гравийного слоя в окружающее пространство. Газоразгрузочные скважины (Рисунок 25) представляют собой засыпанные гравием скважины диаметром ~250 мм, глубиной до проектной отметки заложения дренажного слоя над трубами водного дренажа. В приустьевой части каждая скважина засыпается плодородным слоем грунта толщиной 40 см до уровня поверхности земли.



Рисунок 25 – Устройство газоразгрузочных скважин

Скважины располагаются в пределах засыпанных пазух котлована.

Комплекс 2.2. Газонепроницаемые экраны

Работа 8. Устройство «стены в грунте» (описание технологии работ с непрерывным заполнением захваток)

Технология возведения монолитной «стены в грунте» состоит из следующих этапов: разделение траншеи на отдельные секции-захватки путем установки в траншею ограничителей, заполнение бетонной смесью секций-захваток последовательно или через одну с обеспечением плотного сопряжения секций стены между собой. Длина захватки назначается в пределах от 3 до 6 м и определяется:

- условиями обеспечения устойчивости траншеи;
- принятой интенсивностью бетонирования;
- типом машины, разрабатывающей траншею;
- конструкцией и назначением стен возводимого сооружения.

При длине захватки более 3 м бетонирование должно проводиться через две трубы одновременно.

Работы по возведению монолитной «стены в грунте», являющейся газозащитным экраном, должны быть максимально механизированы, выполняться поточным методом с максимальным совмещением работ во времени.

Перед устройством «стены в грунте» необходимо выполнить следующие виды работ.

Подготовительный этап:

- принять у заказчика по акту схемы размещения пунктов ГРО, а также строительную площадку;
- выполнить монтаж бытового городка;
- произвести устройство завода ГСУ;
- выполнить работы по устройству форшахты и временной (технологической) дороги;
- установить и разработать зумпф 10 x 10 x 2 м и огородить по контуру блоками ФБС;
- определить место складирования материалов;
- установить «стапель»;
- произвести геодезические работы по разбивке размеров, и высотных отметок осей, и габаритов котлована для выемки грунта;
- доставить на строительную площадку необходимую технику и оборудование;
- подписать акты допуска о совместных мероприятиях по охране труда и технике безопасности со смежными организациями.

Основной период устройства «стены в грунте»

Разработка траншеи

Разработку траншеи следует осуществлять после устройства форшахты под защитой глинистого раствора отдельными захватками вдоль оси «стены в грунте» поочередно, при этом разработку соседней захватки следует проводить не ранее чем через сутки после бетонирования предыдущей.

По мере разработки грунта в захватку производится непрерывная подача глинистого раствора. Уровень глинистого раствора в разрабатываемой траншее необходимо поддерживать на постоянной отметке, которая должна быть выше низа форшахты не менее чем на 0,5 м.

После завершения разработки траншеи должна производиться зачистка дна траншеи от шлама с учетом [32; 101; 108].

После зачистки дна от шлама необходимо проверить соответствие фактической глубины разработанной траншеи на каждой захватке с помощью повторного опускания грейферного оборудования в разработанную траншею, что зафиксировать в дальнейшем составлением акта освидетельствования скрытых работ на каждую разработанную захватку траншеи.

Технологическая последовательность производства работ:

- разработать грунт в форшахте без бентонита и только после заглубления на 1,5 м, подать в форшахту первую порцию бентонитового раствора;
- произвести разработку траншеи грейферной установкой;
- не допуская разливов бентонитового раствора, поднять рабочий орган с породой;
- развернуть стрелу грейферной установки на 180° и опорожнить ковш рядом с грейферной установкой, откуда разработанный грунт переместить экскаватором-погрузчиком в автосамосвал;
- стрелу грейферной установки развернуть, опустить в котлован и возобновить разработку грунта. При необходимости выполнить замену бентонитовой суспензии в захватках на свежеприготовленную или подвергнутую регенерации;
- извлечь ограничительный элемент Stopsol смежной захватки;
- установить ограничительный элемент Stopsol на границе захватки – порода должна быть выше низа форшахты не менее чем на 0,5 м.

В соответствии с проектом осуществляется армирование «стены в грунте» цельными пространственными каркасами из стержневой стали, которые изготавливаются в специально отведенном месте (стапель) на территории, отведенной под строительство. Готовые каркасы хранят на деревянных подкладках под навесом или укрывают их брезентом или непромокаемой тканью.

Приготовление глинистого раствора осуществляется в следующем порядке:

- из силоса сухой бентонитовый глинопорошок при помощи шнекового трубопровода подается в смесительную установку, куда одновременно поступает вода;
- компоненты перемешиваются в смесителе в течение времени, определяемого паспортом оборудования;
- приготовленный раствор плотностью = 1,035 или 1,07 г/см³ через выходное отверстие смесителя и трубопровода ДУ100 поступает в накопительные контейнер-емкости $V = 50 \text{ м}^3$ для чистого раствора;
- из накопительной емкости бентонитовый раствор шламовым насосом по трубопроводу ДУ 100 длиной до 400 м подается в разрабатываемую захватку траншеи;
- загрязненный раствор из траншеи откачивается насосом на установку регенерации (десандер), где предварительно попадает на вибросита и далее через гидроциклоны ВЕ 500 сливается в контейнер-емкости для рабочего бентонитового раствора;
- продукты очистки из десандера сбрасываются в отвал для отходов и далее убираются погрузчиком.

Контроль качества глинистых растворов предусматривает определение основных показателей глинистого раствора и соответствие их заданным в проекте и производится не менее одного раза в смену работниками ГСУ, производящими работы по устройству конструкции «стена в грунте».

Бетонирование захватки «стены в грунте»:

- укладку бетона в выработку начинают после установки и фиксации в проектном положении арматурного каркаса;
- укладку бетона в траншею следует производить не позднее 8 ч после окончания разработки грунта и не позднее 4 ч после опускания в выработку арматурного каркаса.

Чтобы предотвратить расслаивание глинистого раствора в выработке в случае остановок, его необходимо перемешивать грейфером или эрлифтом;

- укладку бетона в траншею осуществляют без остановок. Скорость бетонирования должна быть не менее 20 м/ч, скорость подъема укладываемой бетонной смеси в траншее – не менее 3 м/ч;

- при установке ограничителей секции бетонирования необходимо соблюдать вертикальность положения, проектное расстояние между ними, отметку верха ограничителя;

- бетонирование после аварийного перерыва допускается возобновлять только при условии:

- достижения бетоном прочности 2,0–2,5 МПа;

- обеспечения надежной связи вновь укладываемого бетона с затвердевшим бетоном;

- по оси захватки с опиранием на форшахту через металлическую рамку ввести в траншею нижнюю и последующие секции бетонолитной трубы, смонтировать приемный бункер.

Бетонолитную трубу собирают из инвентарных секций до полной длины с уплотнением стыков между секциями резиновыми прокладками. Эти работы выполняют при помощи крана. Труба должна быть оборудована обратным клапаном, или в горловине бункера бетонолитной трубы можно установить теряемый клапан (резиновый мяч, промывочный мяч средней жесткости или поролоновый промывочный пыж), обеспечивающий свободное прохождение в трубе под воздействием веса бетонной смеси. При введении бетонолитной трубы ее нижний конец должен находиться на 0,2–0,3 м выше дна траншеи;

- произвести подачу бетонной смеси в заходку в требуемом объеме (первая подача бетона порядка 2,5 м³ для формирования низа «стены в грунте» и пригрузки каркаса), далее бетон подается непрерывно.

По мере подачи бетонной смеси бетонолитную трубу поднимать краном, при этом нижний конец трубы должен быть постоянно заглублен в укладываемый бетон на глубину не менее 1,0 м и не более 2 м;

- после выхода верхней секции бетонолитной трубы на поверхности выполнить ее демонтаж. Для этого трубу вывесить на опорной вилке, извлечь

фиксирующий тросик, верхнюю секцию опустить краном на землю, приемный бункер присоединить через патрубок к нижней секции;

– по окончании укладки бетона бетонолитную трубу поднять краном на поверхность 0,5 м, под нижнюю часть трубы поднести фиксаторы, опереть на фиксаторы и демонтировать;

– вытесняемый из траншеи в процессе бетонирования бентонитовый раствор своевременно откачивать грязевым насосом и направлять на очистку и омолаживание с последующим возвратом в работу по схеме, не допуская разливов бентонитового раствора на строительную площадку;

– транспортировать бетонную смесь следует автобетоносмесителями.

Укладку бетонной смеси следует производить до начала схватывания бетона с момента его приготовления с учетом времени на укладку;

– осуществить очистку и промывку водой бетонолитной трубы, кейсинга, шлангов для подачи и откачивания бентонитового раствора, накопительных емкостей, шламоборника. Произвести демонтаж бентонитовых трубопроводов и их монтаж для производства работ на следующей захватке. Осуществить перестановку грейферной установки на другую захватку с перекладкой системы энергоснабжения.

Работа 9. Устройство слоя щебня с его обработкой битумными эмульсиями

Устройство газозооащитных экранов из слоя щебня с его обработкой битумными эмульсиями осуществляют только в сухую погоду при температуре воздуха не ниже 5 °С. При температуре воздуха ниже 10 °С необходимо применять эмульсии в теплом виде (с температурой 40–50 °С).

Работы по устройству газозащитного экрана из слоя щебня с его обработкой битумными эмульсиями следует производить в следующей последовательности:

- рытье котлована-траншеи;
- распределение основной фракции щебня в подготовленной траншее;
- уплотнение катком массой 7 т (5 проходов по одному следу);
- розлив 50 % вяжущего от общего расхода;

- распределение расклинивающей фракции щебня;
- уплотнение катком массой 12 т (6 проходов по одному следу);
- розлив 30 % вяжущего от общего расхода;
- распределение второй расклинивающей фракции щебня;
- уплотнение катком массой 12 т (4 прохода по одному следу);
- розлив 20 % вяжущего;
- распределение замыкающей фракции щебня;
- уплотнение катком массой 12 т (4 прохода по одному следу).

При устройстве газозащитного экрана из слоя щебня с его обработкой битумными эмульсиями следует при каждом розливе контролировать температуру вяжущего материала и постоянно визуально определять равномерность распределения материалов и качество уплотнения.

Работа 10. Устройство сплошной монолитной железобетонной плиты в основании здания

Устройство сплошной монолитной фундаментной плиты представляет собой комплекс работ:

- установка опалубки;
- устройство арматурных каркасов;
- бетонирование.

Перед началом строительно-монтажных работ выполняют комплекс геодезических работ.

Для создания геодезической разбивочной основы выполняют:

- построение разбивочной сети строительной площадки;
- вынос в натуру основных или главных осей здания (разбивочных осей);
- построение внешней разбивочной сети здания;
- вынос в натуру внеплощадочных линейных сооружений.

Далее выполняется *основной этап* по устройству фундаментной плиты:

Установка опалубки

В качестве опалубки возможно применять как индивидуальную опалубку, так и модульную.

Опалубку устанавливают по всему периметру фундаментной плиты, начиная с угловых точек. После позиционирования элементы опалубки необходимо сразу подпереть снаружи подкосами, состоящими из консольных подпорок с функциональными распорками, расстояние определяется проектом (в зависимости от типа опалубки).

Устройство арматурных каркасов

Арматуру монтируют в той последовательности, которая обеспечит ее правильное положение и закрепление.

Установка арматуры производится по блокам, начиная с первого. На размеченное основание с интервалом 400 мм укладываются стержни в продольном направлении с одновременным фиксированием расстояния нижней арматуры от основания с помощью пластмассовых фиксаторов (защитный слой).

Стыки продольных стержней по длине соединяются ручной дуговой сваркой. Далее с шагом 400 мм устанавливаются плоские поддерживающие каркасы, изготовленные из отдельных стержней на территории строительства. Места пересечения продольных стержней с каркасами соединяются вязальной проволокой.

После установки поддерживающих арматурных каркасов и крепления их к нижней арматуре укладываются верхние продольные стержни, свариваются соединения дуговой сваркой, одновременно устанавливаются пластмассовые фиксаторы для защитного слоя. После окончания работ на первом блоке производят установку арматуры на втором блоке в той же последовательности.

Бетонирование

Бетонирование фундаментной плиты выполняют блоками, которые образуются путем разрезки массива поперечными и продольными рабочими швами. Объем бетона определяется с учетом возможности непрерывного подвоза и укладки бетонной смеси в конструкцию.

Рабочие швы образуют установкой плоских каркасов, на которые при помощи вязальной проволоки крепят металлическую сетку с ячейками размером не более 10 × 10 мм.

Технологию бетонирования фундаментной плиты выполняют либо с применением автобетононасоса, либо с помощью крана с переносными поворотными бункерами емкостью 1 м³. Схема бетонирования должна быть предусмотрена проектом. Уплотнение бетонной смеси осуществляется глубинными вибраторами. Распалубку необходимо начинать с угловой точки. В первую очередь демонтируются по участкам фланцевые гайки и стержни. Неподпираемая сторона опалубки должна при этом фиксироваться от опрокидывания или сразу же удаляться.

Работа 11. Устройство многослойной гидроизоляции плиты основания и боковых наружных стен в заглубленной части

При устройстве многослойной гидроизоляции используют газоизолирующие мембраны. При устройстве фундаментных плит, стен и перекрытий подвалов из монолитного железобетона или сборных железобетонных элементов мембраны предотвращают проникновение газов через поры, трещины, стыки и воздушные полости в этих конструкциях.

Вид материала мембраны, способы ее крепления к несущему слою конструкции и соединения отдельных частей между собой зависят от места расположения мембраны и вида конструкции.

При устройстве мембраны важно обеспечить ее сплошность в пределах защищаемой площади конструкции и возможность упругопластической деформации при подвижках несущей конструкции.

Рулонная гидроизоляция внешней поверхности фундаментных стен представляет типичный случай устройства мембраны. Однако требования к качеству гидроизоляции, выполняющей одновременно функцию газозащиты, более высоки. При оклейке внешних поверхностей стен рулонными материалами не допускается наличие воздушных полостей между изолирующим материалом и стеной.

Во избежание разрывов и проколов такие мембраны должны наноситься на выровненную, обработанную праймером поверхность, кромки полос материала мембраны должны перекрываться внахлест не менее чем на 30 см и проклеиваться.

В целях выполнения работ по гидроизоляции наружных стен подземной части здания может быть использована полимерная композиция «Поликров». Гидроизоляция выполняется до подошвы бетонной подготовки, устроенной под монолитной железобетонной плитой здания (под ростверком). Полимерная композиция не должна перекрывать слой горизонтального пластового газового дренажа под монолитной железобетонной плитой здания (под ростверком).

Для дополнительной страховки от случайных механических повреждений и подвижек элементов, которые могут привести к разгерметизации конструкции, рекомендуется применять материал в 2 слоя.

Работа 12. Устройство бетонных полов и полов со специальными полимерными покрытиями

Бетонные покрытия выполняются по грунтовым основаниям, подстилающим бетонным слоям, железобетонным плитам перекрытий и по цементно-песчаным стяжкам марки не ниже 150. Для приготовления бетона применяется портландцемент марки не ниже 400, щебень или гравий, крупно- или среднезернистый песок и вода. Для безыскровых (взрывобезопасных) бетонных покрытий используется щебень, песок из известняка, а также каменные материалы, которые не образуют искр при ударах стальными и каменными предметами.

Технология производства работ при устройстве бетонных полов по грунтовым основаниям отличается от устройства бетонных подстилающих слоев тем, что лицевую поверхность пола дополнительно отделывают или упрочняют по аналогии с бетонными покрытиями, устраиваемыми по бетонной подготовке, плите перекрытия или стяжке.

Перед началом выполнения работ по укладке бетонных покрытий подготавливается нижележащий слой: очищается от грязи и пыли, жировых пятен, заделываются щели между сборными плитами перекрытий, места примыканий к стенам, а также монтажные отверстия. На нижележащий слой устанавливаются маячные рейки (деревянные бруски или стальные трубы) высотой и диаметром, соответствующим толщине покрытия. Первый ряд маячных реек размещается параллельно длинной стороне стены на расстоянии 0,5–0,6 м от стены,

противоположной входу в помещение, а следующие ряды – параллельно первому на расстоянии до 3 м. Рейки раскладываются сразу по всей площади или отдельными участками, стыкуясь по оси со смещением на ширину рейки.

Бетонная смесь укладывается на подготовленный нижележащий слой между маячными рейками полосами через одну, разравнивается скребками или лопатами. Поверхность выровненного бетонного слоя, с учетом последующей его осадки в процессе виброобработки, должна быть на 3–5 мм выше маячных реек. Оставленные полосы бетонируются после снятия маячных реек с использованием уже забетонированных полос в качестве опалубки и направляющих. Для предотвращения деформации пола при возможной осадке здания – при укладке бетонной смеси устанавливаются прокладки из толя в местах примыкания покрытий к колоннам. Разрезка покрытий на отдельные карты не допускается.

Уплотнение смеси производится виброрейками. Первичная обработка покрытия затирочными и заглаживающими машинами производится после уплотнения бетонной смеси и схватывания ее до состояния, когда на поверхности при хождении остаются легкие следы. Поверхностная пропитка полимерными покрытиями производится не ранее чем через 10 суток после укладки бетона. Полимерные составы наносятся вручную кистями и валиками или распылением. При обработке в несколько слоев наносить каждый последующий слой полимера можно лишь после того, как предыдущий просохнет и не будет давать отлипа.

Устройство защитных полимерных пленок, размещенных в конструкции полов помещений подземной части зданий или первого этажа, (Работа 13) выполняют до начала работ по укладке бетонной смеси.

