



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
МОРДОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. Н. П. ОГАРЁВА»
(ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва»)

Архитектурно-строительный факультет
Кафедра строительных материалов и технологий

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой СМиТ,
д-р техн. наук, проф.

В. Т. Ерофеев

«15» 06 2018 г.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к выпускной квалификационной (бакалаврской) работе

на тему: «Исследование физико-механических свойств и биологической стойкости
мелкозернистых бетонов на основе минерально-сырьевой базы РМ»

Автор работы

Ледяйкина О. В.

Направление подготовки 08.03.01 «Строительство»

Профиль «Промышленное и гражданское строительство»

Специализация «Технология строительного производства»

Обозначение бакалаврской работы БР-02069964-08.03.01-36-18

Руководитель ВКР

канд. техн. наук, доц.

Родин А. И.

Нормоконтролер

канд. техн. наук, доц.

Рецензент

канд. техн. наук, доц.

15.06.18

Молодых С. А.

Завалишин Е. В.



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
МОРДОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. Н. П. ОГАРЁВА»
(ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва»)

Архитектурно-строительный факультет
Кафедра строительных материалов и технологий

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой СМиТ,
д-р техн. наук, проф.

В. Т. Ерофеев

«9» 01 2018 г.

ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную (бакалаврскую) работу

студенту: **Ледяйкиной Оксане Васильевне**

Тема: «**Исследование физико-механических свойств и биологической стойкости мелкозернистых бетонов на основе минерально-сырьевой базы РМ**»

Утверждена приказом по МордГУ № 10321-С от 29.12.17

2 Срок представления проекта к защите 21.06.18

3 Исходные данные для проектирования: научные публикации в области получения мелкозернистых бетонов; методики исследования физико-механических, климатических, микробиологических и эксплуатационных свойств

4 Содержание пояснительной записки:

4.1 Введение: актуальность темы

4.2 Обзор научно-технической литературы в области разработки мелкозернистых бетонов

4.3 Цель и задачи исследования. Применяемые материалы и методы исследований

4.4 Оптимизация составов мелкозернистых бетонов по физико-механическим свойствам

4.5 Биологическая стойкость мелкозернистых бетонов в разных условиях

5 Перечень графического материала:

5.1 Научно-исследовательский раздел:

5.1.1 Цель и задачи исследования

5.1.2 Применяемые материалы

5.1.3 Составы бетонов, испытанные в работе. Средняя плотность бетонов

5.1.4 Относительный модуль упругости бетонов. Поверхностная прочность и кубиковая прочность бетонов при сжатии

5.1.5 Климатические испытания, разработанных составов. Микробиологические методы исследования

5.1.6 Пробы из воздуха, находящегося над образцами в разных климатических условиях

5.1.7 Смывы с поверхности образцов, находящихся в траншее

5.1.8 Смывы с поверхности образцов, находящихся на площадке под открытым небом

5.1.9 Смывы с поверхности образцов, находящихся под навесом

5.1.10 Биологическая стойкость

РУКОВОДИТЕЛЬ ВКР

Родин А. И.

Задание принял к исполнению:

подпись

Ледяйкина О. В. «9» 01 2018 г.

Дата выдачи

Ведомость бакалаврской работы

№ п/п	Формат	Обозначение	Наименование	Кол-во листов
Документация текстовая				
1	A4	БР-02069964-08.03.01-36-18	Пояснительная записка	174
1	A1	БР-02069964-НИ1	Цель и задачи исследования	1
2	A1	БР-02069964-НИ2	Применяемые материалы	1
3	A1	БР-02069964-НИ3	Составы бетонов, испытанные в работе. Средняя плотность бетонов	1
4	A1	БР-02069964-НИ4	Относительный модуль упругости бетонов. Поверхностная прочность и кубиковая прочность бетонов при сжатии	1
5	A1	БР-02069964-НИ5	Климатические испытания, разработанных составов. Микробиологические методы исследования	1
6	A1	БР-02069964-НИ6	Пробы из воздуха, находящегося над образцами в разных климатических условиях	1
7	A1	БР-02069964-НИ7	Смывы с поверхности образцов, находящихся в траншее	1
8	A1	БР-02069964-НИ8	Смывы с поверхности образцов, находящихся на площадке под открытым небом	1
9	A1	БР-02069964-НИ9	Смывы с поверхности образцов, находящихся под навесом	1
10	A1	БР-02069964-НИ10	Биологическая стойкость	

		БР-02069964-08.03.01-36-18			
Бакалаврской	Ерофеев	Исследование физико-механических свойств и биологической стойкости мелкозернистых бетонов на основе минерально-сырьевой базы РМ	Стадия	Лист	Листов
Руководитель	Родин		БР	3	174
Консультант	Родин				
Дипломник	Ледайкина				
Контролер	Молодых	Ведомость бакалаврской работы	08.03.01 Строительство ПГС, 403 гр., д/о		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа (ВКР) бакалавра содержит графическую часть – 10 листов формата А1, 174 страницы текстовой документации (114 рисунков, 18 таблиц, 89 наименования использованных источников).

МЕЛКОЗЕРНИСТЫЙ БЕТОН, ПЛАСТИФИКАТОР, КОМПЛЕКСНЫЕ ДОБАВКИ, ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА, ПРОЧНОСТЬ, ОТНОСИТЕЛЬНЫЙ МОДУЛЬ УПРУГОСТИ, ПЛОТНОСТЬ, БИОСТОЙКОСТЬ.

Объект разработки – оптимизация составов мелкозернистых бетонов на основе местной минерально-сырьевой базы по основным физико-механическим показателям, а также исследование их биологической стойкости в условиях воздействия климатических факторов Республики Мордовия.

Цель работы – оптимизация составов и изучение физико-механических свойств мелкозернистых бетонов на основе местной минерально-сырьевой базы, а также исследование их биологической стойкости в климатических условиях Республики Мордовия.

В процессе работы изучались: ГОСТЫ, нормативно-справочная литература, научная литература, опыт изготовления мелкозернистых бетонов с использованием добавок.

В результате разработаны рекомендации по составам для мелкозернистых бетонов с физико-механическими и эксплуатационными свойствами, отвечающие требованиям действующих нормативных документов с использованием местной минерально-сырьевой базы.

Работа носит научно-исследовательский характер, полученные результаты могут использоваться при разработке и производстве мелкозернистых бетонов с улучшенными физико-механическими и эксплуатационными свойствами, пригодных для строительства и ремонта жилых, общественных и производственных зданий.