3.4.3. Комплекс 3. Сосредоточение выхода биогаза направленным удалением

Для выполнения работ, входящих в технологические процессы газозащиты в рамках Комплекса 3, необходимо использовать DFD-модель, представленную ниже на Рисунке 26.

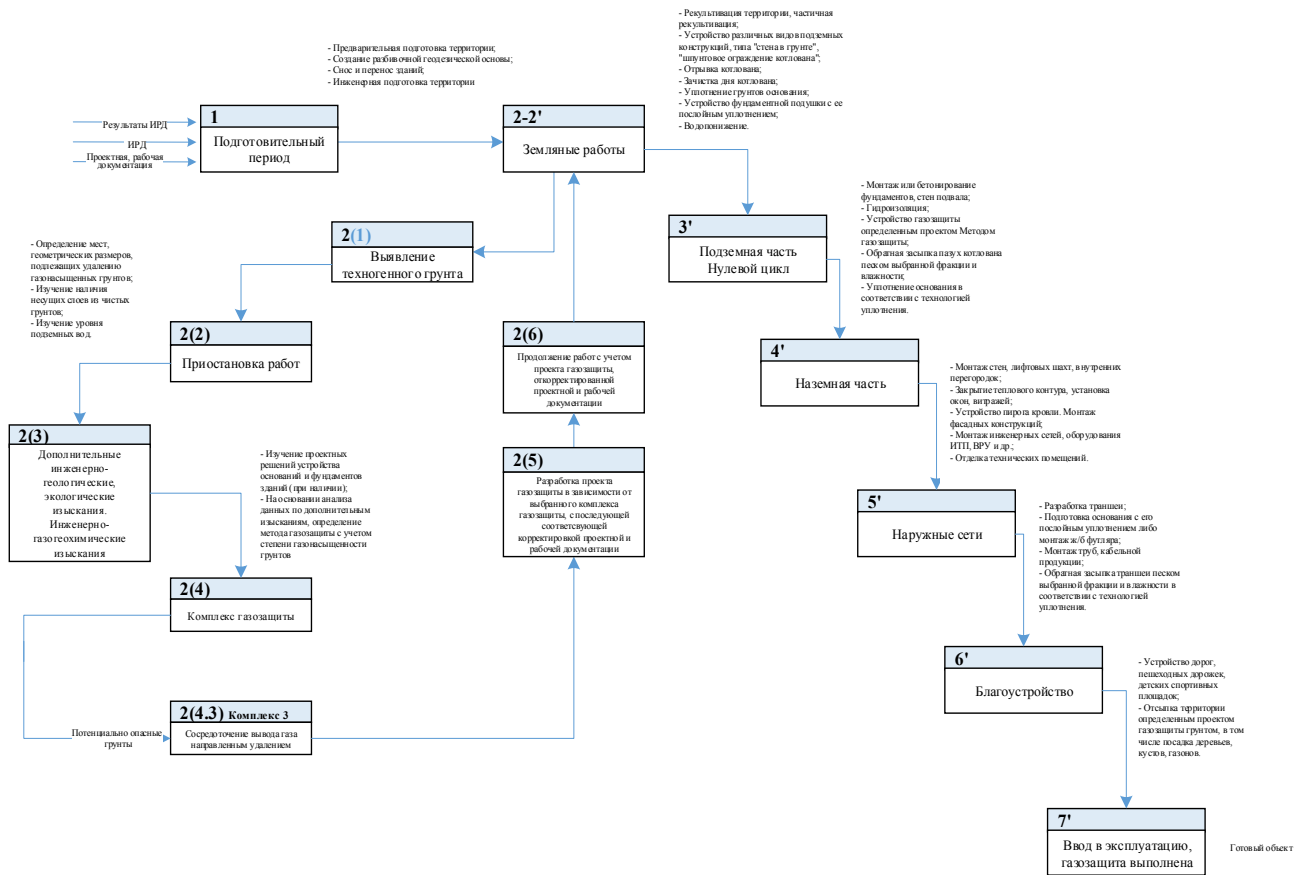


Рисунок 26 – DFD-модель технологических процессов газозащиты зданий при строительстве на газонасыщенных грунтах (микроуровень) для Комплекса 3

Работа 14. Устройство системы вентиляции подземных помещений зданий

В помещениях подземной автостоянки необходимо выполнить приточно-вытяжные системы общеобменной механической вентиляции. Воздухообмен в рабочей зоне автостоянки определен при условии разбавления выделяющихся при работе двигателей автомобилей загрязняющих до величины ПДК. Приток в стоянке предусмотреть в верхнюю зону сосредоточенными струями вдоль проездов. Вытяжку выполнить у мест парковки из двух зон – из верхней и нижней – поровну с последующим выбросом на 1 м выше кровли высотных корпусов. Объем воздухообмена должен составлять не менее 150 куб. м/час на одно машино-место. В автостоянках выполнить установку приборов для измерения концентрации CO и соответствующих сигнальных приборов по контролю CO, предназначенных для

помещений с круглосуточным дежурством персонала. Установки вентиляционных систем выполнить с резервными электродвигателями и резервными насосами в узлах регулирования. Приток выполнить в проезды между машино-местами.

Работа 15. Устройство автоматической газозащитной системы, состоящей из комплекса газового контроля

Принцип действия комплекса газового контроля: через воздухозаборные трубки периодически отбираются пробы воздуха в подвалах или техподпольях, анализируется концентрация биогаза, при повышенной концентрации биогаза в помещениях подвала или техподпольях автоматически включаются вентиляторы в соответствующих помещениях. Одновременно подается сигнал в диспетчерскую о повышенной концентрации биогаза. В случае расположения комплекса в помещениях первого этажа – в перекрытиях над подвалом необходимо выполнить несколько отверстий диаметром 100 мм для пропуска воздухозаборных трубок.

Места установки комплексов газового контроля и точки отбора проб воздуха определяются специализированной организацией. В случае если комплекс газового контроля устанавливается один на два корпуса, между корпусами следует устраивать каналы для прокладки в них воздухозаборных трубок. Подвалы и техподполья зданий, в которых устанавливается система газового контроля, должны иметь запираемые двери, исправные освещение и электропроводку. Все проектные и дополнительные продухи в наружных стенах должны быть постоянно открыты.

При устройстве установки газоаналитической системы с применением аппаратуры комплекта технических средств системы автоматического контроля загазованности стационарного газоанализатора должны быть проведены мероприятия:

- подготовительные работы;
- протяжка и прокладка кабелей и проводов;
- установка оборудования;
- пусконаладочные работы (комплексная наладка системы).

К подготовительным работам следует относить:

- проверку целостности и работоспособности подлежащего установке оборудования;
- подготовку оборудования, материалов и рабочих мест.

Прокладку линейной части произвести открыто по стенам и потолкам кабелем в ПВХ-гофротрубе и ПВХ-кабель-канале. Сигнализаторы устанавливаются на стене на высоте 100–200 мм от потолка до чувствительного элемента, при этом чувствительный элемент должен находиться снизу сигнализатора. Сигнализаторы устанавливаются в местах с наиболее вероятным скоплением газовой смеси: в тупиках и карманах, других потенциально застойных зонах. При выборе места для монтажа оборудования также необходимо предусмотреть возможность свободного доступа для его технического обслуживания в дальнейшем. При устройстве потолка из ребристых плит расстояние должно быть не более 300 мм от полки плиты. При разноуровневых потолках, сигнализатор необходимо устанавливать на самый высокий уровень. При установке сигнализаторов требуется соблюдать и нормативные расстояния по горизонтали:

- от газоиспользующего оборудования не менее 1 м;
- от вентиляционных каналов, дверных и оконных проемов не менее 0,5 м.

Блок питания и сигнализации устанавливается в помещении с постоянным присутствием персонала таким образом, чтобы была обеспечена видимость его индикаторов с наиболее возможного количества рабочих мест в помещении.

Система должна быть подключена к устанавливаемой в здании аппаратуре передачи извещений.

Работа 16. Установка металлических решеток на окнах и усиленных коробок в дверных проемах с обивкой оцинкованной сталью по асбоцементу (на первых, цокольных и подземных этажах здания)

В оконных проемах следует выполнить работы по установке металлических решеток, в дверных проемах необходимо установить усиленные коробки и обить двери оцинкованной сталью по асбоцементу.

Работа 17. Уплотнение (герметизация) стыков, швов, вводов инженерных коммуникаций

Уплотнение швов, проемов и стыки труб всех видов коммуникаций объекта должны быть выполнены в соответствии со специальными разделами проекта здания и должны иметь защиту от протечек и разрушений, приводящих к подтоплению здания через пески, в том числе газодренажных траншей, устроенного пристенного (кольцевого) газового дренажа, а также защищать здание от попадания в него газа, в том числе метана.

Газозащита коммуникаций и коллекторов, а также смотровых колодцев выполняется засыпкой траншей крупнозернистым и средней крупности песком и благоустройством поверхности траншей таким же образом, как и для дренажа вокруг здания. Крышки смотровых колодцев коммуникаций должны быть перфорированными.

Узлы пересечения должны быть доступны для контроля и ремонта в процессе эксплуатации. Уплотнение (герметизация) щелей, швов, стыков и коммуникационных проемов в ограждающих конструкциях на пути движения биогаза от источника к помещениям здания осуществляется с использованием самоклеящихся, упругих, пластичных, вспенивающихся и подобных материалов. Подвалы и техподполья зданий, где необходимо установить систему газового контроля, должны иметь герметизацию всех вводов коммуникаций.

Гидроизоляция труб (стыков)

В комплекс изоляционных операций входят следующие:

Заделка швов между звеньями

Швы снаружи должны быть проконопачены двумя слоями жгутов из пакли, пропитанных битумом. Для начала первый слой втапливают так, чтобы он не доходил на 3 см до внутренней поверхности звеньев, а потом заделывают его цементным раствором. Второй слой втапливают в шов на 0,5–1 см от наружной поверхности звена и заливают битумной мастикой. При заделке швов применяют временную опалубку из досок. Швы между блоками оголовков по видимым поверхностям расшивают цементным раствором.

Оклеечная изоляция швов

Оклеечную изоляцию швов устраивают из двух слоев битуминизированной ткани (мешковины). Ленты ткани шириной 25 см накладывают на шов, вначале обработав на ширину ленты горячей мастикой, и разглаживают резиновым валиком. Далее уложенную ленту смазывают горячей битумной мастикой и накладывают вторую ленту с тщательной прикаткой. Ленты ткани должны плотно прилегать к поверхности трубы и друг к другу без пропусков и пузырей. Сверху второй ленты наносят отделочный слой битумной мастики.

Обмазочная изоляция поверхности трубы

Битумная мастика для гидроизоляции труб готовится с применением нефтяного битума и других материалов, которые имеют необходимую массу, дозировку, консистенцию.

Приготовленную битумную мастику необходимо наносить на изолируемую поверхность тонкой струей с помощью удобной емкости, перемещая ее в направлении ширины армирующего полотна и разравнивая нанесенный слой гребком на участке поверхности длиной не более 0,5 м. Наклеиваемое полотно следует тут же прижимать деревянным шпателем или прикатывать катком массой от 80 до 100 кг с мягкой обкладкой.

Работа 18. Благоустройство в соответствии с проектными решениями, в том числе устройство зеленых газонов, посев трав и растений

Работы по благоустройству территории должны выполняться в соответствии с проектом благоустройства, учитывающим наличие газонасыщенных грунтов на территории и степень их газогенерации.

Выполнение работ по благоустройству в части озеленения территории выполняются для постоянного выпуска метана CH_4 из-под здания, а также для обеспечения работы газодренажных траншей, пристенного (кольцевого) газового дренажа.

При этом обеспечение выхода метана на поверхность обеспечивают работы по устройству газонов и цветников.

Подготовительный период:

- геодезическая разбивка;
- устройство корыта под основание газона;
- предпосевная обработка сорняков;
- укладка земляной смеси в корыто;
- засев газона семенами трав.

Основной этап

Почва для газонов должна быть хорошо подготовлена, для этого верхний слой растительного грунта разрыхляется на глубину не менее 20 см. При устройстве газонов с насыпной растительной почвой толщина ее слоя должна быть до 30 см.

Работы по устройству газона выполняют на двух захватках длиной по 10 м.

На первой захватке выполняются следующие действия:

- отрывка корыта;
- подготовка естественного основания.

На второй захватке выполняются следующие мероприятия:

- укладка растительного грунта в корыто;
- предпосевная обработка сорняков;
- засев газона семенами трав.

После засева газона и высыхания поверхности почвы эти участки покрывают тонким слоем (0,5–1,0 см) перегноя или торфа.

3.5. Методика выполнения технологических процессов газозащиты зданий

По результатам создания DFD-модели технологических процессов, применяемых при строительстве зданий на макроуровне, проведенного априорного ранжирования, создания модели технологических процессов газозащиты, учитывающих степень газонасыщенности грунтов, для каждого Комплекса 1, 2, 3 отдельно на микроуровне сформирована методика газозащиты зданий (Рисунок 27).

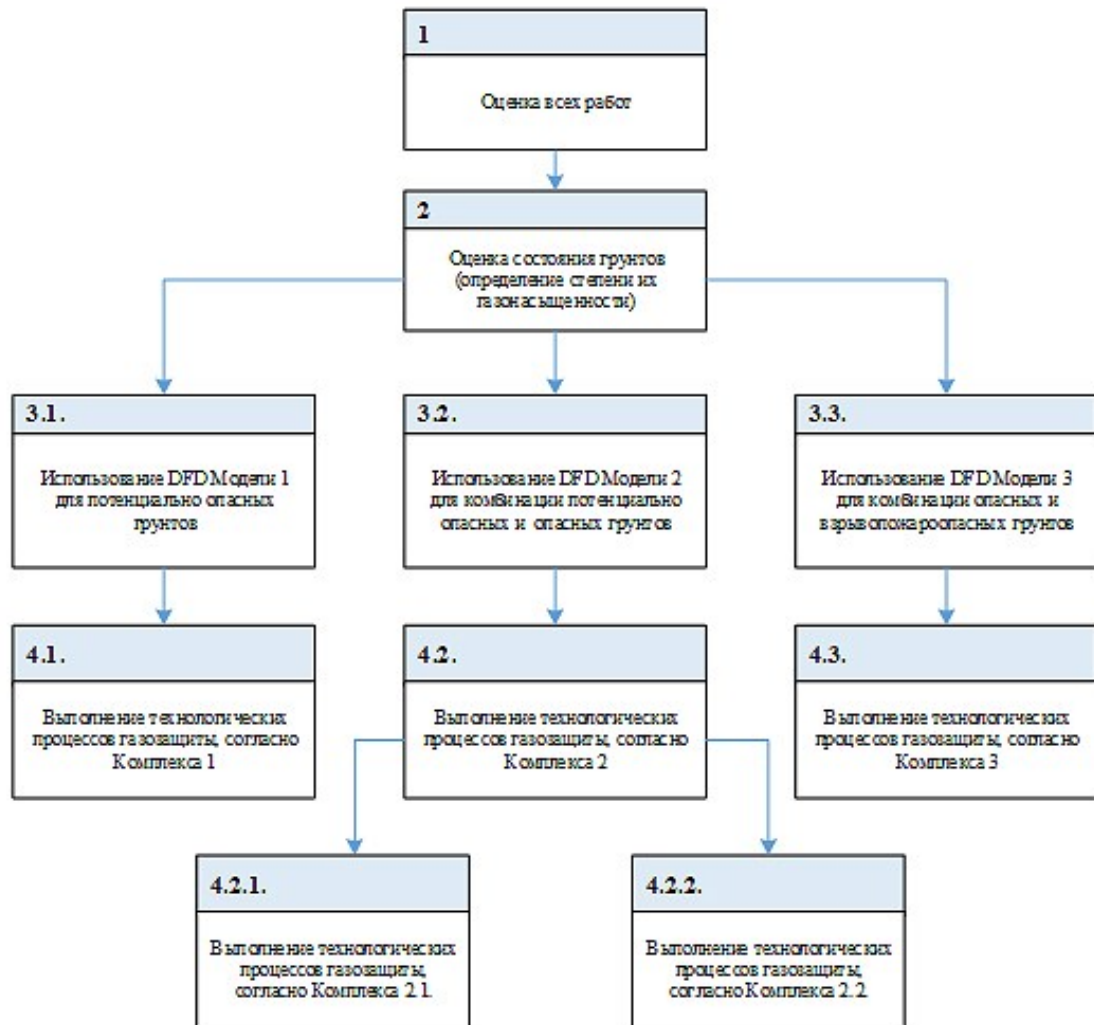


Рисунок 27 – Методика выполнения технологических процессов газозащиты зданий

3.6. Выводы по главе 3

1. Построена и обоснована модель технологических процессов строительства зданий (макроуровень), состоящая из контекстной диаграммы и диаграммы основных процессов строительства зданий и определяющая место работ по газозащите в технологических процессах строительства, структуру, внешние и внутренние связи.

2. Используя метод априорного ранжирования, определены наиболее значимые группы работ, объединенные в комплексы, влияющие на выбор технологических процессов газозащиты здания, исходя из степени

газонасыщенности грунтов, а именно: Комплекс 3 из 5 работ для потенциально опасных грунтов, Комплекс 2 из 10 работ для комбинации потенциально опасных и опасных грунтов, Комплекс 1 из 3 работ для комбинации опасных и взрывопожароопасных грунтов.

3. Построена и обоснована модель технологических процессов газозащиты при строительстве зданий на газонасыщенных грунтах (микроуровень), состоящая из контекстной диаграммы и диаграммы основных процессов, определяющая внутреннюю структуру и комплексы технологических процессов газозащиты.

4. Описаны комплексы, включенные в технологические процессы газозащиты при строительстве зданий на газонасыщенных грунтах.

5. Создана методика выполнения технологических процессов газозащиты зданий, основанная на разработанной макромоделе строительства зданий, результатах априорного ранжирования, в котором были определены комплексы работ по газозащите, и микромоделе технологических процессов газозащиты, разработанных для каждой категории газонасыщенных грунтов.

ГЛАВА 4. ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ГАЗОЗАЩИТЫ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЗДАНИЙ НА ГАЗОНАСЫЩЕННЫХ ГРУНТАХ

4.1. Внедрение технологических процессов газозащиты при строительстве здания на газонасыщенных грунтах

Внедрение результатов исследования было выполнено в ходе строительства 19–26-этажного монолитного жилого дома, состоящего из трех корпусов А, Б, В, с двухэтажным подвалом и подземной автостоянкой, общей площадью 102 909,3 кв. м, по адресу: г. Москва, Балаклавский проспект, д. 15, что подтверждается актом внедрения (Приложение С). Фотофиксация внедрения результатов отражена в Приложении В.

На основании данных проведенных изысканий были сделаны выводы о том, что на территории проектируемой застройки распространена толща насыпных грунтов с примесью строительного мусора и бытовых отходов мощностью от 2,5 до 20,5 м, генерирующих экологически опасный газ метан.

Карта-схема расположения скважин для их инженерно-экологической оценки представлена на Рисунке 28.

Контрастная биогазовая аномалия с содержаниями в насыпных грунтах метана более 1,0 % об. и более 5,0 % об. охватывала практически весь участок проектируемого строительства, что позволило отнести территорию к особо опасной в газогеохимическом отношении. Использование такой территории под строительство было возможным только при полном удалении опасных газогенерирующих насыпных грунтов на всю мощность их залегания, в связи с чем был разработан проект и выполнены работы по рекультивации территории для площади 2,26 га в два периода – подготовительный и основной.

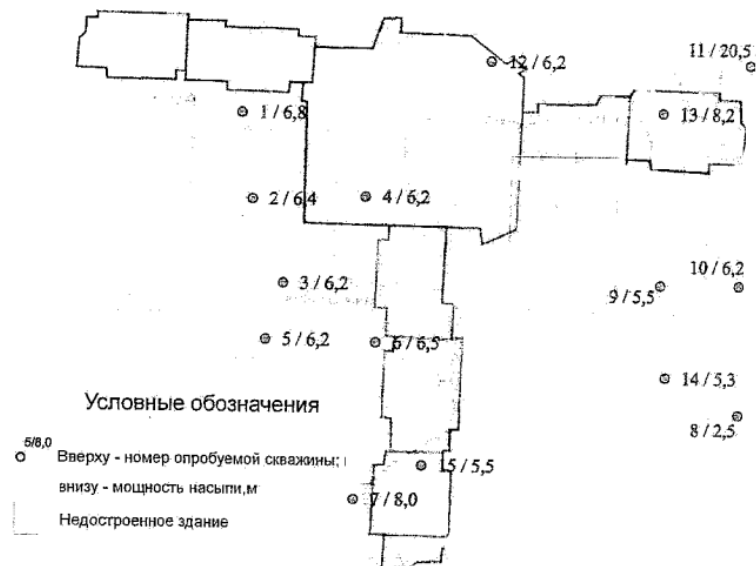


Рисунок 28 – Карта-схема расположения скважин для инженерно-экологической оценки грунтов

В подготовительный период были выполнены следующие виды работ:

- проведение работ по созданию разбивочной геодезической основы;
- устройство ограждения;
- устройство временных дорог и пешеходных переходов;
- прокладка (перекладка) инженерных сетей;
- демонтаж существующих сооружений;
- организация строительного участка с комплексом подсобных зданий и сооружений;
- вырубка (пересадка) деревьев и кустарников, корчевка пней и засыпка ям;
- подготовка кузовов автосамосвалов.

При рекультивации загрязненных грунтов зеленые насаждения не сохранились, а были вырублены либо пересажены.

Основной период проведения рекультивационных работ делился на два этапа:

1-й этап – выемка и вывоз загрязненных грунтов;

2-й этап – завоз и засыпка чистых грунтов.

Основной период предусматривал выполнение следующих работ:

- разработку загрязненных грунтов с помощью бульдозеров и экскаваторов;
- работу на отвале с последующей отгрузкой грунтов в автотранспорт;

- вывоз загрязненных грунтов на полигон (объем указан в Таблице 9);
- завоз и засыпку чистых грунтов;
- засыпку чистых грунтов (объем указан в Таблице 9);
- проведение планировочных работ и работ по уплотнению грунта;
- демонтаж временных дорог, зданий.

Таблица 9 – Объемы рекультивируемого грунта

Общая площадь участка рекультивации	2,26 га
Объем вынимаемого грунта	172 880 куб. м
Объем засыпаемого грунта	74 957 куб. м

Средняя глубина выемки грунтов составила 8,2 м, максимальная – 21,5 м, средняя глубина засыпки – 5,5 м.

Засыпка непосредственно под фундаменты проектируемого здания выполнялась с учетом глубины заложения фундаментов. Обратная засыпка производилась чистым грунтом – суглинком.

После выполнения работ по рекультивации территории были выполнены работы по строительству здания в части возведения монолитных железобетонных конструкций, и на 10 лет строительство было остановлено без выполнения работ по консервации объекта.

При возобновлении работ по строительству здания и выполнении повторных инженерно-геологических и экологических изысканий на территории объекта, увеличенной с 2,26 до 3,64 га, вновь были обнаружены насыпные грунты с разной степенью газонасыщенности, которые в ходе дополнительных инженерных изысканий были разделены на участки в зависимости от степени их газонасыщенности и глубины заложения и отмечены на картах-схемах.

Исходя из результатов проведенных изысканий, районирования газонасыщенных грунтов с учетом степени их газонасыщенности и ограничений по использованию территории согласно нормам, применяя выводы априорного ранжирования и DFD-моделирования, были выбраны комплексы газозащиты,

соответствующие имеющимся на территории строительства комбинациям газонасыщенных грунтов, после чего реализованы технологические процессы газозащиты здания при строительстве на газонасыщенных грунтах.

С целью реализации технологических процессов газозащиты здания при строительстве на газонасыщенных грунтах были определены, апробированы и успешно внедрены:

- для комбинации «опасные и взрывопожароопасные грунты»:
 - Комплекс 1 «Замена основания, рекультивация территории или ее части» – Работы 1, 2;
- для комбинации «опасные – потенциально опасные грунты»:
 - Комплекс 2.1 «Система биогазовой разгрузки» – Работы 4, 5, 7;
 - Комплекс 2.2 «Газогенерирующие экраны» – Работы 8, 9, 10, 11, 12;
- для потенциально опасных грунтов:
 - Комплекс 3 «Сосредоточение выхода газа направленным удалением» – Работы 14, 15, 17, 18.

4.2. Результат внедрения технологических процессов газозащиты при строительстве здания на газонасыщенных грунтах

4.2.1. Проведение изысканий на территории внедрения

Для получения необходимых и достаточных данных о наличии газонасыщенных грунтов и степени их генерации на территории строительства объекта 3,64 га были выполнены дополнительные геологические и газогеохимические изыскания с учетом данных Таблицы 3 (Рисунок 29).

Проведен анализ и оценка результатов исследований, составлена карта-схема (Рисунок 30), отражающая наличие безопасных, потенциально опасных, опасных и взрывопожароопасных в газогеохимическом отношении грунтов.

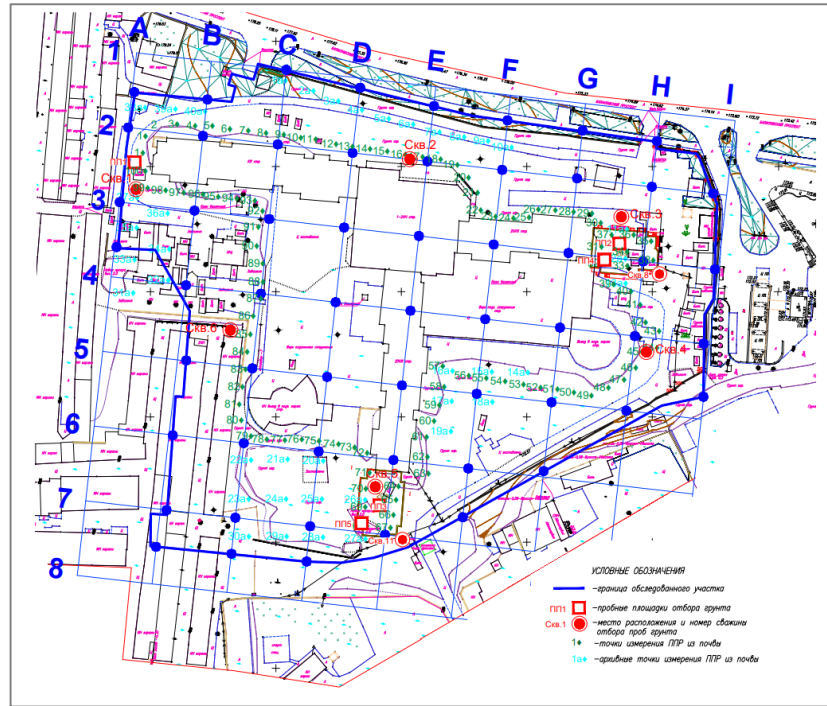


Рисунок 29 – Карта-схема размещения точек измерений МЭД, отбора поверхностных и глубинных проб грунтов для выполнения дополнительных изысканий

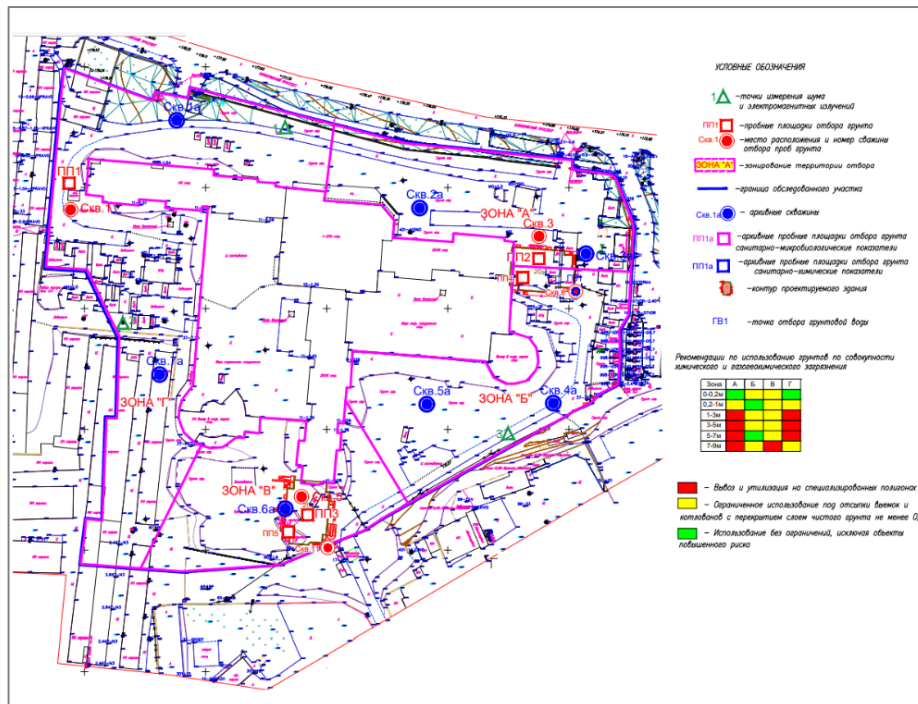


Рисунок 30 – Карта-схема современного экологического состояния с указанием точек отбора для определения санитарно-химических и санитарно-эпидемиологических показателей и пунктов измерения физических факторов и атмосферного воздуха

На примере карты-схемы (Рисунок 30) можно увидеть наличие и глубину расположения газонасыщенных грунтов:

- зона «А» – территория скважин №№ 2а, 3, 3а;
- зона «Б» – территория скважин №№ 8, 4а, 5а;
- зона «В» – территория скважин №№ 11, 5, 6а;
- зона «Г» – территория скважин №№ 7а, 1, 1а.

При этом в части:

– зоны «А» в слое 1–9 м, зоны «В» в слое 7–9 м, зоны «Г» в слое 1–7 м рекомендовались вывоз и утилизация газонасыщенного грунта на специализированные полигоны;

– зоны «А» в слое 0,2–1 м, зоны «Б» в слоях 0–0,2, 1–5 и 7–9 м, зоны «В» в слое 0–7 м, зоны «Г» в слоях 0,2–1 и 7–9 м рекомендовалось ограниченное использование под отсыпки выемок и котлованов с перекрытием слоем чистого грунта не менее 0,5 м;

– зоны «А» в слое 0–0,2 м, зоны «Б» в слоях 0,2–1 и 5–7 м, зоны «Г» в слое 0–0,2 м рекомендовалось использование без ограничений, исключая объекты повышенного риска.

Раскрывая далее полученные результаты, отображаем их на карте-схеме (Рисунок 30).

На карте-схеме (Рисунок 31) можно увидеть, что на территории строительства располагались:

– в зоне «А» и зоне «Б» – комбинация опасных и взрывопожароопасных грунтов;

– в зоне «В» – опасные грунты;

– в зоне «Г» – комбинация опасных и потенциально опасных грунтов;

– под частью здания были расположены потенциально опасные грунты.

Совместно с выполнением карт-схем расположения газонасыщенных грунтов на территории строительства объекта были выполнены и геологические разрезы с точки зрения степени их газогенерации (Рисунок 32).

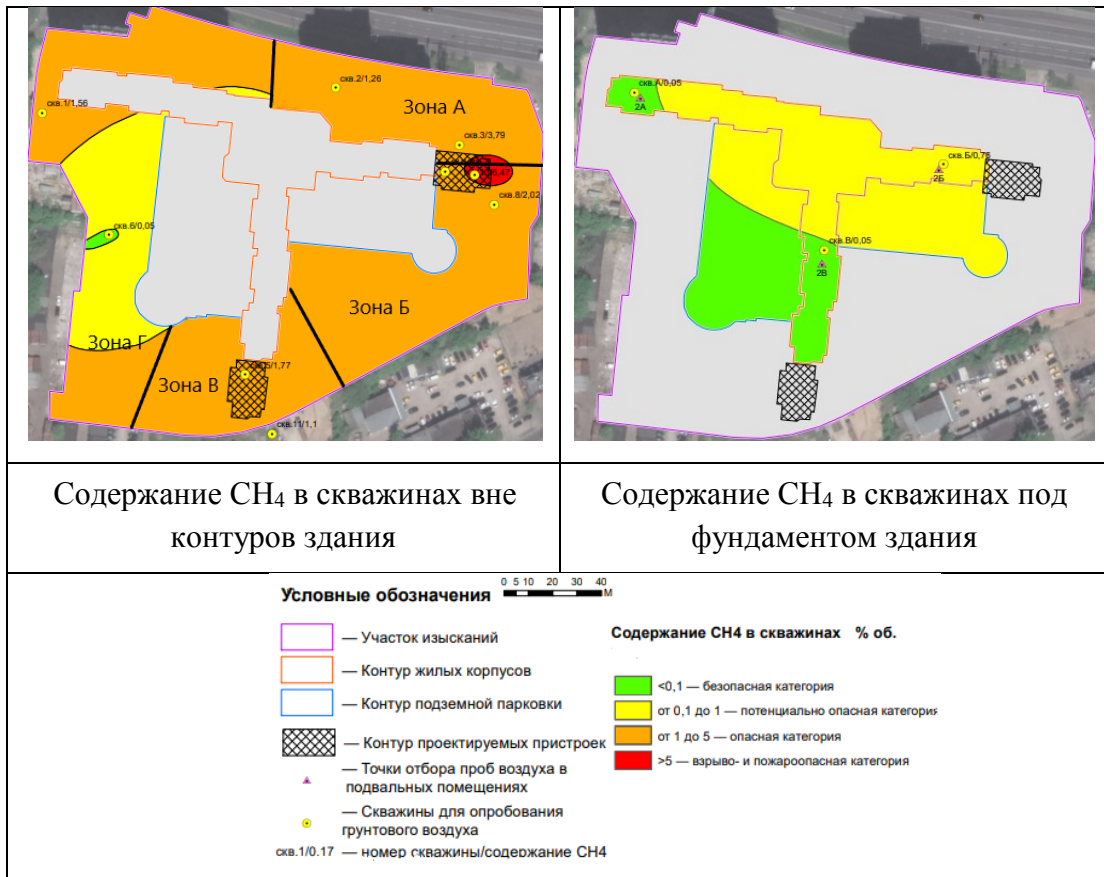


Рисунок 31 – Карта-схема газогеохимического обследования

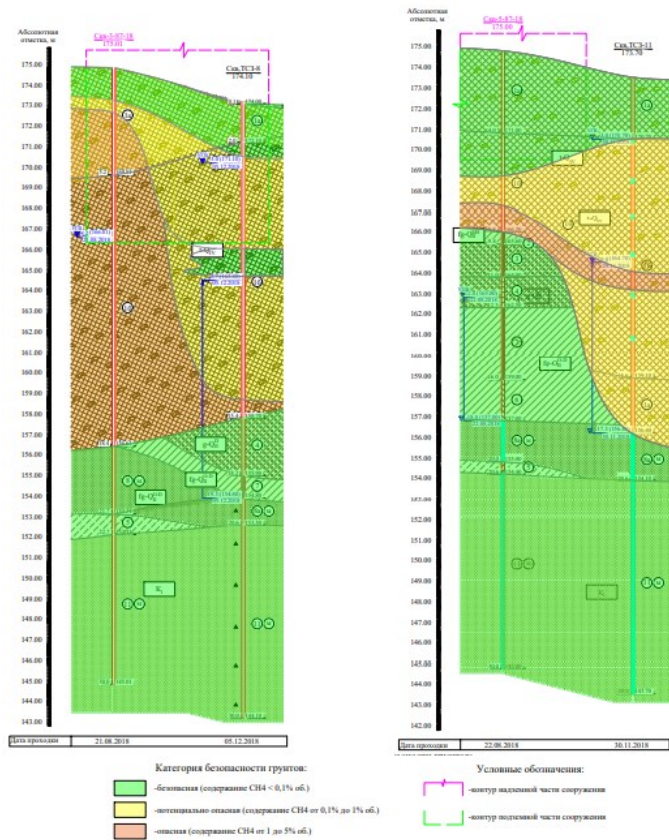


Рисунок 32 – Геологический разрез

На Рисунке 32 показан пример разреза грунтов зоны «Г», на которых видно расположение грунтов опасных и потенциальных опасных категорий, которые, в свою очередь, образуют комбинацию.