					БР–02069964–08.03.01–36–18	Лист
Изм.	Лист	№ доквм.	Подпись	Да-		4

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1 Обзор научно-технической литературы в области разработки мелкозернистых бетонов	10
1.1 Предпосылки использования высококачественного мелкозернистого бетона	10
1.2 Применение мелкозернистого бетона в строительстве	15
1.3 Виды коррозии цементных бетонов в агрессивных средах	18
1.4 Особенности выбора компонентов для изготовления бетонов, используемых в агрессивных средах	29
1.5 Технологические аспекты повышения эффективности производства высококачественного мелкозернистого бетона	38
1.5.1 Добавки	42
1.5.2 Влияние свойств песков на характеристики бетонных смесей и бетонов	43
1.5.3 Активация сырьевых компонентов бетонной смеси	44
1.5.4 Способы формования	48
1.6 Композиционные вяжущие вещества – путь повышения эффективности производства высококачественного бетона	50
1.7 Выводы по главе 1	59
2 Цель и задачи исследования. Применяемые материалы и методы исследований	61
2.1 Цель и задачи исследования	61
2.2 Применяемые материалы	62
2.3 Методы исследований	70
2.3.1 Физико-механические методы исследований	70
2.3.2 Климатические методы исследований	71
2.3.3 Микробиологические методы исследования	71
2.4 Выводы по главе 2	74

					БР-02069964-08.03.01-36-18	Лист
Изм.	Лист	№ доквм.	Подпись	Да-		5

3	Оптимизация составов мелкозернистых бетонов по физико-механическим свойствам	75
3.1	Требования к материалам	75
3.2	Методика получения мелкозернистых бетонов	76
3.3	Исследование физико-механических свойств мелкозернистых бетонов	77
3.4	Выводы по главе 3	87
4	Биологическая стойкость мелкозернистых бетонов в разных средах	89
4.1	Влияние микроорганизмов на строительные материалы	89
4.2	Результаты микробиологических исследований разработанных бетонов, выдержанных в траншее, под навесом и на площадке под открытым небом	91
4.2.1	Видовой состав микроорганизмов, выявленных с поверхности образцов, воды и грунта, находящихся в траншее	92
4.2.2	Видовой состав микроорганизмов, выявленных с поверхности образцов, находящихся на площадке под открытым небом	112
4.2.3	Видовой состав микроорганизмов, выявленных с поверхности образцов, находящихся под навесом	129
4.2.4	Видовой состав микроорганизмов, выявленных в результате исследования обсемененности воздуха над образцами под навесом, в траншеи и на площадке под открытым небом	146
4.3	Биологическая стойкость	158
4.4	Вывод по 4 главе	161
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	163
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	166
	ПРИЛОЖЕНИЕ А	

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. Совершенствование технологии приготовления бетона должно подчиняться основным технологическим принципам, установленным на основе анализа производственного опыта предприятий строительной отрасли, а также использование результатов научно-исследовательских и проектно-конструкторских организаций.

В настоящее время широко применяется мелкозернистый бетон, отличие которого от обычного заключается в повышенном содержанием цементного камня, меньшей крупности зерен и повышенной удельной поверхности заполнителя. Отсюда большая зависимость прочности мелкозернистого бетона от свойств заполнителя и изменения водосодержания.

В лабораториях и институтах уже получен мелкозернистый бетон с прочностью 70 – 100 МПа, однако эмпирический путь дальнейшего поиска прочности мелкозернистого бетона слишком трудоемок и не скоро приведет к цели. В связи с этим необходимо теоретически изучить условия образования структуры бетона, роль главнейших технологических приемов в этом процессе, характер влияния структуры на его качество.

Установлено, что решающее влияние на свойства мелкозернистого бетона оказывает количество и качество вяжущего в нем, а также качество заполнителя (крупность зерен, гранулометрический состав, качество поверхности, пустотность, прочность).

Поэтому в развитии технологии мелкозернистого бетона актуальным является снижение расхода воды, за счёт введения пластификаторов, и получение однородной структуры материала за счет применения композиционных вяжущих (вяжущих низкой водопотребности).

В данной работе в качестве заполнителя я буду использовать мелкозернистый песок месторождения карьера с. Морга Дубенского района Республики Мордовия, пластификатор – «Эдванс Ультра» и комплексные добавки: «Суперпласт Прима», «Суперпласт Стандарт».

					БР-02069964-08.03.01-36-18	Лист
Изм.	Лист	№ доквм.	Подпись	Да-		7

Цель и задачи исследований. Цель исследований заключается в оптимизации составов и изучении физико-механических свойств мелкозернистых бетонов на основе местной минерально-сырьевой базы, а также исследовании их биологической стойкости в климатических условиях Республики Мордовия.

Для реализации поставленной цели необходимо решение следующих задач:

1. Выполнить анализ отечественной и зарубежной литературы и имеющийся практический опыт в области разработки мелкозернистых бетонов на основе мелкозернистого песка с применением пластификатора – «Эдванс Ультра», и комплексных: «Суперпласт Прима», «Суперпласт Стандарт»;

2. Изучить основные характеристики местного заполнителя месторождения карьера с. Морга Дубенского района Республики Мордовия;

3. Изучить основные характеристики пластификатора – «Эдванс Ультра» и комплексных добавок: «Суперпласт Прима», «Суперпласт Стандарт».

4. Разработать составы мелкозернистого бетона с применением местного мелкого песка, а также оптимизировать их по основным физико-механическим показателям;

5. Изучить кинетические особенности гидратационного твердения мелкозернистых бетонов с использованием пластификатора – «Эдванс Ультра» и комплексных добавок: «Суперпласт Прима», «Суперпласт Стандарт» на основе местной минерально-сырьевой базы и технологические свойства бетонных смесей;

6. Изучить биологическую стойкость разработанных составов;

7. Дать характеристику микроорганизмов, выявленных на поверхности образцов, в воздухе, земле и воде с которыми они контактировали;

8. Дать рекомендации по составам мелкозернистых бетонов с использованием местной минерально-сырьевой базы Республики Мордовия, отвечающих требованиям действующих нормативных документов.

Научная новизна работы

Изучены физико-механические свойства мелкозернистых бетонов на основе мелкого заполнителя месторождения карьера с. Морга Дубенского района Рес-

					БР-02069964-08.03.01-36-18	Лист
Изм.	Лист	№ доквм.	Подпись	Да-		8

публики Мордовия, пластификатора – «Эдванс Ультра» и комплексных добавок: «Суперпласт Прима», «Суперпласт Стандарт».

Получены кинетические зависимости гидратационного твердения мелкозернистых бетонов с использованием пластификатора – «Эдванс Ультра» и комплексных добавок: «Суперпласт Прима», «Суперпласт Стандарт» на основе местной минерально-сырьевой базы.

Определен видовой состав микроорганизмов, выделенных с поверхности образцов разработанных бетонов, находящихся в траншее, на открытой площадке и под навесом, а также из среды экспонирования образцов: воды, грунта и воздуха.

Получены количественные зависимости биологической стойкости разработанных мелкозернистых бетонов.

Практическая значимость.

- Разработаны и предложены оптимальные составы компонентов для получения мелкозернистых бетонов, удовлетворяющих нормативным требованиям.
- Применение подобранных компонентов для мелкозернистых бетонов позволит расширить номенклатуру строительных изделий и конструкций.

Достоверность исследований. Достоверность исследований и выводов по работе обеспечена методической обоснованностью комплекса исследований с применением стандартных средств измерений и методов исследований.

Личный вклад автора. Вклад автора состоит в выборе направления исследования, его обосновании, в формировании цели и задач исследований, в планировании и проведении экспериментов, в анализе и обосновании полученных результатов исследований, изложенных в выпускной квалификационной работе.

Структура и объём работы. Выпускная квалификационная работа состоит из введения, 4 глав, заключения, списка использованных источников, включающего 89 наименования. Изложена на 174 страницах машинописного текста, содержит 114 рисунков и 18 таблиц.

1 Обзор научно-технической литературы в области разработки мелкозернистых бетонов

1.1 Предпосылки использования высококачественного мелкозернистого бетона

В строительстве одновременно с общепринятыми тяжёлыми бетонами с прочностью 10 – 50 МПа применяются новые виды бетонов: высокопрочные бетоны, бетоны повышенной долговечности, безусадочные, расширяющиеся и напрягающие бетоны, бетоны, приготовленные из литых бетонных смесей, специальные бетоны, в том числе на новых композиционных вяжущих, новые виды лёгких бетонов и другие.

Успех строительного материаловедения позволил объединить в общую совокупность свойства разных групп бетонов, благодаря чему появился новый класс бетонов – высококачественные (многокомпонентные) бетоны, в которых применяются композиционные вяжущие вещества, химические модификаторы структуры, свойств и технологий, активные минеральные компоненты и расширяющие добавки. На всех стадиях технологии многокомпонентность системы допускает управлять структурообразованием [7].

Высококачественные бетоны – это легко укладываемые бетоны на гидравлических вяжущих, которые имеют высокие показатели прочностных свойств и темпов твердения с требуемыми показателями строительно-технических свойств, в том числе:

- водонепроницаемость W12 и выше;
- морозостойкость F400 и выше;
- истираемость не более 0,3 – 0,4 г/см²;
- водопоглощение 1 – 2,5 %;
- высокая сопротивляемость проникновению хлоридов;
- высокая газонепроницаемость;

					БР-02069964-08.03.01-36-18	Лист
Изм.	Лист	№ доквм.	Подпись	Да-		10

– регулируемые показатели деформативности (в том числе компенсация усадки бетона в возрасте 14 – 28 суток естественного твердения) [3, 6, 46, 55,69].

Высокопрочные и быстротвердеющие бетоны с прочностью на сжатие до 200 МПа были использованы в отечественной практике впервые. Они сочетали в себе как высокие показатели морозостойкости (F1000 и выше), так и водонепроницаемости (W20 и более) со стабильностью объема и повышенной стойкостью к различным агрессивным воздействиям, а так же высокими декоративными свойствами [8].

В 1985 – 1998 гг. были разработаны:

– теоретическая база получения эффективных высококачественных бетонов различного назначения и повышения эксплуатационной надёжности с помощью управляемого структурообразования на всех стадиях производства, при помощи использования композиционных вяжущих веществ, комплексных химических модификаторов и активных минеральных компонентов;

– полифункциональные химические модификаторы бетона различного назначения (пластификаторы, регуляторы твердения и др.), оптимизированы составы и условия их использования в зависимости от требуемого технического эффекта и способа введения, в частности при приготовлении бетонных смесей или на этапе получения композиционных вяжущих;

– составы, технология применения широкой гаммы активных минеральных компонентов, используемых при приготовлении бетонных смесей, при получении композиционных вяжущих, предназначенных в первую очередь для снижения расхода клинкерного компонента, а также повышения прочностных характеристик и коррозионной стойкости бетонов, повышения их водостойкости и трещиностойкости, компенсации усадочных деформаций и регулирования процессов структурообразования

– составы и технология получения композиционных вяжущих, предусматривает механохимическую активацию компонентов в присутствии полифункциональных модификаторов и минеральных добавок, для придания цементному камню специальных свойств: высокой прочности, ускоренных темпов твердения,

					БР-02069964-08.03.01-36-18	Лист
Изм.	Лист	№ доквм.	Подпись	Да-		11

высоких показателей по морозостойкости, сульфатостойкости, отсутствия деформаций усадки [19].

Новая эра в строительной сфере была открыта благодаря появлению новых высококачественных бетоны, которые обладают следующими свойствами: высокая прочность и коррозионная стойкость, водонепроницаемость и морозостойкость, регулируемая деформативность.

Примерами долговечности конструкций из высокопрочного бетона являются:

– мост через Нордамберленд в Восточной Канаде длиной 12,9 километра сооружен на опорах, которые на глубину более 35 метров погружены в воду. При крайне суровых условиях эксплуатации (ежегодно бетон подвержен 100 циклам замораживания и оттаивания) конструкции этого моста рассчитаны на срок службы 100 лет;



Рис. 1.1 – мост через Нордамберленд в Восточной Канаде

– мост через пролив Акаси-Кайкё в Японии с центральным пролётом 1990 метров;

					БР-02069964-08.03.01-36-18	Лист
Изм.	Лист	№ доквм.	Подпись	Да-		12



Рис. 1.2 – Мост через пролив Акаси-Кайкё

– платформа для добычи нефти на месторождении Тролль, построенная в 1995 году в Норвегии в Северном море. Её полная высота – 472 метра, что в полтора раза превышает высоту Эйфелевой башни, в том числе высота железобетонной части – 370 метров. Платформа установлена на участке глубиной более 300 метров и рассчитана на воздействие ураганного шторма с максимальной высотой 31,5 метра. Расчётный срок эксплуатации платформы – 70 лет.

Высококачественные бетоны гарантируют высокие параметры эксплуатационной надёжности зданий и сооружений в условиях сложных воздействий окружающей среды и нагрузок, а также сокращают сроки строительства и уменьшают инвестиционные риски.

Впечатляет перечень отечественных объектов, на которых был применён высококачественный бетон. Например, были созданы промышленные образцы технологических комплексов, осуществлено опытное и опытно-промышленное внедрение, а также промышленное освоение различных видов бетонов, в частности при изготовлении мостовых строений и монолитных конструкций транспортных сооружений из бетонов с повышенными эксплуатационными характеристиками.

					БР-02069964-08.03.01-36-18	Лист
Изм.	Лист	№ докum.	Подпись	Да-		13



Рис. 1.3 – Платформа для добычи нефти на месторождении Тролль

Высококачественные бетоны гарантируют высокие параметры эксплуатационной надёжности зданий и сооружений в условиях сложных воздействий окружающей среды и нагрузок, а также сокращают сроки строительства и уменьшают инвестиционные риски.

Впечатляет перечень отечественных объектов, на которых был применен высококачественный бетон. Например, были созданы промышленные образцы технологических комплексов, осуществлено опытное и опытно-промышленное внедрение, а также промышленное освоение различных видов бетонов, в частности при изготовлении мостовых строений и монолитных конструкций транспортных сооружений из бетонов с повышенными эксплуатационными характеристиками.

Таким образом, высококачественные бетоны широко применяются при строительстве монолитных и сборно-монолитных специальных сооружений, взлётно-посадочных полос, монолитных конструкций стартовых комплексов для космических систем и других специальных объектов. Использование высококачественных бетонов позволяет получить строительные конструкции с высокими эксплуатационными характеристиками и снизить расходы, связанные с

функционированием зданий и сооружений и с проведением ремонтных работ, что стало возможным благодаря обеспечению высоких физико-механических свойств бетона.

1.2 Применение мелкозернистого бетона в строительстве

В настоящее время производство бетона и железобетона в ряде территориальных районов не обеспечено крупным заполнителем из-за отсутствия его природных запасов и в связи с существующими затратами, связанными с транспортировкой на большие расстояния.

Принимая во внимание сложившийся уровень карьерного хозяйства по производству природного плотного и пористого заполнителей в территориальных районах РФ, можно считать целесообразным внедрение конструкций и изделий из мелкозернистого бетона.

Мелкозернистый бетон практически применим для широкой номенклатуры конструкций и изделий из бетона и железобетона.