Исходя из проведенного анализа результатов дополнительных изысканий, был сделан вывод о том, что на территории строительства присутствуют комбинации грунтов, для которых в ходе разработки проектной документации были выбраны соответствующие комплексы газозащиты, которые далее были апробированы на территории строительства.

4.2.2. Выполнение проектных работ на территории внедрения

Для комбинации опасных и взрывопожароопасных грунтов в соответствии с **Комплексом 1 «Замена основания, рекультивация территории или ее части»** был проведен анализ ранее разработанного проекта и выполненных работ по рекультивации территории 2,26 га, а также разработаны проекты:

- по рекультивации территории в двух котлованах, расположенных в зонах А и В, примыкающих к зданию;
- по устройству уплотненного песчаного основания (крупным или средней крупности песком) в двух котлованах, примыкающих к зданию с послойным уплотнением;
- производства работ (ППР) по рекультивации территории и устройства уплотненного песчаного основания (крупным или средней крупности песком) в двух котлованах, примыкающих к зданию.

Для комбинации опасных и потенциально опасных грунтов в соответствии с **Комплексом 2.1 «Устройство системы биогазовой разгрузки»** был проведен анализ ранее разработанного проекта и выполненных работ по устройству пластового газового дренажа под зданием для оценки его применимости и обеспечения выхода биогаза, а также разработаны проекты:

- по устройству системы биогазовой защиты, а именно по устройству газодренажных траншей в виде пристенного газового дренажа в пазухах котлована здания;

– производства работ по обратной засыпке пазух котлована здания песком (крупным или средней крупности), в т. ч. являющейся системой биогазовой защиты, а именно газодренажными траншеями в виде пристенного газового дренажа.

В соответствии с **Комплексом 2.2 «Устройство газонепроницаемых экранов»** был проведен анализ ранее разработанных проектов и выполненных работ:

- по устройству сплошной монолитной железобетонной плиты в основании здания;
- по устройству многослойной гидроизоляции плиты основания и боковых наружных стен в заглубленной части;
- а также разработаны проекты и ППР по устройству газонепроницаемых экранов, включающие в себя работы:
 - по устройству «стены в грунте»;
 - по устройству слоя щебня с его обработкой битумными эмульсиями;
 - по устройству бетонных полов и полов со специальными полимерными покрытиями.

Для потенциально опасных грунтов в соответствии с **Комплексом 3 «Сосредоточение выхода биогаза направленным удалением»** были разработаны проекты и ППР для выполнения работ:

- по устройству системы вентиляции подземных помещений зданий;
- по устройству автоматической газозащитной системы, состоящей из комплекса газового контроля;
- по уплотнению (герметизации) стыков, швов, вводов инженерных коммуникаций;
- по благоустройству в соответствии с проектными решениями, в том числе устройству зеленых газонов, посев трав и растений.

4.2.3. Выполнение строительных работ (технологических процессов газозащиты) на территории внедрения

До начала строительства объекта на территории строительства была

проведена рекультивация ее части. Объем газогенерирующего грунта, подлежащего вывозу из котлована здания, составлял 172 880 м³. Средняя глубина выемки грунтов равна 8,2 м, максимальная – 21,5 м. Объем засыпаемого грунта должен был составить 74 957 куб. м, средняя глубина засыпки – 5,5 м. По итогу контрольных исследований, при объеме котлована 166 419 м³, объем невывезенного газогенерирующего грунта составил 6 461 м³ (172 880 м³ – 166 419 м³).

При анализе результатов проведенных дополнительных изысканий был определен объем невывезенного газогенерирующего грунта под корпусом Б и под частью подземной автостоянки, примыкающей к данному корпусу.

Площадь подошвы фундаментной плиты корпуса Б: $\approx 20 \times 56 = 1\,120 \text{ м}^2$.

Усредненная толщина газогенерирующего грунта: $\approx 2,55 \text{ м}$.

Объем газогенерирующего грунта: $\approx 1\,120 \times 2,55 = 2\,856 \text{ м}^3$.

Площадь подошвы фундаментной плиты подземной автостоянки, попадающей в зону наличия газогенерирующего грунта: $\approx 247 \text{ м}^2$.

Усредненная толщина газогенерирующего грунта: $\approx 1,12 \text{ м}$.

Объем газогенерирующего грунта: $\approx 247 \times 1,12 = 276,64 \text{ м}^3$.

Общий объем газогенерирующего грунта, имеющегося под зданием: $\approx 2\,856 \text{ куб. м} + 276,64 \text{ куб. м} = 3\,132,64 \text{ м}^3$.

Невывезенный газогенерирующий грунт комбинации «опасные – потенциально опасные» объемом $\approx 3\,132,64 \text{ м}^3$ находился у корпуса Б и части подземной автостоянки, примыкающей к корпусу Б (зона А).

Газогенерирующие грунты объемом $\approx 3\,132,64 \text{ м}^3$ могли быть не удалены из-за сложности выполнения работ, конструктивных особенностей здания и отсутствия специальной технологии, позволяющей безаварийное выполнение работ. При выделении газов из этого объема газогенерирующего грунта их необходимо было вывести в атмосферу выполнением работ по газозащите согласно разработанным комплексам.

Для снижения газогенерации «опасных» грунтов в части примыкания к зданию в зонах А и Б (котлован у корпуса Б) и зоне В (котлован у корпуса В) были предусмотрены работы по удалению газогенерирующих грунтов до абс. отметки 166,00. Выше абс. отметки 166,00 до планировочной отметки земли были

проведены работы по рекультивации с устройством песчаной подушки с послойным уплотнением с целью создания газового дренажа для выпуска в атмосферу газов, выделяемых грунтами. Работы в котлованах выполнялись под защитой ограждения котлована из металлических труб и отсечной стены в грунте, выполненной методом «jet grouting».

Устройство котлована у корпуса Б, как пример, отражено на Рисунке 33.

Замену газогенерирующих грунтов категории «опасные – взрывопожароопасные» в зонах А и Б выполнили согласно указаниям **Комплекса 1 в части Работ 2 и 3**, описанных на страницах 77–80 (п. 3.4.1) данной диссертации, а также дополнительных работ по устройству «нулевого цикла котлованов» в связи с большой глубиной выемки газонасыщенных грунтов.

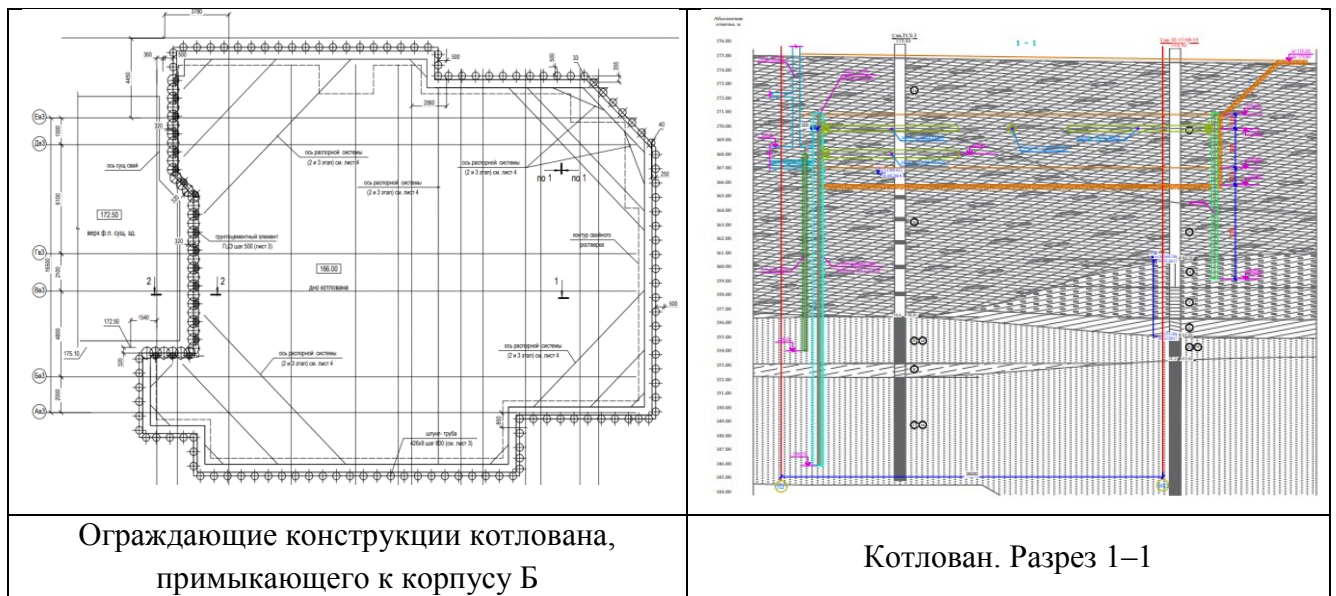


Рисунок 33 – Котлован корпуса Б (зона А и зона Б)

Работы «нулевого цикла» котлованов включали в себя устройство ограждающей стенки котлована из шпунтового ограждения. Ограждения котлованов были выполнены из стальных труб 426 мм х 9 м с шагом 80 см. Длина труб 15,8 м. Раскосная система выполнена из труб 530 мм х 10 м и 426 мм х 9 м с шагом от 3 до 5,5 м. Распределительная балка была выполнена из спаренного двутавра 45Б2. Шпунтовое ограждение выполнялось буровым способом. После завершения работ распорная система была демонтирована, шпунт не извлекался. Пазухи котлована вдоль стены подземной автостоянки засыпались под защитой

неизвлекаемого шпунта из труб 530 мм х 12 м с шагом 600 мм и 530 мм х 10 м с шагом 800 мм. При выполнении строительства здания, а именно возведении монолитных конструкций, были в комплексе выполнены работы **Комплекса 2.1** и **Комплекса 2.2**, а именно работы по устройству пластового газового дренажа, работы по устройству газозащитных экранов, которые впоследствии сыграли важную роль при устройстве полного комплекса технологических процессов газозащиты.

Устройство пластового газового дренажа под зданием включало в себя следующее (Рисунок 34):

- устройство дренажа толщиной 400 мм (слой песка 200 мм, слой щебня 200 мм) под монолитным железобетонным ростверком свайного фундамента здания для удаления грунтовых газов;
- устройство сплошного монолитного железобетонного ростверка свайного фундамента объекта толщиной 1000–1300 мм;
- устройство монолитных железобетонных наружных стен толщиной 250–300 мм в подземной части объекта.

Устройство газозащитных экранов включало в себя следующее (Рисунок 34):

- устройство бетонной подготовки толщиной 100 мм;
- устройство сплошной рулонной мягкой водогазозащитной изоляции по бетонной подготовке толщиной 100 мм;
- устройство стяжки толщиной 40 мм из цементно-песчаного раствора по сплошной рулонной мягкой водогазозащитной изоляции;
- устройство сплошной рулонной мягкой водогазозащитной изоляции по сплошному монолитному железобетонному ростверку свайного фундамента объекта;
- устройство стяжки толщиной 40 мм из цементно-песчаного раствора по сплошной рулонной мягкой водогазозащитной изоляции;
- устройство армированного бетонного пола толщиной 100 мм из бетона марки В15;
- устройство наружной водогазозащитной изоляции по монолитным железобетонным наружным стенам объекта.

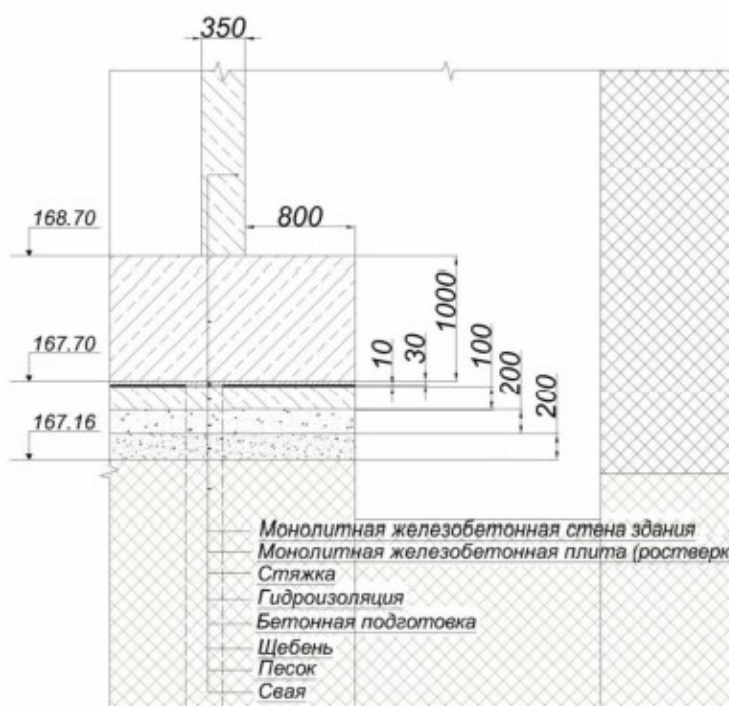


Рисунок 34 – Работы согласно Комплексам 2.1 и 2.2

При продолжении строительства через 10 лет, в дополнение к ранее произведенным работам, было выполнено устройство по всему периметру объекта в пазухах котлована, в том числе между шпунтовым ограждением и наружными стенами подземной части здания, газодренажных траншей в виде пристенного газового дренажа.

Газодренажные траншеи в виде пристенного газового дренажа были выполнены заполнением пазух котлована газопроницаемыми песками, крупными или средней крупности, с послойным уплотнением. Они позволили осуществить разгрузку биогаза, поступающего из пластового газового дренажа, устроенного под зданием, а также разгрузку латеральных потоков биогаза к зданию от окружающего объект грунта и выпуска их в атмосферу.

Подготовительный период

1. Определение и разметка размеров контура территории устройства пристенного газового дренажа из крупного и средней крупности песка;
2. Планировка территории для прохождения экскаватора для разработки грунта (строительного мусора) пазух котлована, самосвалов для вывоза грунта и другой строительной техники и оборудования;
3. Определение на строительной площадке очередности разработки грунта

(строительного мусора) пазух котлована;

4. Демонтаж бетонной подготовки (бетонная подготовка установлена визуально при техническом обследовании оснований и фундаментов), расположенной вокруг подземной автостоянки в осях Г-Ф/14-21 между стеной подземной части и шпунтовым ограждением из труб;

5. В том случае, если не только бетонная подготовка, но и монолитная железобетонная плита (ростверк) была залита (доведена) до шпунтового ограждения из труб, то вместо демонтажа бетонной подготовки в слое бетонной подготовки и монолитной железобетонной плиты (ростверка) выполнялись скважины диаметром 100–200 мм. Эти скважины устраивались с шагом 5–6 м и заполнялись тем же песком, что и дренаж. После этого на слое бетонной подготовки и монолитной железобетонной плиты (ростверка) выполнялся пристенный газовый дренаж.