В первую очередь его применение целесообразно распределить на сборные и монолитные фундаменты, блоки бетонные для стен, плиты балконов, лестничные марши и площадки, плиты перекрытий и покрытий, тротуарные плитки и др.[49, 79].

Мелкозернистая структура обладает рядом достоинств, среди которых можно назвать следующие:

- возможность создания тонкодисперсной однородной высококачественной структуры без крупных зерен иного строения;
- высокая тиксотропия и способность к трансформации бетонной смеси;
- высокая технологичность – возможность формования конструкций и изделий методом литья, экструзии, прессования, штампования и др;
- возможность применения сухих смесей с гарантией высокого качества;
- возможность получения материалов с различными комплексами свойств;
- возможность получить архитектурно-конструктивные решения;

					БР–02069964–08.03.01–36–18	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ доквм.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Да-</i>		15

- многофункциональность материала;
- возможность применения местных материалов [9].

Мелкозернистый бетон имеет повышенную прочностью при изгибе, водонепроницаемость и морозостойкость, благодаря этому его можно использовать для дорожных покрытий в районах, где нет хорошего щебня, а также для труб и гидротехнических сооружений.

На прочность мелкозернистого бетона (МЗБ) оказывают определяющее влияние активность цемента и водоцементное отношение. Однако, мелкозернистый бетон имеет некоторые особенности, обусловленные его структурой, для которой характерны: высокое содержание цементного камня, отсутствие жесткого каменного скелета, а также повышенные пористость и удельная поверхность твердой фазы. На прочности МЗБ более заметно сказывается качество песка и состав бетона, т.е. соотношение между цементом и песком. Параметры этих факторов определяются не только заданной прочностью, но и технологичностью бетонной смеси, т.е. условием изготовления изделия или конструкции. Консистенция смеси, и ее реологические свойства также зависят от вида вяжущего, водоцементного отношения и влияния заполнителя. В современной технологии к влиянию этих факторов добавляется влияние модификаторов и активных минеральных компонентов.

При $V/C = 0,4$ и выше наивысшая прочность бетона достигается при определенном соотношении между цементом и песком. При этом соотношении достигается максимальная плотность бетонной смеси. При меньших расходах цемента удобообрабатываемость смеси постепенно снижается, что затрудняет её укладку и приводит к постепенному понижению прочности и плотности бетона. Количество избыточной воды возрастает в бетоне при более высоком содержании цемента, соответственно увеличивается пористость и понижается прочность.

При более низких V/C при обеспечении хорошего уплотнения можно получить песчаные бетоны с прочностью выше, чем у обычных бетонов на крупном заполнителе, но такие бетоны требуют большого расхода цемента и могут применяться только для специальных конструкций при соответствующем

					БР-02069964-08.03.01-36-18	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ доквм.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Да-</i>		16

технико-экономическом обосновании [37]. При более высоких В/Ц песчаные бетоны обычно имеют прочность ниже, чем обычные бетоны на крупном заполнителе. Степень снижения прочности зависит от качества применяемых материалов и технологии уплотнения бетонной смеси.

При приготовлении цементно-песчаной смеси и уплотнении ее обычным вибрированием в нее вовлекается воздух, распределенный в виде мельчайших пузырьков по всему объему смеси.

Вовлечение воздуха, которое может достигать 3...6 % и более, повышает пористость бетона и снижает его прочность. Воздухововлечение увеличивается с повышением жесткости смеси. Поэтому для получения плотных и прочных песчаных бетонов применяют такие методы их уплотнения, которые сводят воздухововлечение к минимуму.

В песчаном бетоне использование мелкого песка с повышенной удельной поверхностью и пустотностью приводит к необходимости увеличения расхода воды и заметно снижает прочность бетона. Степень снижения прочности бетона зависит от качества песка и от состава бетона, увеличиваясь с уменьшением расхода цемента.

Если в обычном бетоне замена крупного песка мелким понижает прочность всего на 5...10 %, то в мелкозернистом бетоне прочность может уменьшаться на 25...30 %, а максимальная прочность песчаного бетона состава 1:2...1:3, которой можно достигнуть при определенной интенсивности уплотнения, иногда снижается в 2...3 раза. Следовательно, для мелкозернистых бетонов желательно использовать крупные чистые пески или же обогащать мелкий песок более крупными высевками от дробления камня, мелким гравием.

Эффективность использования цемента в бетоне, зависит от состава мелкозернистого бетона и качества песка. В мелкозернистом бетоне расход цемента возрастает на 20...40% для получения равнопрочного бетона и равноподвижной бетонной смеси, по сравнению с обычным бетоном.

Существующие на сегодняшний день новые технико-экономические возможности могут позволить свести к минимуму повышение расхода воды и

					БР-02069964-08.03.01-36-18	Лист
Изм.	Лист	№ доквм.	Подпись	Да-		17

цемента и снизить усадку материала, получая тем самым безусадочные мелкозернистые бетоны [9].

Нехватка композиционных природных песков и, в некоторых случаях, особые требования к качеству бетона обусловили организацию производства искусственного песка из горных пород, которые используются как мелкий заполнитель, а также в качестве добавки, компенсирующей недостатки зернового состава местных песков.

Учитывая тот факт, что при переработке горных пород на щебень, образуется огромное количество отсеков дробления, как отходов производства, находящихся в отвалах, их утилизация становится одной из наиболее актуальных проблем на сегодняшний день. Для решения данной проблемы можно найти несколько вариантов, в числе которых стоит производство мелкозернистого бетона и изделий из него.

1.3. Виды коррозии цементных бетонов в агрессивных средах

Долговечность изделий на основе вяжущих материалов в основном зависит от свойств цементируемого вещества, образующегося в процессе их твердения, а также заполнителя.

Проблема неразрушаемости бетонных сооружений важна в такой же степени, как и само их создание. Поэтому очень многие отечественные и зарубежные ученые занимаются исследованием этой проблемы (В. М. Москвин, В. В. Кинд, В. Н. Юнг, Ф. М. Иванов, В. И. Чарномский и др.).

В условиях эксплуатации на бетон действуют природные воды (речные и морские) под давлением и просто омывающие; промышленные и бытовые воды (стоки); периодически и многократно повторяющиеся теплосмены (сезонные и дневные колебания температур); процессы увлажнения и высыхания (колебания атмосферной влажности, специфические условия службы). Кроме того, на бетоны также влияют механические воздействия – удары волн, выветривание, истирание

и биологически вредные воздействия бактерий. Все названное – это внешние причины коррозии и разрушения бетона.

Внутренние причины, разрушающие бетонное тело – это высокая его водопроницаемость, взаимодействие щелочей цемента с кремнезёмом заполнителя, изменение объема, как следствие различия температурного расширения цемента и заполнителя.

К внешним причинам коррозии цементного камня и бетона относятся процессы, которые возникают в результате физического и химического взаимодействий материала с окружающей средой. Физические факторы коррозии охватывают температурные и влажностные колебания среды, которые ведут к появлению деформаций материала и его последующему разрушению. Сюда же следует отнести и солевую форму коррозии – разрушение за счет подсоса и кристаллизации солей в порах и капиллярах бетонного тела.

Химические факторы коррозии включают влияние водной и газовой сред на бетонное тело (водный раствор кислот, солей, оснований), а также разнообразных органических веществ [18].

По В. М. Москвину [56] коррозионные процессы, возникающие в цементном камне при действии агрессивной среды, разделяются по основным признакам на три группы.

К первой группе (коррозия 1-ого вида) относятся процессы, протекающие в цементном камне под действием вод с малой временной жесткостью. При этом некоторые составляющие цементного камня растворяются в воде и уносятся в окружающую среду.

Ко второй группе (коррозия 2-ого вида) относятся процессы развивающиеся в цементном камне под действием вод содержащих вещества, вступающие в химические реакции с цементным камнем. При этом образуются продукты реакции, которые или легко растворимы и уносятся водой, или выделяются на месте реакции в виде аморфных масс, не обладающих вяжущими свойствами. К этой группе могут быть отнесены, к примеру, процессы коррозии, связанные с воздействием на цементный камень различных кислот, магниезальных и других солей.

					БР–02069964–08.03.01–36–18	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ доквм.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Да-</i>		19

В третьей группе (коррозия 3-го вида) объединены процессы коррозии, которые были вызваны обменными реакциями с составляющими цементного камня, дающими продукты, кристаллизующиеся в порах и капиллярах и разрушающие его.

В. В. Кинд [42] даёт следующую классификацию основных видов коррозии цементного камня под действием природных вод:

1) коррозия выщелачивания;
2) кислотная коррозия – результат действия любых кислот при значениях показателя РН менее 7;

3) углекислотная коррозия, вызванная действием на цементный камень углекислоты, является частным случаем кислотной коррозии;

4) сульфатная коррозия, подразделяемая:

а) на сульфатоалюминатную коррозию. Она проявляется под действием на цемент ионов SO_4^{2-} при их концентрации от 250 – 300 до 1000 мг/л;

б) на сульфатоалюминатно-гипсовую коррозию, также возникающую главным образом под действием сульфатных ионов SO_4^{2-} , но при концентрации их в растворе более 1000 мг/л;

в) на гипсовую коррозию, которая происходит под действием воды, содержащей большое количество Na_2SO_4 или K_2SO_4 ;

5) магниевая коррозия, подразделяемая:

а) на собственно магниевую коррозию, вызываемую действием катионов магния или отсутствием в воде анионов SO_4 ;

б) сульфатно-магниевую коррозию, происходящую в цементном камне при собственном действии на него ионов Mg^{2+} и SO_4^{2-} ;

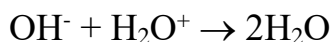
В естественных условиях редко можно встретить коррозию того или иного вида, обычно наблюдается преобладание какого-либо одного вида, но всегда можно проследить и учесть роль второстепенных для данного случая видов коррозии.

Рассмотрим процессы, происходящие при различных видах коррозии.

					БР-02069964-08.03.01-36-18	Лист
Изм.	Лист	№ доквм.	Подпись	Да-		20

Кислотная коррозия. Строительные изделия и конструкции часто эксплуатируются в агрессивных по отношению к ним средах. Различные виды химической агрессии являются наиболее опасными для сооружений на основе портландцемента. Так, например, железобетонные конструкции предприятий химической промышленности достаточно часто эксплуатируются в средах с высоким содержанием хлористого водорода, сероводорода, сернистого газа, оксида азота, хлора, которые обладают кислотными свойствами.

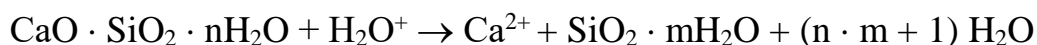
Эти газы растворяются в поровой жидкости цементного камня, образуя при этом растворы кислот. При этом цементный камень, обладающий щелочными свойствами (рН жидкой фазы 12,5 – 12,7), подвергается кислотной агрессии. Вначале происходит связывание свободных гидроксидных групп, находящихся в порах бетона, ионами гидроксония кислоты с последующим образованием слабо диссоциирующих молекул воды:



Впоследствии того, как концентрация гидроксида кальция становится ниже сбалансированной растворимости двухосновных гидросиликатов кальция, последние гидролизуются, собственно что сопрягается снижением основности:



Выделяющийся при этом гидроксид кальция реагирует с кислотой в соответствии с приведенным выше уравнением. Равновесная растворимость одноосновных гидросиликатов кальция CSH(B) составляет десятые доли г/д по CaO. Они стабильны при рН среды не ниже 10. В растворах, щелочность среды которых ниже данной величины, в кислых средах распадаются и одноосновные гидросиликаты:



Таким образом, гидросиликаты кальция распадаются с образованием кремнекислоты, не обладающей связующими свойствами, а кислотное разложение гидроалюминатных и гидроферритных фаз происходит подобным образом. В СНиП 2.03. II–85 приведена норма агрессивности кислых сред по отношению к бетону [70].

					БР–02069964–08.03.01–36–18	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ доквм.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Да-</i>		21

Кислотная коррозия происходит послойно. Основным фактором, который тормозит продвижение фронта коррозии вглубь изделия, является кремнекислота, образуемая при разложении гидросиликатов кальция. При взаимодействии цемента с кислотами более плотный слой кремнекислоты образуется тогда, когда основность цемента ниже и больше в нем кремнезема, благодаря этому снижение основности вяжущих увеличивает их сопротивляемость кислотной агрессии.

Коррозия выщелачивания. С большой скоростью омываются мягкими речными водами железобетонные элементы плотин гидроэлектростанций, в результате чего происходит вымывание из цементного камня ионов кальция и гидроксида, а также может привести к почти полному разложению гидросиликатов кальция и гидроалюминатных фаз.

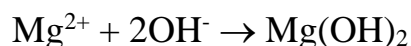
В ранние сроки требования цементного камня в среде, вызывающей выщелачивание, величина её определяется растворимостью гидроксида кальция в данной среде, т.к. выщелачивание идёт с поверхности. Однако с течением времени, когда поверхностный слой гидратов потеряет большую часть, содержащейся в ней извести, скорость процесса выщелачивания будет контролироваться диффузией ионов кальция из более глубоких слоёв цементного камня.

Низкоосновные цементы имеют меньшую сбалансированную растворимость, чем высокоосновные, поэтому при введении в состав цемента активных минеральных добавок, связывающих известь, выщелачивание при сохранении прочих равных условий, уменьшается. Данный метод широко используется для снижения коррозии выщелачивания в гидротехническом строительстве.

Согласно экспериментальным данным [1], выщелачивание до 10% СаО практически не влияет на прочность бетона. Выщелачивание 20 – 30 и более процентов гидроксида кальция сопровождается резким падением прочности цементных систем.

Магнезиальная агрессия обусловлена тем, что ионы магния, соединяясь с гидроксильными группами жидкой фазы цементного камня, образуют мало растворимый в воде гидроксид магния (его растворимость равна 18,2 мг/л, [56]) по схеме:

					БР-02069964-08.03.01-36-18	Лист
Изм.	Лист	№ доквм.	Подпись	Да-		22



В растворе сульфата магния, наряду с гидроксидом этого элемента, образуется малорастворимый гипс, который также выпадает в среде цементного камня, усиливает его повреждение:



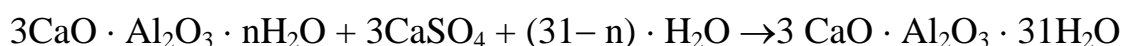
Выделяющийся в результате реакции взаимодействия и выпадающий в осадок гидроксид магния образует на поверхности цементного камня плёнку.