Основной период

1. Разработка грунта (строительного мусора) пазух котлована в соответствии с размерами, приведенными на Рисунке 35;

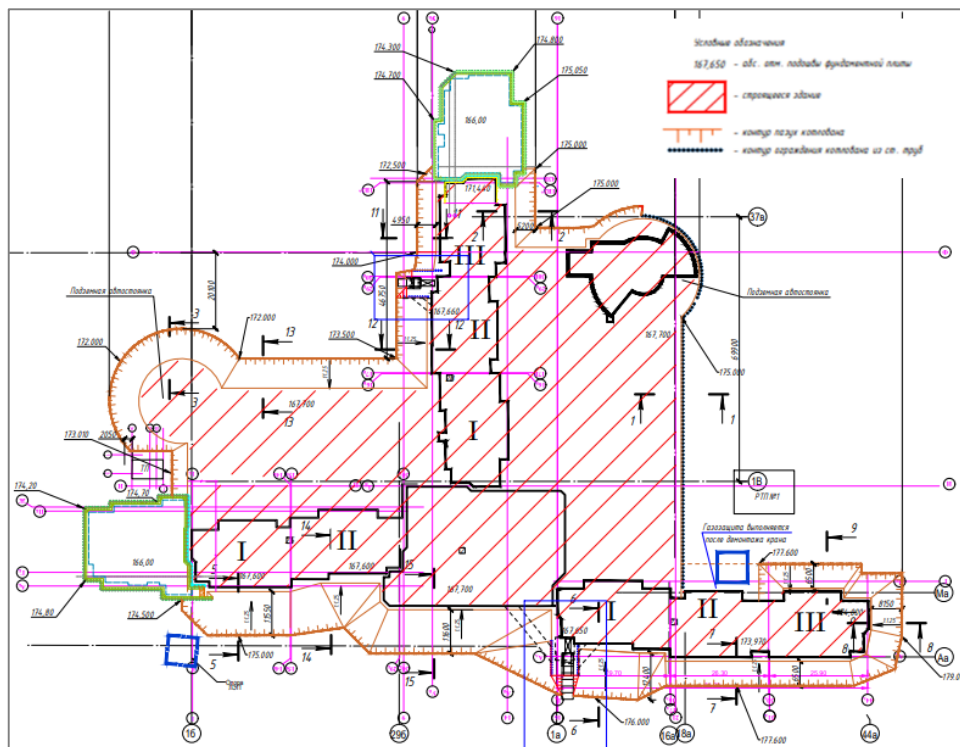


Рисунок 35 – Разработка пазух котлована для устройства пристенного газового дренажа

2. Устройство пристенного газового дренажа из крупного песка или песка средней крупности с послойным уплотнением до значения коэффициента уплотнения $k_{упл} \geq 0,98$, до плотности сухого грунта образцов уплотненного песка (ρ_d) $\geq 1,70-1,75$ т/м³ согласно проекту (Рисунок 36);

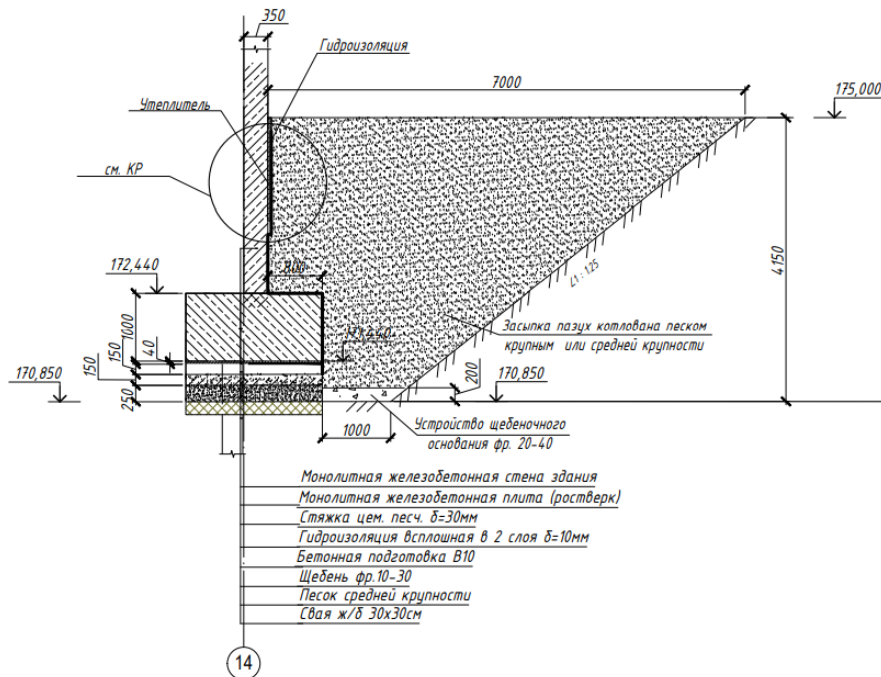


Рисунок 36 – Устройство пристенного газового дренажа

3. При устройстве пристенного газового дренажа была принята следующая технология уплотнения песка:

- тип песка – песок средней крупности или крупный;
- влажность песка при уплотнении – естественная, $W \approx 5-11$ %;
- грунтоуплотняющие механизмы: виброплиты весом $\approx 70-160$ кг при уплотнении песка нижних слоев песка в пазухах; виброкатки весом $\approx 5-7$ т при уплотнении песка верхних слоев песка в пазухах;
- время уплотнения – до $k_{упл} \geq 0,98$ (экспресс-контроль плотности уплотненного песка плотномером и подтверждение плотности лабораторным исследованием плотности уплотненного песка по образцам);
- толщина отсыпаемого слоя песка $\approx 0,35-0,40$ см для виброкатка;
- толщина отсыпаемого слоя песка $\approx 0,25-0,30$ см для виброплиты;

4. При контроле качества уплотнения песка проверялись следующие

параметры:

- тип песка (песок средней крупности, крупный песок и т. д.);
- влажность песка при уплотнении (естественная);
- толщина отсыпаемых для уплотнения слоев песка;
- тип грунтоуплотняющего механизма (виброплита, виброкаторок и т. д.);
- коэффициент уплотнения песка $k_{yпл}$ (экспресс-контроль) на строительной площадке (пенетрометром, плотномером и т. д.);
- коэффициент уплотнения песка $k_{yпл}$ (экспресс-контроль) на строительной площадке (малогабаритным зондом);
- коэффициент уплотнения песка $k_{yпл}$ (в лабораторных условиях по образцам уплотненного песка).

По результатам контроля качества полученные данные оформлялись в виде заключения.

Устройство «стены в грунте»

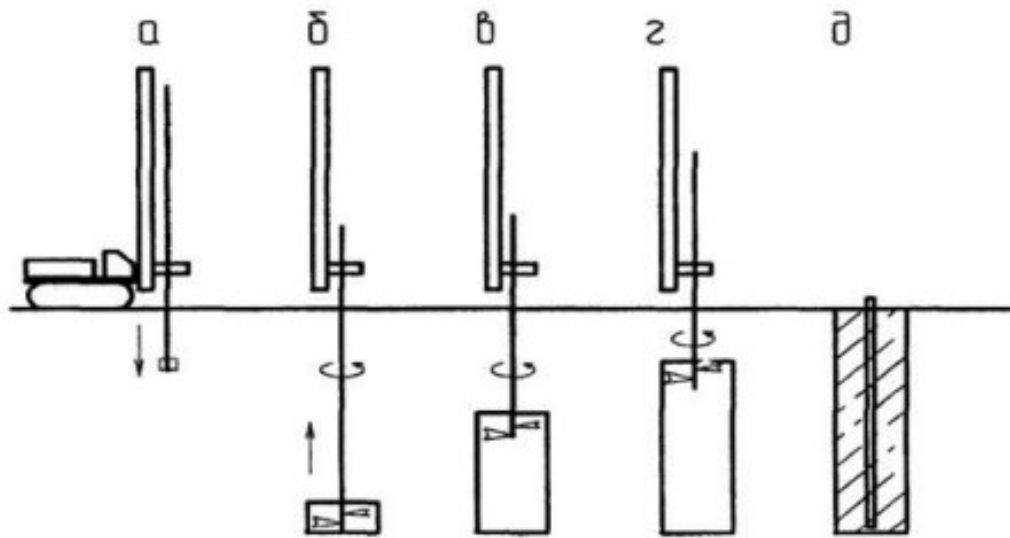
Для обеспечения газозащиты подземной части, а также с целью предотвращения вытеснения грунтов из-под существующих зданий и отклонения от проектного положения существующих зданий при производстве работ по замене грунтов (устройство котлованов), примыкающих к корпусам 2Б и 2В, были выполнены работы по устройству «стены в грунте» методом «jet grouting» по однокомпонентной схеме, который подразумевает устройство грунтоцементных свай путем разрушения грунта и полного замещения неустойчивых грунтов цементным раствором под воздействием высокого давления, нагнетаемого насосом высокого давления.

Jet 1 – метод струйной цементации, при котором струя бетонного раствора входит в грунт и смешивает его с бетонным раствором. Струя бетонного раствора в данном случае размывает и цементирует грунт (Рисунок 37).

Стена в грунте была выполнена из грунтоцементных элементов (ГЦЭ) диаметром 600 мм с армированием (ядро ГЦЭ) трубами 219 мм х 9 м с шагом 500 мм.

На первом этапе производства работ было выполнено бурение скважины диаметром 126 мм до проектной отметки специальной буровой колонной,

снабженной монитором и форсунками для последующей подачи цементного раствора.



а-прямой ход, б, в, г-обратный ход, д-установка арматуры.

Рисунок 37 – Основные этапы выполнения работ по устройству стены в грунте «jet grouting»

На втором этапе, в процессе обратного хода буровой колонны с вращением, под высоким давлением через форсунки и монитор производилось нагнетание цементного раствора с необходимым В/Ц, в результате чего образовалась грунтоцементная свая диаметром 500–800 мм. При этом оператор буровой установки регулировал диаметр, глубину и прочность сваи путем изменения давления нагнетания, скорости подъема колонны и водоцементного соотношения (Рисунок 38).

При выполнении работ было задействовано следующее оборудование: буровая машина типа универсальной буровой установки MDT 230 В в комплексе с нагнетательно-смесительным оборудованием, насос для «jet grouting», смесительная станция.

До начала производства работ был разработан проект производства работ и выполнена привязка по месту типовых технологических карт на отдельные виды работ.

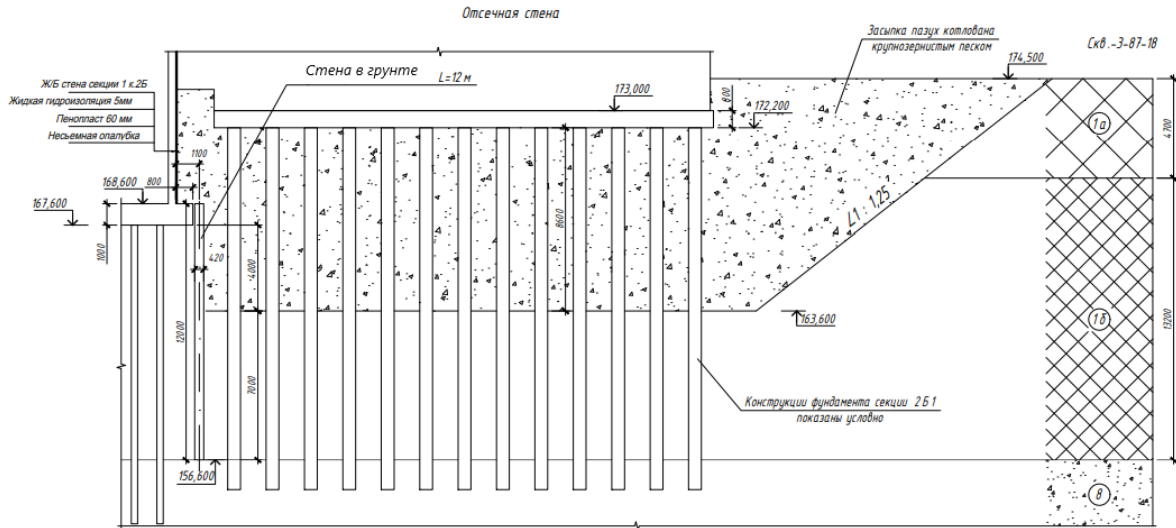


Рисунок 38 – Устройство стены в грунте методом «jet grouting» при реализации газозащиты подземной части здания в зонах А и Б

Устройство слоя щебня с его обработкой битумными эмульсиями

На территории объекта в зоне Г обнаружения комбинации опасных и потенциально опасных грунтов расположен коллектор магистрального теплопровода, который необходимо было защитить от попадания в него биогаза – метана, а также обеспечить несущую способность при проезде спецтехники.

Основным требованием к газо- и водонепроницаемым экранам из слоя щебня с его обработкой битумными эмульсиями является полное исключение прохождения через них воды и грунтовых газов. Газы отводятся в стороны от коллектора под экраном и выпускаются в атмосферу за пределами коллектора. Полное исключение прохождения воды и грунтовых газов через экран из слоя щебня с его обработкой битумными эмульсиями возможно при качественном и полном сцеплении битума с поверхностью минеральных материалов, особенно кислых пород.

Практика и многочисленные исследования в дорожно-строительной отрасли показывают, что одним из эффективных путей обеспечения требуемого сцепления битумов с поверхностью применяемых минеральных материалов является применение добавок катионных ПАВ в битумы. Применение добавки катионных

ПАВ в дорожных битумах позволяет снизить поверхностное натяжение на границе раздела битум – минеральный материал, а следовательно, улучшить и ускорить смачивание и обволакивание поверхности минеральных материалов, увеличить адгезию битума к минеральному материалу, то есть щебню [66; 67].

При проведении апробирования устройства водо- и газонепроницаемых экранов на газонасыщенных грунтах использовались жидкие нефтяные битумы, в некоторых случаях совместно с органическими веществами. Были проведены исследования по добавке извести и других поверхностно-активных веществ в соответствии с рекомендациями, предложенными для строительства автодорог.

В нормах по дорожному строительству указана возможность использования глинистого грунта с числом пластичности $W_p \geq 12$. Рекомендуется, чтобы относительная влажность грунтов составляла 0,3–0,4 W_L (W_L – влажность на границе текучести).

В практике применения битума в дорожном строительстве установлено, что суглинки с числом пластичности $W_p \geq 15$ следует укреплять битумными эмульсиями после введения в грунт добавок, которые изменяют гранулометрический состав (это отходы камнедробления, извести).

Эти положения были экспериментально проверены при устройстве газозащитного экрана коллектора.

Исследования, проводимые на опытной площадке с размерами 4 x 4 м, показали, что при устройстве газозащитного экрана можно добавить песок, гравий и отходы камнедробления, если крупность частиц ≤ 25 мм. В зависимости от расположения газонасыщенных грунтов и отдельных элементов, выделяющих газы, были апробированы различные технологии подачи битумно-цементных материалов на различную глубину в толщу грунтов. В основном использовались жидкие битумные материалы, которые равномерно твердели при наличии определенного размера частиц.

На двух опытных участках исследовалась возможность устройства газозащитного экрана для коллектора – щебень пропитывался жидким битумом при температуре атмосферного воздуха ниже 10° С. При устройстве покрытий

коллектора способом пропитки битумом была принята технология, описанная на страницах 92–93 данной диссертации (в рамках Работы 9).

В процессе натурных опытов при использовании в качестве вяжущего эмульсий первый розлив вяжущего – 70 % эмульсии от общего расхода – проверялся после распределения первой расклинивающей фракции и ее уплотнения. Остальные 30 % эмульсии разливались после уплотнения второй расклинивающей фракции.

Проведенные исследования показали, что при наличии на строительной площадке комбинации опасных и потенциально опасных в газогеохимическом отношении грунтов Работа 9 Комплекса 2.1 по устройству газозащитного экрана для коллектора из слоя щебня с его обработкой битумными эмульсиями является эффективным решением (Рисунки 39, 40). Такой экран при толщине 25–45 см полностью исключает прохождение через него грунтовых газов. Газы отводятся в стороны от основания коллектора под экраном и выпускаются в атмосферу за пределами коллектора.

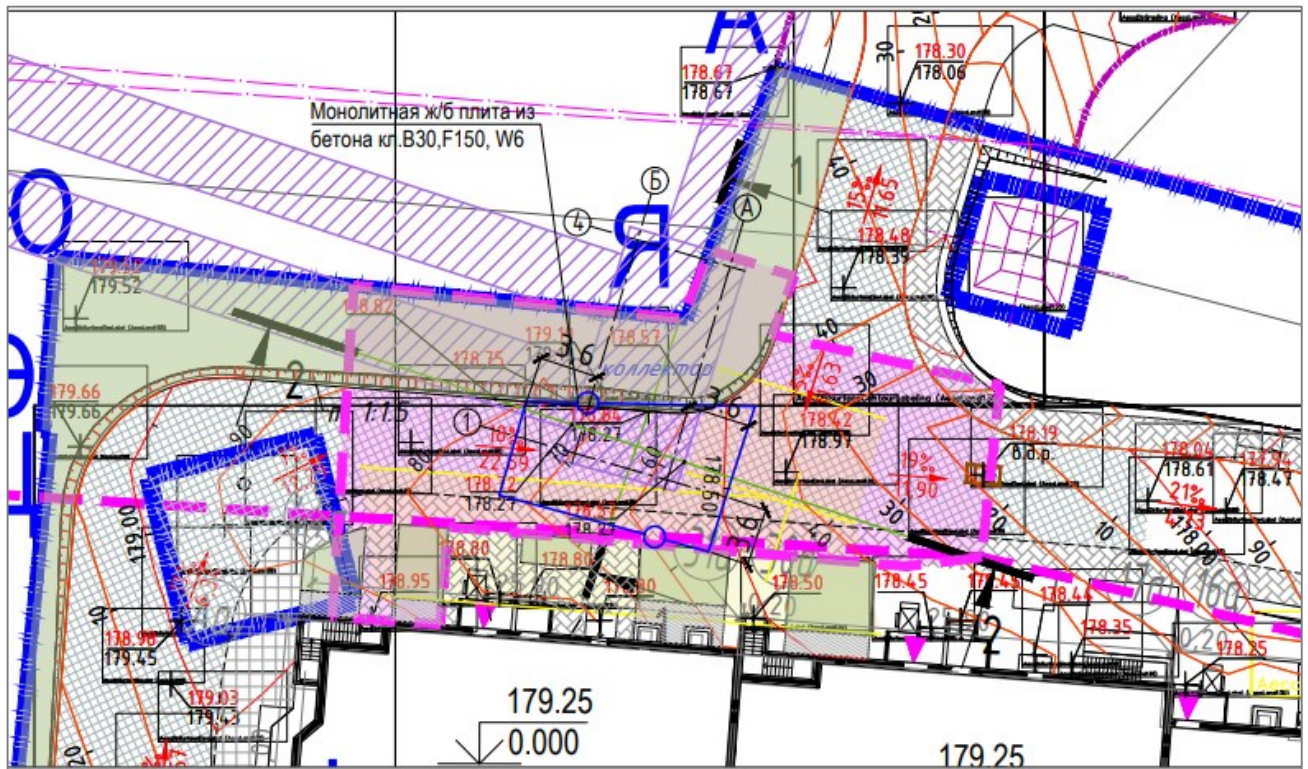


Рисунок 39 – Фрагмент вертикальной планировки участка проезда с расположением в нем коллектора

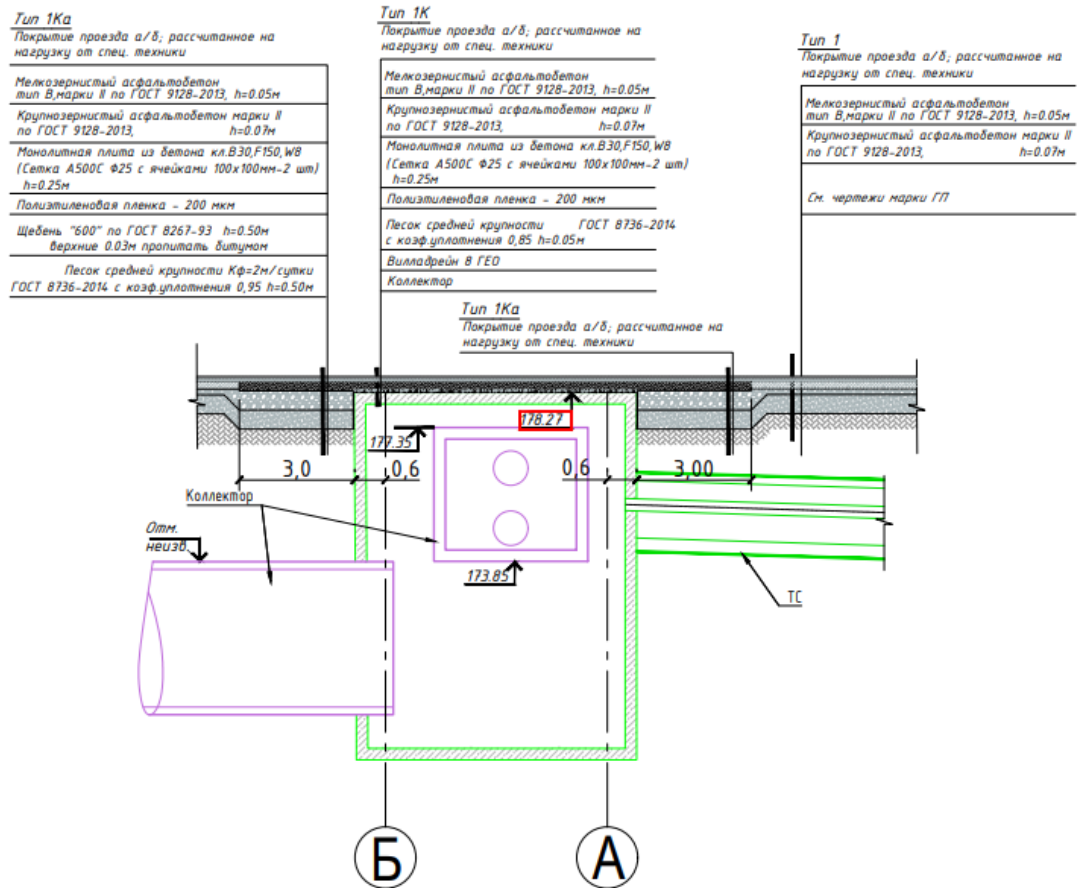


Рисунок 40 – Разрез коллектора и пирог покрытия

Устройство системы вентиляции подземных помещений зданий

В помещениях подземной автостоянки выполнена приточно-вытяжная система общеобменной механической вентиляции. Воздухообмен в рабочей зоне автостоянки был определен при условии разбавления выделяющихся при работе двигателей автомобилей загрязняющих веществ до величины ПДК. Приток в стоянке предусмотрен в верхней зоне сосредоточенными струями вдоль проездов. Вытяжка выполнена у мест парковки из двух зон – из верхней и нижней – поровну с последующим выбросом на 1 м выше кровли здания. Установки вентиляционных систем выполнены с резервными электродвигателями и резервными насосами в узлах регулирования. Приток выполнен в проездах между машино-местами.

При производстве работ были выполнены следующие этапы:

– установка оборудования,

- воздуховоды и изоляция,
- установка аксессуаров,
- пуско-наладочные работы и испытания.

Устройство автоматической газозащитной системы, состоящей из комплекса газового контроля

В подземной автостоянке была выполнена установка газоанализаторов – приборов для измерения концентрации газов СО и соответствующих сигнальных приборов, предназначенных для помещений с круглосуточным дежурством персонала. Установка производилась в соответствии с Комплексом 3, описанным на страницах 99–100 в рамках Работы 15 (п 3.4.3) данной диссертации.

Установка металлических решеток на окнах и усиленных коробок в дверных проемах с обивкой оцинкованной сталью по асбоцементу (на первых, цокольных и подземных этажах здания) в рамках внедрения Комплекса 3 апробация не выполнялась.

Уплотнение (герметизация) стыков, швов, вводов инженерных коммуникаций

Любая возможность попадания атмосферных осадков и аварийных (например из коммуникаций) протечек под здание через пески устроенного пристенного газового дренажа должна была быть исключена. Стыки труб всех видов коммуникаций объекта были выполнены в соответствии с Комплексом 3, описанным на страницах 101–102 в рамках Работы 17 (п 3.4.3) данной диссертации, и имеют защиту от протечек и разрушений, приводящих к подтоплению здания через пески устроенного пристенного газового дренажа.

Благоустройство в соответствии с проектными решениями, в том числе устройство зеленых газонов, посев трав и растений

В соответствии с Комплексом 3, а именно Работой 18, описанными на странице 102–103 (п 3.4.3) данной диссертации, было выполнено благоустройство территории в местах устройства пристенного газового дренажа из крупного и средней крупности песка. Выполнение работ по благоустройству было необходимо, чтобы обеспечить работу дренажа по постоянному выпуску метана

СН₄ из-под здания и для исключения затопления пазух котлована атмосферными осадками (Рисунок 41).

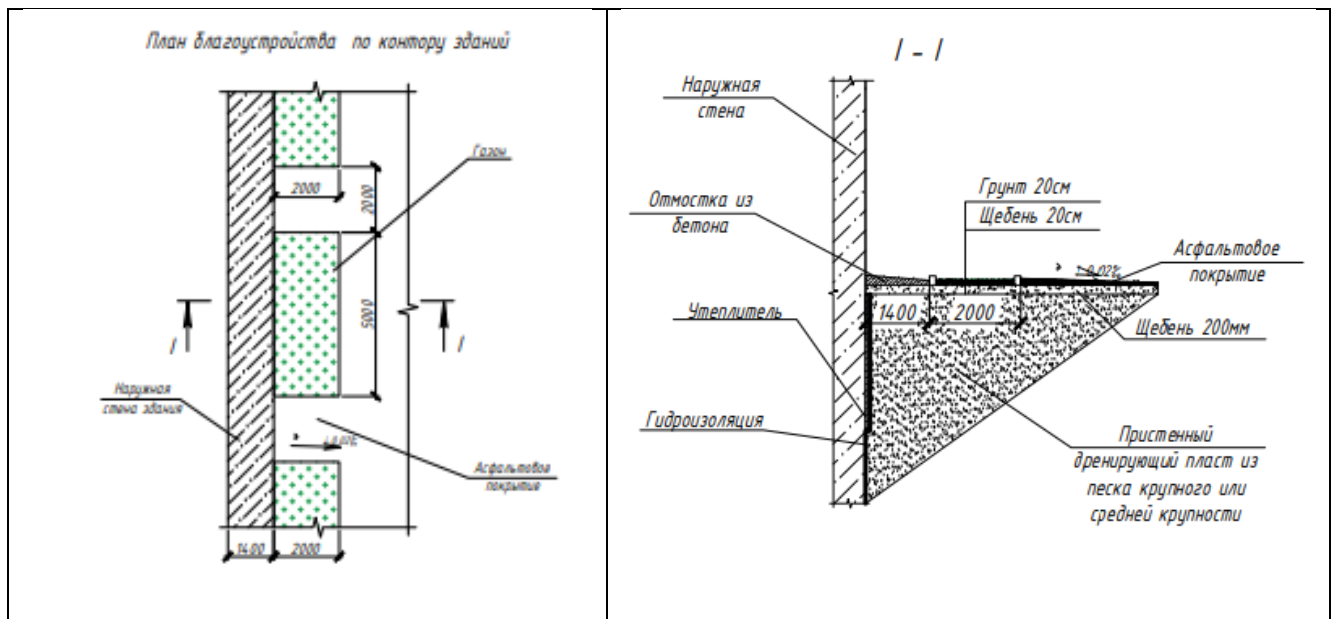


Рисунок 41 – План благоустройства по контуру здания

Эффективность применения при строительстве объекта разработанных комплексов газозащиты с описанными группами работ была подтверждена при итоговой приемке выполненных работ по газозащите инспектором Комитета государственного строительного надзора (Мосгосстройнадзора). Результатом работ является полученное разрешение на ввод объекта в эксплуатацию.

4.3. Выводы по главе 4

1. Осуществлено внедрение результатов исследования в практическую деятельность. Разработанные технологические процессы газозащиты внедрены при строительстве 19–26-этажного монолитного жилого дома, состоящего из трех корпусов А, Б, В, с двухэтажным подвалом и подземной автостоянкой, общей площадью 102 909,3 кв. м, по адресу: г. Москва, Балаклавский проспект, д. 15.

2. По результатам внедрения комплексов газозащиты подтверждена эффективность и достаточность в достижении цели обеспечения безопасного строительства и последующей эксплуатации здания включенных в них работ.

Результатом работ является полученное разрешение на ввод объекта в эксплуатацию.

3. По результатам внедрения технологических процессов газозащиты при строительстве здания подтверждена правильность выбранных для их формирования методов исследования, что позволяет на научной основе дополнить конкретными работами содержащиеся в нормативной документации общие условия использования территорий, содержащих биогаз.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе исследования, в соответствии с целями и задачами, получены следующие результаты:

1. Анализ содержания нормативной базы и научных исследований, касающихся существующих технологических процессов газозащиты зданий, применяемых при строительстве на газонасыщенных грунтах, не дает полного описания вариантов решения проблемы газозащиты. Существующие нормативные документы определяют общие условия использования территорий с газонасыщенными грунтами под строительство, а четких требований, рекомендаций, методик и систематизированных групп работ для каждой категории грунтов в зависимости от степени их газонасыщенности – нет.

2. Оценка существующих технологических процессов газозащиты, применяемых при строительстве зданий на территориях с грунтами, генерирующими биогазы, показывает, что в документах, носящих рекомендательный характер применительно к проектированию и строительству на газонасыщенных грунтах, прослеживаются общие указания на отдельно взятые работы, которые могут выполняться для газозащиты зданий, но четкого перечня работ по газозащите зданий, в том числе для ситуаций, когда территория, отведенная под строительство, содержит комбинацию газонасыщенных грунтов, – нет.

3. Выполнено построение модели технологических процессов строительства зданий на макроуровне, которая включает в себя контекстную диаграмму и диаграмму основных процессов строительства зданий, определяет место работ по газозащите в технологических процессах строительства зданий, структуру, внешние и внутренние связи.

4. Подбор, анализ и систематизация работ по газозащите с учетом степени газонасыщенности грунтов, формирование их в комплексы и включение в технологические процессы газозащиты строительства зданий на газонасыщенных грунтах выполнены с помощью использованных в ходе исследования общих и

частных методов, что дало возможность смоделировать технологические процессы газозащиты при строительстве зданий на газонасыщенных грунтах, с одной стороны, как целостные комплексы взаимосвязанных элементов, а с другой стороны, как составные элементы процесса строительства зданий в целом.

5. Построение комплексов технологических процессов газозащиты зданий на микроуровне, учитывающих степень газонасыщенности грунтов, выполнено с использованием метода априорного ранжирования. В ходе проведения экспертного опроса были определены наиболее значимые группы работ, объединенные в комплексы, влияющие на выбор технологических процессов газозащиты здания, исходя из степени газонасыщенности грунтов.

6. Создана методика выполнения технологических процессов газозащиты зданий, основанная на разработанной макромодели строительства зданий, результатах априорного ранжирования, в котором были определены комплексы работ по газозащите, и разработанной микромоделю технологических процессов газозащиты, разработанной для каждой категории газонасыщенных грунтов.

7. Внедрение комплексов газозащиты, включенных в состав технологических процессов газозащиты при строительстве зданий на газонасыщенных грунтах, осуществлено при строительстве 19–26-этажного монолитного жилого дома, состоящего из трех корпусов А, Б, В, с двухэтажным подвалом и подземной автостоянкой, по адресу: г. Москва, Балаклавский проспект, д. 15, по результатам которого подтверждена эффективность как комплексов газозащиты, так и включенных в них работ.

Рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы:

Дальнейшие исследования предполагается проводить в направлении практического создания нормативной базы, описывающей технологические процессы газозащиты, для более качественной и эффективной защиты зданий от биологических газов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абелев, М. Ю. О проблемах инженерных изысканий на территориях с газогенерирующими грунтами / М. Ю. Абелев, И. В. Аверин, Д. Л. Каралли // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 2020. – № 3. – С. 23–25.

2. Абелев, М. Ю. Строительство жилых зданий на загазованных грунтах / М. Ю. Абелев, И. В. Аверин, Д. Л. Каралли // Стандарты и качество. – 2019. – № 7. – С. 100–104.

3. Абелев, М. Ю. Об эффективности устройства уплотненной песчаной подушки в основаниях многоэтажных зданий и сооружений, расположенных на слабых грунтах / М. Ю. Абелев, Р. Р. Бахронов, З. У. Джангидзе // Промышленное и гражданское строительство. – 2014. – № 4. – С. 55–58.

4. Абелев, М. Ю. Особенности устройства оснований зданий на газогенерирующих насыпных грунтах / М. Ю. Абелев, Р. Р. Бахронов, Д. Л. Каралли // Промышленное и гражданское строительство. – 2020. – № 7. – С. 63–68.

5. Абелев, М. Ю. Новое в устройстве искусственных уплотненных оснований зданий и сооружений на слабых грунтах / М. Ю. Абелев, Р. Р. Бахронов, В. Г. Козьмодемьянский // Промышленное и гражданское строительство. – 2015. – № 9. – С. 76–81.

6. Абелев, М. Ю. Устройство уплотненных песчаных оснований многоэтажных зданий при строительстве на слабых грунтах / М. Ю. Абелев, В. Г. Козьмодемьянский, Р. Р. Бахронов // Промышленное и гражданское строительство. – 2014. – № 10. – С. 70–73.

7. Абелев, М. Ю. Опыт проектирования и технологии строительства зданий на загазованных грунтах / М. Ю. Абелев, Е. А. Король, А. П. Левченко, Д. Л. Каралли // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 2021. – № 2. – С. 23–26.

8. Абелев, М. Ю. Особенности устройства уплотненных песчаных оснований зданий при замещении газогенерирующих грунтов / М. Ю. Абелев, Д. Ю. Чунюк,

Д. Л. Каралли, Р. Р. Бахронов // Промышленное и гражданское строительство. – 2021. – № 5. – С. 34–40.

9. Абелев, Ю. М. Основы проектирования и строительства на просадочных макропористых грунтах / Ю. М. Абелев, М. Ю. Абелев. – Москва : Стройиздат, 1979. – 271 с.

10. Балакин, В. А. Газогеохимические исследования на полигонах ТБО / В. А. Балакин, Л. П. Грибанова // Твердые бытовые отходы. – 2013. – № 10. – С. 25–27.

11. Андроханов, В. А. Техноземы и изменение их свойств на биологическом этапе рекультивации : дис. ... канд. биол. наук : 03.00.27 / Андроханов Владимир Алексеевич ; Новосибирск, 1998. – 179 с.

12. Априорное ранжирование факторов : методические указания к лабораторной работе для студентов специальности 110400 «Литейное производство черных и цветных металлов» / Министерство образования РФ, Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Хабаровский государственный технический университет» ; сост.: А. В. Щекин, А. Ф. Мащенко. – Хабаровск : Изд-во ХГТУ, 2004. – 12 с.

13. Балакин, В. А. Газогеохимические исследования при инженерно-экологических изысканиях / В. А. Балакин, Е. П. Труфманова // Инженерные изыскания. – 2011. – № 4. – С. 18–21.

14. Балакин, В. А. Газогеохимические исследования для целей рекультивации полигонов / В. А. Балакин, Е. П. Труфманова, Ю. Ю. Старых // Твердые бытовые отходы. – 2017. – № 9 (135). – С. 22–25.

15. Балакин, В. А. Оценка масштабов генерации биогаза на полигонах ТКО / В. А. Балакин, Е. П. Труфманова, Ю. Ю. Старых // Твердые бытовые отходы. – 2017. – № 5 (131). – С. 22–24.

16. Бешелев, С. Л. Математико-статистические методы экспертных оценок / С. Л. Бешелев, Ф. Г. Гурвич. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Статистика, 1980. – 263 с.

17. Богачев, С. Н. Строительные риски и возможности их минимизации /

С. Н. Богачев, А. А. Школьников, Р. А. Розентул, Н. А. Климова // *Academia. Архитектура и строительство*. – 2015. – № 1. – С. 88–92.

18. Брюхань, А. Ф. О категориях газогеохимической опасности насыпных грунтов / А. Ф. Брюхань, Ф. Ф. Брюхань, А. Я. Корольченко // *Пожаровзрывобезопасность*. – 2013. – Т. 22, № 7. – С. 55–58.

19. Бюллетень Почвенного института имени В. В. Докучаева / Всесоюзная академия сельскохозяйственных наук им. В. И. Ленина. Вып. 49: Охрана почв от техногенных загрязнений. – Москва, 1989. – 59 с.

20. Васильченко, А. В. Рекультивация нарушенных земель : учебное пособие: в 2-х частях / А. В. Васильченко; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург : ОГУ, 2017. – Ч. 2. – 158 с.