Чем выше концентрация раствора магниевой соли, тем более плотную структуру имеет эта плёнка. При действии раствора, примерно до 1 – 2%, образуется рыхлая, хорошо проницаемая для воды плёнка; при более высокой концентрации соли (порядка 5% и выше) образуется уже значительно более плотная плёнка.

Анализ экспериментальных данных показал, что в растворах сульфата и хлорида магния более интенсивно корродируют низкоосновные гидросилкаты кальция $\text{C}_1\text{SH}(\text{B})$ и ксонотлит, чем высокоосновные гидросиликаты кальция $\text{C}_2\text{SH}(\text{A})$ и $\text{C}_2\text{SH}(\text{C})$. Это обусловлено тем, что в высокоосновных вяжущих в растворах солей магния образуется слой продуктов коррозии, прежде всего $\text{Mg}(\text{OH})_2$, который оказывает диффузионное сопротивление продвижению зоны коррозии.

Малоосновные вяжущие, особенно портландцемент с активными минеральными добавками, быстро разрушаются в растворах сульфата магния из-за образования недостаточно плотного защитного слоя гидроксида магния на поверхности камня и обусловленный этим быстрой диффузией ионов магния в порах цементного камня.

Сульфатная коррозия является наиболее сложным видом химической коррозии цементов. Образование малорастворимых соединений сопровождается увеличением объёма твёрдой фазы, что приводит к образованию трещин и разрушению структурных элементов цементного камня. Гидроалюминаты кальция, входящие в состав портландцемента, взаимодействуя с сульфатом кальция, образует сложную соль (этtringсит) по реакции:



					БР-02069964-08.03.01-36-18	Лист
Изм.	Лист	№ доквм.	Подпись	Да-		23

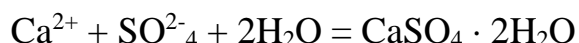
При недостатке в растворе сульфат-ионов этtringит переходит в носульфатную форму гидросульфоалюмината кальция состава:



Трёхсульфатный гидросульфоалюминат, выкристаллизовываясь в порах цементного камня, увеличивается в объёме в 2 – 4 раза. Давление, оказываемое растущими кристаллами этtringита на стенки пор, является возможной причиной расширения и растрескивания цементного камня.

В. М. Москвиным [56] экспериментально установлено, что практически заметное количество кристаллов гидросульфоалюмината начинает образовываться в растворе с концентрацией сульфатных ионов от 250 мг/л и концентрация сульфат-иона превышает 500 мг/л.

Если концентрация сульфат-ионов в растворе превышает 3000 мг/л, то портландцементный камень подвергается также гипсовой коррозии, что вызывает некоторое увеличение объема твёрдой фазы:



Механизм сульфатной коррозии весьма сложен. В настоящее время известны следующие наиболее важные закономерности этого явления.

Кристаллизация этtringита вызывает расширение цементного камня, если концентрация гидроксида кальция в жидкой фазе близка к насыщению. При концентрации гидроксида кальция меньше 0,5 – 0,6 г/л (в пересчёте на CaO) образование этtringита не вызывает опасных напряжений.

Существует предположение, что данное явление обусловлено тем, что кристаллы этtringита образуются «через твёрдую фазу», без предварительного растворения алюминатных фаз. Это вызывает локальные растягивающие внутренние напряжения в цементном камне с поровой средой, насыщенной известью. Если концентрация гидроксида кальция мала, то вследствие заметной растворимости алюминатных фаз в этой среде, кристаллы этtringита кристаллизуются довольно рассредоточенно, тем самым не вызывая опасных внутренних напряжений.

Возможность образования гидросульфоалюмината «через твёрдую фазу» ставится некоторыми специалистами под сомнение.

					<i>БР–02069964–08.03.01–36–18</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ доквм.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Да-</i>		24

Существует предположение, что сульфатная коррозия обусловлена не кристаллизационным давлением, а осмотическими явлениями [59, 77].

Осмотические процессы обусловлены тем, что процесс коррозии портландцемента, сопровождающийся образованием гидросульфоалюмината, приводит к возникновению полупроницаемой гелевой составляющей цементного камня с повышенной концентрацией извести внутри замкнутых ячеек коллоидного тела. Разница концентраций растворимой части внутри ячейки и вне её создаёт осмотическое давление, вызывающее разрушение цементного камня.

Применение низкоосновных вяжущих (глиноземистый, шлаковый цемент), а также введение в вяжущее активных минеральных добавок (трепел, диатомит, опока) повышают стойкость в сульфатной среде. Это обусловлено тем, что добавки, связывая гидроксид кальция, выделяющийся в результате гидролиза алита, снижает его концентрацию до неопасного уровня (0,06 – 0,08 г/л).

Увеличение основности портландцемента, т.е. содержание алита, ускоряет коррозию, так как при этом увеличивается гипсовая агрессия.

Присутствие в сульфатной среде ионов хлора повышает равновесную растворимость гидроалюминатов, что способствует уменьшению расширения и разрушения цементного камня.

На сульфатостойкость цементного камня оказывают влияние условия твердения. Гидротермальная обработка цементного камня, особенно автоклавная (с песком), способствует повышению стойкости в сульфатной среде. Предполагалось, что это обусловлено образованием сульфатостойких гидрогранатов состава $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot x\text{SiO}_2 \cdot (6 - x)\text{H}_2\text{O}$, вместо нестойких гексагональных гидроалюминатов кальция. Однако исследованиями было установлено, что в результате пропаривания в цементном камне не образуются сульфатостойкие гидрогранаты. Причина повышения сульфатостойкости состоит в том, что пропаренный цементно-песчаный камень имеет более плотную структуру. Это объясняется взаимодействием кварцевого заполнителя с портландцементом, в результате чего контактная зона вяжущего с заполнителем уплотняется и становится недоступной для агрессивных ионов, а гипс и этtringит кристаллизуются в крупных порах и

					БР-02069964-08.03.01-36-18	Лист
Изм.	Лист	№ доквм.	Подпись	Да-		25

заполненных воздухом полостях в самом цементном камне, что не столь опасно, как в камне нормального твердения.

Более тонкий помол цементного камня, а также увеличение срока предварительного твердения ослабляют сульфатную коррозию.

В среде газообразного углекислого газа необходимым условием для взаимодействия с компонентами цементного камня является наличие в капиллярах капельной влаги. Процесс идёт следующим образом:

- диффузия молекул CO_2 в капиллярах и порах цементного камня;
- растворение углекислого газа в плёнке капельной влаги, содержащейся в капиллярах;
- диссоциация молекул H_2CO_3 на гидрокарбонат и карбонат-ион;
- химическое взаимодействие этих ионов с ионами кальция, содержащимися в поровой жидкости цементного камня с выпадением аморфных частиц карбоната кальция;
- кристаллизация аморфного карбоната кальция с образованием частиц кальция, арагонита, ватерита.

Если на стенках капилляров нет капельной влаги, карбонизация не происходит. По данным различных авторов, для цементного камня максимальная скорость карбонизации наблюдается при относительной влажности 40 – 70%, а наименьшая $\leq 40 - 45\%$. Для цементно-песчаных растворов и бетонов эти величины имеют другие численные значения [2].

В среде газообразного CO_2 наблюдаются процессы, противоположные тем, которые происходят в водной среде углекислоты: высокоосновные гидросиликаты показывают более высокую прочность по сравнению с прочностью цементного камня из низкоосновных гидросиликатов Са.

Причина данного явления до конца не выяснена. Вероятно, это обусловлено сильной усадкой из-за усыхания аморфной кремнекислоты, которая образуется как продукт химического взаимодействия низкоосновных гидросиликатов Са с углекислотой. При карбонизации высокоосновных гидросиликатов кальция (с малым содержанием SiO_2) усадка сравнительно мала. Это объясняется не только

					БР-02069964-08.03.01-36-18	Лист
Изм.	Лист	№ доквм.	Подпись	Да-		26

относительно низким содержанием кремнезема, но и тем, что при их карбонизации образуется много карбоната кальция, который создает вторичную структуру твердения, аналогично «карбонатному твердению» воздушной извести.

Таким образом, в условиях газовой углекислой агрессии более действенным фактором, оказывающим диффузионное сопротивление процессу, является слой карбоната кальция, который образуется в большом количестве при разрушении высокоосновных гидросиликатов Са. Следовательно, в данных условиях целесообразно использовать клинкерные цементы без активных минеральных добавок, либо с минимальной их дозировкой. Из шлаков более стойки смеси с минеральным содержанием кремнезёма.

Повышение температуры ускоряет карбонизацию, т.к. увеличивается проникающая способность молекул газа CO_2 .

Увеличение водоцементного отношения повышает газопроницаемость цементного камня и поэтому ускоряет карбонизацию. Использование гидрофобизирующих и пластифицирующих добавок способствует замедлению углекислотной коррозии.

Чрезвычайно высокой агрессивностью по отношению к портландцементному камню отличается газообразный сероводород [1, 23].

Этому виду коррозии бетонные и железобетонные изделия подвергаются на предприятиях газоперерабатывающей промышленности, где природный газ содержит 2..3% сероводорода.

При изучении влияния минералогического состава портландцемента на его стойкость в сероводородной среде было установлено, что гидросиликаты кальция более устойчивы, чем гидроалюминаты и гидроферриты кальция [11]. Это обусловлено повышенной реакционной способностью железосодержащих и алюмоферритных фаз. В результате взаимодействия с сероводородом трехвалентное железо восстанавливается до двухвалентного, при этом, входящая в сероводород сера выпадает в виде элементарной серы. Двухвалентное железо образует практически нерастворимый сульфат FeS , возникающий с большим увеличением объема. Подобные процессы способствуют разрушению цементного камня [30].

					БР-02069964-08.03.01-36-18	Лист
Изм.	Лист	№ доквм.	Подпись	Да-		27

Исследователями было установлено, что низкоосновные гидросиликаты кальция более устойчивы, чем высокоосновные, в условиях сероводородной агрессии, поскольку высокоосновные гидросиликаты кальция являются термодинамическими неустойчивыми фазами в среде сероводорода. Расчёты показали [7], что в нормальных условиях твердения по степени снижения стойкости к сероводороду составляющие цементного камня можно расположить в следующий ряд: CaCO_3 , $\text{C}_2\text{S}_6\text{H}$, C_4AH_{29} , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, C_3AH_6 , C_2AH_3 , CAH_{10} .

Наиболее стойкими по отношению к газообразному сероводороду являются низкоосновные гидросиликаты Ca, гипс, тоберморит, этtringит.

Процессы коррозии цементного камня в условиях воздействия растворённого сероводорода носят послойный характер [45].

Исследованиями О. И. Грачевой и Е. О. Барбакадзе установлено, что растворенный в воде сероводород менее агрессивен, чем газообразный [11].

При воздействии газообразного сероводорода коррозия носит объемный характер за счет развития внутренних напряжений, вызванных образованием малорастворимых продуктов. Высокой коррозионной стойкостью обладают продукты твердения с равновесным рН не выше 11 и содержанием оксидов железа не более 10%.

Закономерности коррозии цементного камня в среде сероводорода аналогичны процессам общекислотной коррозии, поэтому основным средством повышения стойкости цементного камня является снижение его основности путем ввода активных минеральных добавок и уплотнения камня путем снижения его водоснабжения за счет введения гидрофобизирующих добавок.

Биологическая коррозия. Биологическая коррозия цементного камня наблюдается на предприятиях пищевой промышленности. Так, например, в пекарнях, при производстве кондитерских изделий оседает пыль муки и сахара, частички жиров и иных пищевых продуктов. Со временем на них поселяются бактерии, питающиеся ими и, выделяющие при этом уксусную, молочную и другие кислоты. При этом цементный камень подвергается агрессии, поэтому для ее замедления необходимо применять цементы с пониженной основностью. Кроме всего

					БР-02069964-08.03.01-36-18	Лист
Изм.	Лист	№ доквм.	Подпись	Да-		28

прочего, для предотвращения микробиологической коррозии цементного камня добавляют в цемент слаборастворимые соединения бора, цинка, сурьмы и других элементов, обладающих бактерицидным действием.

Коррозия под воздействием органических веществ. Аналогичные процессы образования агрессивных по отношению к цементному камню органических соединений наблюдаются в сточных водах.

К жидким органическим средам, слабоагрессивным по отношению к бетону нормальной проницаемости относятся: масла минеральные, ароматические углеводороды (бензол, толуол, ксилол и др.), кетоны (ацетон, метилэтилкетон и др.), одноатомные спирты, стирол, формальдегид (водный раствор с концентрацией от 20 до 50 г/л) и др. Среднеагрессивные по отношению к бензолу растительные и животные масла, многоатомные спирты, фенолы (водные растворы с концентрацией до 10/л)

В работе Курочки П. И. [50] установлены закономерности влияния органических соединений различного состава на коррозионную стойкость цементных систем. На этой основе автором сформулированы закономерности для многих видов органических соединений, установлены механизмы коррозионного действия и разработаны рекомендации по повышению долговечности зданий и сооружений, находящихся под воздействием органических соединений различного состава.

Большой интерес к работе [50] представляют данные о том, что повышенной агрессивностью к цементному бетону обладают соли жирных кислот, что обуславливает особую опасность контакта цементного камня с жирами растительного и животного происхождения.

Широко распространенными агрессивными средами предприятий пищевой промышленности являются различные жидкости, содержащие сахара. Причиной разрушения бетона в данном случае являются биологические процессы – брожения сахаров, ведущие к образованию ряда органических кислот (молочной, уксусной и др.).

1.4 Особенности выбора компонентов для изготовления бетонов, используемых в агрессивных средах

Выбор типа цемента определяется прежде всего агрессивностью среды, в которой в дальнейшем будет работать бетон. К тому же цемент должен удовлетворять целому ряду требований, обуславливающих оптимальную технологию приготовления бетонной смеси, её транспортировку, укладку и вызревание до получения бетона проектной марки по прочности и водонепроницаемости. Сюда относятся требования к скорости тепловыделения цементов, срокам схватывания и тонкости помола, качеству и количеству цемента в бетонной смеси.

Содержание в клинкере C_3A , соотношение C_3A и C_4AF и отношение между C_3S и C_2S оказывают существенное влияние на свойства цементного камня, а, значит, и бетона с точки зрения стойкости в агрессивных средах.