21. Вашаломидзе, Т. А. Современные технологии устройства уплотненных грунтовых оснований при строительстве зданий и сооружений в стесненных условиях / Т. А. Вашаломидзе, Е. А. Филимонов, А. А. Устинов // *Промышленное и гражданское строительство*. – 2011. – № 12. – С. 50–53.

22. Вендров, А. М. CASE-технологии. Современные методы и средства проектирования информационных систем / А. М. Вендров. – Москва : Финансы и статистика, 2005. – 176 с.

23. ВСН 490–87. Проектирование и устройство свайных фундаментов и шпунтовых ограждений в условиях реконструкции промышленных предприятий и городской застройки : Ведомственные строительные нормы : утв. Минмонтажспецстроем СССР 29 декабря 1986 г. : срок введ. в дейст. 1 июля 1987 г. / ВИИИГС, ГПИ Фундаментпроект. – Москва : Минмонтажспецстрой СССР, 1988.

24. ГОСТ 17.2.6.02-85*. Охрана природы. Атмосфера. Газоанализаторы автоматические для контроля загрязнения атмосферы. Общие технические требования = Nature protection. Atmosphere. Automatic gas analysis for air pollution monitoring. General technical requirements: Межгосударственный стандарт : издание официальное : дата введ. установлена Постановлением Гос. комитета СССР по стандартам от 18 декабря 1985 г. № 4144 : дата введ. 01.01.1987 / Госкомстандарт

СССР. – Москва : ИПК Издательство стандартов, 2004.

25. ГОСТ 17.5.1.02-85. Охрана природы. Земли. Классификация нарушенных земель для рекультивации = Nature protection. Lands. Classification of disturbed lands to be cultivated : Межгосударственный стандарт : издание официальное : утв. и введ. в дейст. Постановлением Гос. комитета СССР по стандартам от 16.07.1985 № 2228 / Госкомстандарт СССР. – Москва, 1985.

26. ГОСТ 17.5.3.04-83 (СТ СЭВ 5302-85). Охрана природы. Земли. Общие требования к рекультивации земель = Nature protection. Lands. Reclamation general requirements : Межгосударственный стандарт : издание официальное : утв. и введ. в дейст. Постановлением Гос. комитета СССР по стандартам от 30.03.1983 № 1521 / Госкомстандарт СССР. – Москва : ИПК Издательство стандартов, 2002.

27. Гусаков, А. А. Системотехника строительства / А. А. Гусаков. – Москва : Стройиздат, 1993. – 368 с.

28. Данилкин, М. С. Технология строительного производства : учебное пособие для вузов / М. С. Данилкин, А. А. Шубин. – Ростов-на-Дону : Феникс, 2009. – 318 с.

29. Делятицкий С. В. Некоторые результаты изучения территорий свалок промышленных и бытовых отходов / С. В. Делятицкий, А. Д. Кочев, Л. Г. Чертков // Инженерная геология. – 1990. – № 3. – С. 71–77.

30. Денисова, А. Л. Теория и практика экспертной оценки товаров и услуг : Учебное пособие / А. Л. Денисова, Е. В. Зайцев ; М-во образования Рос. Федерации, Тамбовский государственный технический университет. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2002. – 72 с.

31. Епифанова, Т. В. Комментарий к Федеральному закону от 10 января 1996 года «О мелиорации земель» : (постатейный) / Т. В. Епифанова, Н. Г. Романенко. – Москва : Юстицинформ, 2010. – 148 с.

32. Загорская, А. В. Применение методов экспертной оценки в научном исследовании. Необходимое количество экспертов / А. В. Загорская, А. А. Лапидус // Строительное производство. – 2020. – № 3. – С. 21–34.

33. Замятина, О. М. Моделирование систем : Учебное пособие /

О. М. Замятина. – Томск : Изд-во ТПУ, 2009. – 204 с.

34. Зиангиров, Р. С. Инженерная геология в строительстве / Р. С. Зиангиров, В. С. Быкова, М. П. Полтев. – Москва : Стройиздат, 1986. – 175 с.

35. Ильичев, В. А. Метод прогнозирования уровня колебаний сооружений и грунтов по результатам опытов / В. А. Ильичев, В. Г. Таранов // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1977. – № 4. – С. 17–20.

36. Инструкция по инженерно-геологическим и геоэкологическим изысканиям в г. Москве : утв. и введ. в действ. Указанием Москомархитектуры от 11.03.04 № 5 / Правительство Москвы. – Москва : Москомархитектура, 2004.

37. Инструкция по проведению инженерно-экологических изысканий для подготовки проектной документации строительства, реконструкции объектов в г. Москве : утв. Приказом Комитета по архитектуре и градостроительству города Москвы от 23.07.2008 № 66 / Правительство Москвы. – Москомархитектура, 2008.

38. Колыбин, И. В. Уроки аварийных ситуаций при строительстве котлованов в городских условиях / И. В. Колыбин // Развитие городов и геотехническое строительство. – 2008. – № 12. – С. 90–124.

39. Коновалов, П. А. Основания и фундаменты реконструируемых зданий / П. А. Коновалов. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва : ВНИИНТПИ : Бумажная галерея, 2000. – 308 с.

40. Коновалов, П. А. Строительство сооружений на заторфованных территориях / П. А. Коновалов. – Москва : Стройиздат, 1995. – 344 с.

41. Коршунова, А. П. Технология строительного производства и охрана труда : учебное пособие по направлению 630100 «Архитектура» / А. П. Коршунова, Н. Е. Муштаева, В. А. Николаев ; под общ. ред. Г. Н. Фомина. – Москва : Архитектура-С, 2007. – 376 с.

42. Костельов, М. П. Возможности и эффективность уплотнения виброкатками грунтов различного типа и состояния / М. П. Костельов // Дорожная техника. – 2004. – № 2. – С. 72–82.

43. Крутов, В. И. Основания и фундаменты на насыпных грунтах / В. И. Крутов. – Москва : Стройиздат, 1988. – 224 с.

44. Крутов, В. И. Основания и фундаменты на просадочных грунтах / В. И. Крутов. – Киев : Будвельник, 1982. – 256 с.

45. Кузнецов, Е. С. Управление техническими системами : Учебное пособие по специальности 150200 – Автомобили и автомобильное хозяйство / Е. С. Кузнецов ; Московский автомобильно-дорожный институт (государственный технический университет). – Москва : МАДИ (ТУ), 2003. – 247 с.

46. Лapidус, А. А. Систематизация работ по газозащите, включаемых в технологический процесс строительства зданий на газогенерирующих грунтах / А. А. Лapidус, Д. Л. Каралли // Известия высших учебных заведений. – 2023.

47. Лебедев, В. С. Геоэкологическое обоснование безопасности застройки территорий распространения газонасыщенных техногенных грунтов / В. С. Лебедев, В. А. Балакин, Д. В. Иванов, Е. П. Труфманова // Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. Сергеевские чтения. Вып. 8 – Москва : Изд-во ГЕОС, 2006. – С. 176–179.

48. Макаренко, С. И. Справочник научных терминов и обозначений / С. И. Макаренко. – Санкт-Петербург : Научное издательство, 2019. – 254 с.

49. Мангушев, Р. А. Методы подготовки и устройства искусственных оснований : Учебное пособие / Р. А. Мангушев, Р. А. Усманов, С. В. Ланько, В. В. Конюшков. – Москва, Санкт-Петербург : Издательство АСВ, 2012. – 276 с.

50. Материалы по проектированию зданий и сооружений в районах распространения газогенерирующих насыпных грунтов на территории г. Москвы / Правительство г. Москвы, Москомархитектура, Моспроект-1. – Москва, 1992.

51. МГСН 2.07–01. Основания, фундаменты и подземные сооружения. Обследование и мониторинг при строительстве и реконструкции зданий и подземных сооружений : Пособие к МГСН 2.07-01 : принто и введ. в дейст. Приказом Москомархитектуры от 01.12.2004 № 180 / Москомархитектуры. – Москва, 2004.

52. МДС 12–46.2008. Методические рекомендации по разработке и оформлению проекта организации строительства, проекта организации работ по

сносу (демонтажу), проекта производства работ : Методическая документация в строительстве / ЗАО «ЦНИИОМТП». – Москва, 2008.

53. МДС 12–81.2007. Методические рекомендации по разработке и оформлению проекта организации строительства и проекта производства работ: Методическая документация в строительстве / ЗАО «ЦНИИОМТП». – Москва, 2007.

54. Неклюдов, М. К. Механизация уплотнения грунтов / М. К. Неклюдов. – Москва : Стройиздат, 1985. – 168 с.

55. Николаева, С. К. Генетические особенности формирования состава техногенных грунтов как основа их подразделения в грунтоведении / С. К. Николаева, М. А. Викторова // Труды Международной научной конференции «Петрогенетические, историко-геологические и пространственные вопросы в инженерной геологии». – Москва : Изд-во МГУ, 2002. – С. 50–51.

56. Николаева, С. К. Особенности состава и свойств насыпных грунтов на участке жилой застройки / С. К. Николаева, М. А. Викторова, А. С. Моисеева // Материалы региональной научно-практической конференции «Геология и полезные ископаемые Западного Урала». – Пермь : Пермский университет, 2003. – С. 268–270.

57. Олейник, П. П. Организация строительного производства : монография / П. П. Олейник. – Москва : МГСУ : Издательство Ассоциации строительных вузов, 2010. – 575 с.

58. Олейник, П. П. Организация и технология строительного производства (подготовительный период) : Учебное пособие / П. П. Олейник, С. П. Олейник. – Москва : Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. – 239 с.

59. Олейник, П. П. Состав разделов организационно-технологической документации и требования к их содержанию : Учебное пособие / П. П. Олейник, Б. Ф. Ширшиков. – Москва : Издательство МИСИ–МГСУ, 2013. – 64 с.

60. Панова, Л. И. Вертикальная планировка городских территорий / Л. И. Панова, Ю. П. Бочаров. – Братск : БрГУ, 2005.

61. Попкова, Ю. Б. Экономическая оценка биогаза, выделяемого

загрязненными городскими территориями / Ю. Б. Попкова // Науковий вісник НЛТУ України. – 2009. – Вип. 19.15. – Стр. 120–126.

62. Пособие по проектированию оснований зданий и сооружений (к СНиП 2.02.01-83*) / НИИОСП им. Герсеванова. – Москва : Стройиздат, 1986. – 533 с.

63. Пособие по производству работ при устройстве оснований и фундаментов (к СНиП 3.02.01–83) / НИИОСП им. Н. М. Герсеванова. – М.: Стройиздат, 1986. – 567 с.

64. Рапопорт, Б. М. Инжиниринг и моделирование бизнеса / Б. М. Рапопорт. – Москва : Тандем, 2001. – 239 с.

65. Рекомендации по проектированию и устройству оснований фундаментов при возведении зданий вблизи существующих в условиях плотной застройки в г. Москве : приняты и введены в действие указанием Москомархитектуры от 13 января 1999 г. № 2 / Правительство Москвы. – Москва : Москомархитектура, 1999. – 155 с.

66. Рекомендации по проектированию и устройству оснований, фундаментов и подземных сооружений при реконструкции гражданских зданий и исторической застройки : утв. и введ. в действие указанием Москомархитектуры от 3 июля 1998 г. № 21 / Правительство Москвы. – Москва : Москомархитектура, 1998. – 147 с.

67. Руководство по грунтам и материалам, укрепленным органическими вяжущими : Отраслевой дорожный методический документ : утв. распоряжением Минтранса России № ОС-424-Р от 15.03.2003 / Министерство транспорта Российской Федерации, государственная служба дорожного хозяйства (РОСАВТОДОР). – Москва, 2003. – Издание официальное.

68. Руководство по применению поверхностно-активных веществ при устройстве асфальтобетонных покрытий (взамен ВСН 59–68) : Отраслевой дорожный методический документ : утв. распоряжением Минтранса России № ОС-358-Р от 18.04.2003 / Минтранс России. – Москва, 2003. – Издание официальное.

69. Руководство по проектированию дренажей зданий и сооружений : утв. и введ. в дейст. указанием Москомархитектуры от 20.11.2000 № 48 / Правительство

Москвы. – Москва : Москомархитектура, 2000. – Издание официальное.

70. Руководство по разработке раздела «Охрана окружающей среды» к проекту планировки (реконструкции) жилого района : утв. Приказом Председателя Москомархитектуры А. В. Кузьмина (№ 166 от 29.12.1997) и согласовано с Москомприродой, МГЦГСЭН, Мосгосэкспертизой / Правительство Москвы, Комитет по архитектуре и градостроительству г. Москвы, Научно-исследовательский и проектный институт генерального плана г. Москвы. – Москва : Москомархитектура, 1998. – Издание официальное.

71. СанПиН 2.1.3684-21. Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 2.1.3684-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий» : Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28 января 2021 г. № 3 : вступ. в силу с 1 марта 2021 г. и дейст. до 1 марта 2027 г. // Официальный интернет-портал правовой информации www.pravo.gov.ru. – 5 февраля 2021 г., № 0001202102050027.

72. Скляр, В. А. Организация и математическое планирование эксперимента. Учебное пособие / В. А. Скляр. – Москва : Издательские решения, 2017. – 140 с.

73. СНиП 11-02-96. Актуализированная редакция : СП 47.13330.20. Инженерные изыскания для строительства. Основные принципы = Engineering survey for construction. Basic principles : Свод правил : утв. и введ. в дейст. Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 30 декабря 2016 г. № 1033/пр : дата введ. 1 июля 2017 г. / Минстрой России. – Москва, 2016. – Издание официальное.

74. СНиП 3.07.03-85. Мелиоративные системы и сооружения : Строительные нормы и правила : переизданы с изменением № 1, утв. постановлением Госстроя СССР от 10 января 1991 г. № 1 : введ. в действ. 1 июля 1991 г. / Разработаны Союзгипроводхозом и Мосгипроводхозом. – Москва : ГУП ЦПП, 1996. – 28 с. –

Издание официальное.

75. Соколов, Г. К. Технология возведения специальных зданий и сооружений / Г. К. Соколов. – Москва : Академия, 2008. – 352 с.

76. СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть II. Правила производства работ в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов : Свод правил по проектированию и строительству : принят и введ. в дейст. с 1 января 2001 г. впервые / Разработан ПНИИИС Госстроя России, МГСУ, НПЦ «Ингеодин». – Москва : Госстрой России, 2003. – Издание официальное.

77. СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть III. Правила производства работ в районах распространения специфических грунтов : Свод правил по проектированию и строительству : принят и введ. в дейст. с 1 июля 2000 г. впервые / Разработан ПНИИИС Госстроя России, НИИОСП им. Н. М. Герсевича, МГСУ, НПЦ «Ингеодин». – Москва : Госстрой России, 2004. – Издание официальное.

78. СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть V. Правила производства работ в районах с особыми природно-техногенными условиями : Свод правил по инженерным изысканиям для строительства : принят и введ. в дейст. 1 октября 2003 г. впервые / Разработан ПНИИИС Госстроя России, МГСУ, НПЦ «Ингеодин». – Москва : Госстрой России, 2003. – Издание официальное.

79. СП 13-102-2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений : Свод правил по проектированию и строительству : принят постановлением Госстроя России от 21 августа 2003 г. № 153 / Разработан ФГУП «КТБ ЖБ», ГУП «НИИЖБ», 26 ЦНИИ Минобороны России. – Москва : Госстрой России, 2003. – Издание официальное.

80. СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.02-83* : Свод правил : утв. Приказом Минстроя России от 16 декабря 2016 г. № 970/пр : введ. в дейст. с 17 июня 2017 г. / Минстрой России. – Москва : Росстандарт, 2016. – Издание официальное.

81. СП 24.13330.2011. Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85 : Свод правил : утв. Приказом Минрегиона России от 27 декабря 2010 г. № 786 : введ. в дейст. с 20 мая 2011 г. / Минрегион России. – Москва : Росстандарт, 2010. – Издание официальное.

82. СП 28.13330.2017. Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85 : Свод правил : утв. Приказом Минстроя России от 27 февраля 2017 г. № 127/пр : введ. в дейст. с 28 августа 2017 г. / Минстрой России. – Москва : Росстандарт, 2017. – Издание официальное.

83. СП 45.13330.2017. Земляные сооружения, основания и фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 3.02.01-87 : Свод правил : утв. Приказом Минстроя России от 27 февраля 2017 г. № 125/пр : введ. в дейст. с 28 августа 2017 г. / Минстрой России. – Москва : Росстандарт, 2017. – Издание официальное.

84. СП 47.13330.2016. Свод правил. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения : Свод правил : утв. Приказом Минстроя России от 30 декабря 2016 г. № 1033/пр : введ. в дейст. с 1 июля 2017 г. / Минстрой России. – Москва : Росстандарт, 2016. – Издание официальное.

85. СП 48.13330.2011. Организация строительства. Актуализированная редакция СНиП 12-01-2004 : Свод правил : утв. Приказом Минрегиона России от 27 декабря 2010 г. № 781 : введ. в дейст. с 20 мая 2011 г. / Минрегион России. – Москва : Росстандарт, 2010. – Издание официальное.

86. СП 48.13330.2019. Организация строительства. СНиП 12-01-2004 : Свод правил : утв. Приказом Минстроя России от 24 декабря 2019 г. № 861/пр : введ. в дейст. с 25 июня 2020 г. / Минстрой России. – Москва : Росстандарт, 2019. – Издание официальное.

87. СП 50-101-2004. Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений : Свод правил по проектированию и строительству : одобрен для примен. Постановлением Госстроя России № 28 от 9 марта 2004 г. : введ. впервые / Разработан НИИОСП им. Н. М. Герсевича, ФГУП «НИЦ «Строительство». – Москва : Управление технического нормирования, стандартизации и сертификации в строительстве и ЖКХ Госстроя России, 2019. –

Издание официальное.

88. СП 78.13330.2012. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 3.06.03-85 : Свод правил : утв. Приказом Минрегиона России от 30 июня 2012 г. № 272 : введ. в дейст. с 1 июля 2013 г. / Минрегион России. – Москва : Росстандарт, 2012. – Издание официальное.

89. СП 101.13330.2012. Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.06.07-87 : Свод правил : утв. Приказом Минрегиона России от 30 июня 2012 г. № 267 : введ. в дейст. с 1 января 2013 г. / Минрегион России. – Москва : Росстандарт, 2012. – Издание официальное.

90. СП 446.1325800.2019. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Общие правила производства работ. Общие правила производства работ : Свод правил : утв. Приказом Минстроя России от 5 июня 2019 г. № 329/пр : введ. в дейст. с 6 декабря 2019 г. / Минстрой России. – Москва : Росстандарт, 2019. – Издание официальное.

91. СП 502.1325800.2021. Свод правил. Инженерно-экологические изыскания для строительства. Общие правила производства работ : Свод правил : утв. Приказом Минстроя России от 16 июля 2021 г. № 475/пр : введ. в дейст. с 17 января 2022 г. / Минстрой России. – Москва : Росстандарт, 2019. – Издание официальное.

92. Справочник проектировщика : Основания, фундаменты и подземные сооружения / М. И. Горбунов-Посадов, В. А. Ильичев, В. И. Крутов и др.; Под общ. ред. Е. А. Сорочана и Ю. Г. Трофименкова. – Москва : Стройиздат, 1985. – 480 с.

93. Скопина, Р. П. Рекультивация нарушенных земель / Р. П. Скопина, Е. Н. Панов. – Москва : Библиограф, 1984. – 56 с.

94. Стаценко, А. С. Технология строительного производства : Учебное пособие / А. С. Стаценко. – Издательство : Феникс, 2008. – 415 с.

95. Тарасов, Р. В. К вопросу применения экспертных методов в прогнозировании процессов, оценке уровня качества и принятии управленческих решений / Р. В. Тарасов, Л. В. Макарова, О. Ф. Акжигитова // Современные научные исследования и инновации. – 2014. – № 4 (36). – С. 45.

96. Теличенко, В. И. Технология возведения зданий и сооружений : Учебник для строительных вузов / В. И. Теличенко, О. М. Терентьев, А. А. Лапидус. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Высшая школа, 2004. – 446 с.
97. Тер-Мартirosян, З. Г. Некоторые проблемы подземного строительства / З. Г. Тер-Мартirosян, А. З. Тер-Мартirosян // Жилищное строительство. – 2013. – № 9. – С. 2–6.
98. Трофименков, Ю. Г. Полевые методы исследования строительных свойств грунтов / Ю. Г. Трофименков, Л. Н. Воротков. – Москва : Стройиздат, 1981. – 215 с.
99. Хамзин, С. К. Технология строительного производства. Курсовое и дипломное проектирование : учеб. пособие для строительных специальностей вузов / С. К. Хамзин, А. К. Карасев. – Москва : Бастет, 2006. – 216 с.
100. Averin, I. Special aspects of design and construction of irrigation systems on loess soil [Особенности проектирования и строительства оросительных систем на лессовых почвах] / I. Averin, D. Karalli, I. Brovko // VII International Scientific Conference «Integration, partnership and innovation in construction science and education» [VII Международная научная конференция «Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании»] / IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2021. – Vol. 1030, № 012140.
101. Expert judgments for performance shaping Factors' multiplier design in human reliability analysis / P. Liu, Y. Qiu, J. Hu, J. Tong, J. Zhao, Z. Li // Reliability Engineering & System Safety. – 2020. – Vol. 194, № 106343.
102. Hokstad, P. Recommendations on the use of expert judgment in safety and reliability engineering studies. Two offshore case studies / P. Hokstad, K. Oien, R. Reinertsen // Reliability Engineering and System Safety. – 1998. – Vol. 61, Iss. 1–2. – P. 65–76.
103. Quantification of a human reliability analysis method for radiotherapy applications based on expert judgment aggregation / D. Pandya, L. Podofillini, F. Emert, A. J. Lomax, V. N. Dang, G. Sansavini // Reliability Engineering & System Safety. – 2020. – Vol. 194, № 106489.

104. Up-to-date technologies of constructing foundations on loose soil in the city of Moscow [Современные технологии устройства фундаментов на рыхлом грунте в г. Москве] / M. Abelev, I. Averin, D. Karalli, O. Kopteva // VII International Scientific Conference «Integration, partnership and innovation in construction science and education» [VII Международная научная конференция «Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании»] / IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2021. – Vol. 1030, № 012041.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Анкета экспертной оценки

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

АНКЕТА ЭКСПЕРТНОЙ ОЦЕНКИ

перечня работ по газозащите
при строительстве зданий на газонасыщенных грунтах

Научный руководитель:
доктор технических наук, профессор
Лapidус Азарий Абрамович

Москва – 2023

1. Краткая информация о диссертационном исследовании

Для строительства нередко выделяются земельные участки, которые ранее были использованы в качестве «временных» свалок городского бытового мусора или свалок отходов различных производств с вредными для экологической обстановки химическими составами. Грунты на таких участках являются источниками выделения биологических газов. Основную часть этих выделений составляет метан (CH_4). Все здания и сооружения, особенно жилые, построенные и строящиеся на территориях с грунтами, генерирующими биогаз, должны быть защищены, в том числе от проникновения биогаза в подземные пространства таких объектов.

Крайне редко территории, выделенные под строительство, содержат какую-то одну категорию газонасыщенного грунта, чаще встречаются их комбинации, то есть когда на территории застройки присутствуют газонасыщенные грунты различных категорий (имеются зоны с разной степенью опасности).

По результатам анализа нормативной документации было установлено, что, в зависимости от степени газонасыщенности, грунты подразделяются на категории: **безопасные** – с содержанием $\text{CH}_4 < 0,1 \%$ об.; **потенциально опасные** – при $1,0 \% > \text{CH}_4 > 0,1 \%$ об. и $\text{CO}_2 > 0,5 \%$; **опасные** – с содержанием $\text{CH}_4 > 1,0 \%$ об. и CO_2 до 10% ; **взрывопожароопасные** – с содержанием $\text{CH}_4 > 5,0 \%$ об. и $\text{CO}_2 - n * 10 \%$.

При проведении анализа существующих нормативных документов выявлено, что в них определены общие условия использования территорий под строительство, а четких требований, рекомендаций и систематизированных групп работ для каждой категории грунтов в зависимости от степени их газонасыщенности нет.

Поскольку нормативные документы не содержат четкого перечня работ по газозащите строящихся зданий для ситуаций, когда на территории строительства присутствует комбинация газонасыщенных грунтов, то на основании анализа нормативных актов, обобщения имеющегося опыта и опроса

специалистов автором исследования был сформирован перечень из 18 требующих ранжирования работ, которые потенциально могут выполняться при строительстве зданий с целью их газозащиты.

Количество работ выбрано с определенным резервом, обеспечивающим выбор именно таких работ, по которым эксперты наиболее компетентны и по которым эксперты смогут осуществить ранжирование.

2. Задачи экспертной оценки

- 1) Эксперты должны осуществить ранжирование перечня из 18 работ, которые потенциально могут выполняться при строительстве зданий с целью их газозащиты, для каждой из трех категорий газонасыщенных грунтов:
 - потенциально опасные;
 - комбинация потенциально опасных и опасных грунтов;
 - комбинация опасных и взрывопожароопасных грунтов.
- 2) При заполнении анкеты экспертной оценки эксперты вправе исключить из перечня работы, выполнение которых неприменимо для соответствующей категории газонасыщенных грунтов и/или невозможно к выполнению.
- 3) Эксперты должны распределять работы по рангам (присваивать ранги) в порядке убывания степени их влияния на результирующий признак (газозащита здания), где 1 – максимальная степень влияния, а 18 – минимальная степень влияния.
- 4) Эксперты должны в ходе распределения рангов между работами, содержащимися в перечне, группировать (по возможности) их таким образом, чтобы в явном виде прослеживалась приоритетная для соответствующей категории/комбинации газонасыщенных грунтов группа/группы работ, при совокупном выполнении которых при строительстве здания на соответствующей категории/комбинации газонасыщенных грунтов задача биогазовой защиты решалась бы комплексно и экономически эффективно.

3. Анкета эксперта

№ п/п	Вопрос	Ответ
1	ФИО	
2	Должность	
3	Имеете ли вы образование в сфере строительства, проектирования и какое (среднее специальное, высшее, ученая степень)?	
4	Являетесь ли вы специалистом, включенным в национальный реестр специалистов НОПРИЗ, НОСТРОЙ?	
5	Имеете ли вы опыт участия в работах по устройству газозащиты при строительстве зданий?	
6	Дополнения и примечания	

4. Перечень работ для ранжирования

№ Работы	Наименование работы	Значение (от 1 до 18)
1	Мелиорация токсичных грунтов, перекрытие загрязненных почв слоем потенциально плодородных пород и/или создание защитного слоя (экрана)	
2	Выемка экологически опасных, насыпных грунтов на всю мощность их залегания. Погрузка на самосвалы и вывоз на полигон переработки отходов грунтов (отходов IV и выше класса опасности)	
3	Обратная засыпка песком средней крупности с уплотнением взамен вынутого газонасыщенного грунта	
4	Устройство пластового газового дренажа под зданием	
5	Устройство газодренажных траншей, образующихся за счет отсыпки пазух котлована песком (щебнем)	
6	Устройство газодренажных скважин	
7	Обратная засыпка песком средней крупности с уплотнением пазух котлована	
8	Устройство «стены в грунте» с непрерывным заполнением захваток бетонной смесью	

9	Устройство слоя щебня с его обработкой битумными эмульсиями	
10	Устройство сплошной монолитной железобетонной плиты в основании здания	
11	Устройство многослойной гидроизоляции плиты основания и боковых наружных стен в заглубленной части	
12	Устройство бетонных полов и полов со специальными полимерными покрытиями	
13	Устройство защитных полимерных пленок, размещенных в конструкции полов помещений подземной части зданий или первого этажа, если подземная часть отсутствует	
14	Устройство системы вентиляции подземных помещений зданий	
15	Устройство автоматической газозащитной системы, состоящей из комплекса газового контроля	
16	Установка металлических решеток на окнах и усиленных коробок в дверных проемах с обивкой оцинкованной сталью по асбоцементу (на первых, цокольных и подземных этажах здания)	
17	Уплотнение (герметизация) стыков, швов, вводов инженерных коммуникаций	
18	Благоустройство в соответствии с проектными решениями, в том числе устройство зеленых газонов, посев трав и растений	

БЛАГОДАРИМ ВАС ЗА УЧАСТИЕ

Комментарии экспертов

Оставьте Ваши комментарии и пожелания.

1. Пожелания по теме исследования:

-
-
-
-
-
-

2. Комментарии по теме исследования, в том числе связанные с Вашим личным опытом выполнения работ по газозащите, опишите проблемы, с которыми пришлось столкнуться:

-
-
-
-
-
-

БЛАГОДАРИМ ВАС ЗА УЧАСТИЕ

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Фотофиксация технологических процессов газозащиты при строительстве здания на газонасыщенных грунтах

Комплекс 1. Замена основания, рекультивация территории или ее части для комбинации опасных – взрывопожароопасных грунтов



Работа 2. Выемка экологически опасных, насыпных грунтов на всю мощность их залегания. Погрузка на самосвалы и вывоз на полигон переработки отходов грунтов (отходов IV и выше класса опасности)

Работа 3. Обратная засыпка песком средней крупности с уплотнением взамен вынутого газонасыщенного грунта

Комплекс 2. Конструктивная защита

Комплекс 2.1. Система биогазовой разгрузки



Работа 4. Устройство пластового газового дренажа под зданием

Работа 5. Устройство газодренажных траншей, образующихся за счет отсыпки пазух котлована песком (щебнем)

Работа 7. Обратная засыпка песком средней крупности с уплотнением пазух котлована



Комплекс 2.2. Газонепроницаемые экраны:



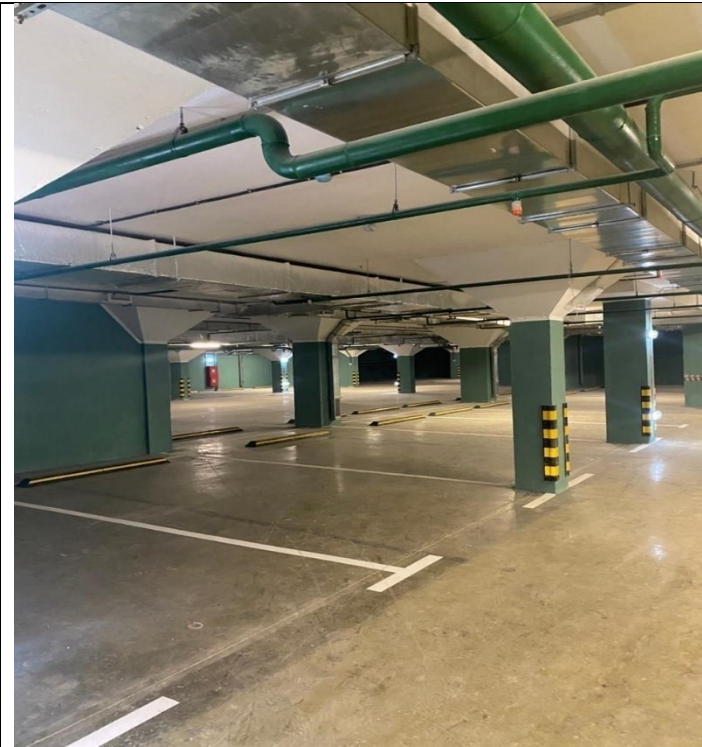


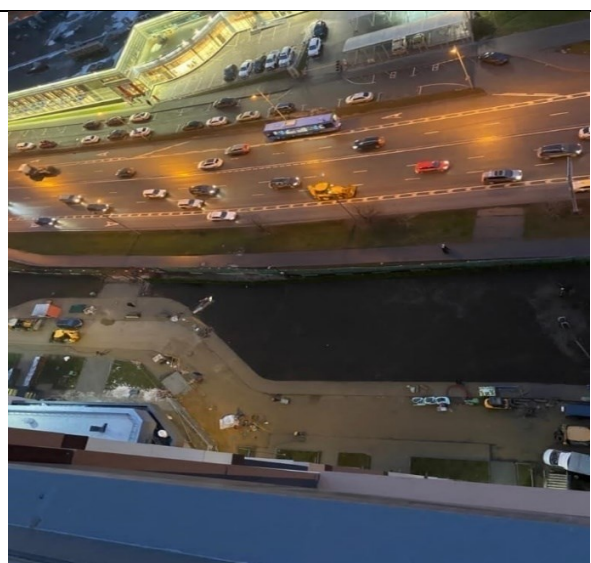
Работа 8. Устройство «стены в грунте» методом «jet grouting»

Работа 9. Устройство слоя щебня с его обработкой битумными эмульсиями

Работа 11. Устройство многослойной гидроизоляции плиты основания и боковых наружных стен в заглубленной части

Работа 12. Устройство бетонных полов и полов со специальными полимерными покрытиями

Комплекс 3. Сосредоточение выхода биогаза направленным удалением



Работа 14. Устройство системы вентиляции подземных помещений зданий

Работа 15. Устройство автоматической газозащитной системы, состоящей из комплекса газового контроля

Работа 17. Уплотнение (герметизация) стыков, швов, вводов инженерных коммуникаций

Работа 18. Благоустройство в соответствии с проектными решениями, в том числе устройство зеленых газонов, посев трав и растений

ПРИЛОЖЕНИЕ С

Акт о внедрении результатов диссертационной работы



ООО «РК Строй»
 Большая Полянка ул., д.41, стр. 1-2, помещение III,
 комната 7, вн. тер. г. муниципальный округ Якиманка,
 Москва, 119180
 ИНН/КПП 9705056778/770601001
 АО «Банк ДОМ.РФ» Москва
 П/с 40702810900900005577, К/с 30101810345250000266
 БИК 044525266, ОГРН 5157746183931
 e-mail: info@rcstrov.com тел. 8-495-134-56-60

АКТ

о внедрении результатов диссертационной работы

Общество с ограниченной ответственностью «РК Строй» в период с декабря 2018г. по март 2021г. являлось техническим заказчиком при строительстве многоквартирного жилого дома переменной этажности 19-26 этажей с подземной автостоянкой общей площадью 102 909,3 кв.м. по адресу: г. Москва, Балаклавский проспект, д.15.

В рамках выполнения работ по строительству объекта, в частности, при проведении изысканий было выявлено, что территория, отведенная под строительство, содержит газонасыщенные грунты разной степени концентрации, в связи с чем были выполнены соответствующие проектные работы, а также работы по устройству газозащиты здания.

Настоящим актом подтверждается факт внедрения результатов диссертационного исследования **Каралли Дарьи Львовны** на тему: **«Исследование технологических процессов при строительстве зданий на газонасыщенных грунтах»**, представляемой на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности ВАК 2.1.7. – «Технология и организация строительства», при осуществлении деятельности по строительству и вводу в эксплуатацию жилого дома.

В процессе выполнения работ по строительству, основные положения диссертационного исследования, а также разработанные методики газозащиты были применены при строительстве здания и подтверждены при итоговой приемке выполненных работ по газозащите инспектором Комитета государственного строительного надзора (Мосгосстройнадзор). Результатом работ является полученное Разрешение на ввод объекта в эксплуатацию.

Директор по строительству



Э.В. Алфимов