Так, цементы с повышенным количеством C_2S , C_4AF отличаются замедленным твердением и малым тепловыделением. Быстрый набор прочности в ранние сроки возможен при повышенном содержании алюминатов, но эти цементы обладают пониженной сульфатостойкостью и морозостойкостью.

Быстротвердеющие цементы часто отличаются повышенным содержанием C_3S , C_3A и гипса, а также более высокой тонкостью помола. Для цементов с низким содержанием алюминатов присуща повышенная химическая стойкость.

В стандартах на цементы по минеральному составу выделяют сульфатостойкий портландцемент, который содержит пониженные количества минералов плавней: C_3A не более 5% и сумму C_3A и C_4AF не более 22%, при содержании C_3S не более 50% и сульфатостойкий портландцемент с минеральными добавками, содержащий не более 5% C_3A , в котором содержание C_3S не нормируется.

Определённую опасность для долговечности бетонов представляют щелочи, соли их содержание в цементах превышает 0,6% (в пересчёте на окись натрия). При использовании в качестве заполнителя для бетонов опаловидных и некоторых других кремнесодержащих пород, щелочи могут быть причиной разрушения

					БР-02069964-08.03.01-36-18	Лист
Изм.	Лист	№ доквм.	Подпись	Да-		30

конструкций, из-за возникающих при этом осмотических явлений при их взаимном действии с заполнителем [57].

С целью предотвратить коррозию цемента и бетона в условиях воздействия солей, следует также учитывать целый ряд особенностей физико-химического взаимодействия цементного камня, молекул и ионов, которые находятся с ним в равновесии в жидкой фазе порового пространства с ионами растворенных солей в окружающей среде.

Исследованиями установлено [58], что в жидкой фазе в порах бетона находятся преимущественно ионы Ca^+ и OH^- . По этой причине влияние катионов растворенной соли на цементный камень будет определяться в основном их способностью взаимодействовать с ионами OH^- анионов соли и ионами Ca^+ . Коррозионный эффект будет зависеть от свойств образующихся при этом продуктов (растворимые и нерастворимые, кристаллизующиеся без увеличения объема или с увеличением объема).

Изучения процессов гидратации портландцемента и микроструктуры цементного камня показали, собственно что для дальнейшей его стойкости к коррозионным воздействиям очень важен фазовый состав цементного камня и вид новообразований, которые возникают при гидратации цемента. Содержание гидроалюминатов кальция и степени их связывания в гидросульфалюминаты кальция, гидроксида кальция и степень основности гидросиликатов кальция имеют наибольшее значение [56].

Отличительными особенностями гидратации пуццоланового и шлакового портландцементов является образование в результате вторичных процессов более низкоосновных гидросиликатов и гидроалюмосиликатов кальция.

Роль активизаторов твердения шлакопортландцемента играют гидроксид кальция и гипс портландцемента. Цементный камень на шлакопортландцементе имеет более плотную структуру, чем на портландцементе, кроме этого содержит меньшее количество кристаллического гидроксида кальция. Повышенная стойкость по отношению к действию мягких и сульфатных вод, пониженное тепловыделение шлакопортландцемента позволяют эффективно использовать его в гид-

					БР-02069964-08.03.01-36-18	Лист
Изм.	Лист	№ докв.	Подпись	Да-		31

ротехническоом морском и речном строительстве. Однако, в отличие от портландцемента, он эффективен в частях сооружений, подвергающихся попеременному замораживанию и оттаиванию или увлажнению и высыханию.

Повышение стойкости бетонов на пуццолановых портландцементах обуславливается формированием цементного камня с пониженной основностью гидросиликатов кальция, образующихся в процессе гидратации.

Глиноземистый цемент придаёт бетону специфические свойства. Цементный камень глиноземистого цемента является весьма плотным и отличается весьма повышенной стойкостью в растворах различных солей, за исключением солей натрия и кальция, так как в щелочах глинозём легко растворим.

Пуццолановые портландцементы обладают повышенной стойкостью в мягких водах, а также в водах, содержащих сульфаты. Однако замедленное твердение бетонов на таких цементах и пониженная их морозостойкость ограничили область применения этих вяжущих только для подземных сооружений.

Ш. М. Рахимбаевым [64] установлено, что важнейшей характеристикой, влияющей на кинетику коррозионных процессов 2-й группы по В. М. Москвину, является кольтматирующая способность, т.е. способность продуктов взаимодействия компонентов цементного камня и агрессивной среды препятствовать продвижению фронта коррозии вглубь изделия.

Состав продуктов коррозии, кольтматирующих открытые поры строительного изделия и, обусловливающих самоторможение коррозионных процессов, зависит прежде всего, от его основности, а также от вида агрессивной среды и состава вяжущего.

При карбонизации цементных систем газообразной углекислотой последняя реагирует с гидроксидом кальция, гидросиликатами и гидроалюмосульфатными фазами с образованием карбоната кальция, кремнекислоты и гидроксида алюминия, которые образуют слой, тормозящий в той или иной степени диффузию агрессивного агента в глубь изделия. Максимальным диффузионным сопротивлением в данном случае обладает карбонат кальция, так как кремнекислоты в портландцемента содержится втрое меньше, чем оксид кальция, а полуторных оксидов

– на порядок меньше. В то же время в камне из чистого портландцемента при карбонизации образуется так много карбоната кальция, что его частицы могут создавать вторичную структуру твердения, так что прочность цементного камня может даже возрастать. При этом происходят такие же процессы, как при твердении воздушной извести, когда благодаря карбонизации гидроксида кальция образуется каркас из кристаллов кальция, существенно упрочняющих структуру известкового камня.

В связи с изложенным, при данном виде коррозии целесообразно применять чистые портландцементы и не рекомендуется использовать пуццолановые, золы, шлаковые и т.д., низкоосновные вяжущие с высоким содержанием активных высококремнеземистых добавок.

В то же время при коррозии под влиянием растворенной в воде углекислоты образующийся кислый углекислый кальций, обладая высокой растворимостью в водных растворах CO_2 не создает фазовую плёнку, тормозящую диффузию агрессивных ионов, поэтому основным кольматантом при данном виде коррозии, который делает процесс самотормозящимся, является гель кремнекислоты, который откладывается в зоне реакции. Это объясняется более высокая стойкость при агрессии водных растворов углекислоты пуццолановых, шлаковых и других малоосновных вяжущих, содержащих максимальное количество диоксида кремния.

При магниальной агрессии основными продуктами коррозии являются $\text{Mg}(\text{OH})_2$ и кремнекислота, причём последней образуется в несколько раз меньше, чем гидроксида магния. В связи с этим именно гидроксид магния создаёт основную часть диффузионного сопротивления продуктов коррозии, что объясняется более высокой магниальной стойкостью высокоосновных цементов. Если в качестве агрессивной соли выступает сульфат магния, то роль повышенной основности возрастает, так как при этом образуется слой гипса, который усиливает диффузионное торможение процесса.

Аналогично идут процессы коррозии в растворах других солей двух- и трёхвалентных металлов, образующих в среде, близкой к нейтральной, малорастворимые гидроксиды.

					БР–02069964–08.03.01–36–18	Лист
Изм.	Лист	№ доквм.	Подпись	Да-		33

В условиях общекислотной агрессии происходит разложение всех гидратных фаз с образованием главным образом кремнекислоты, которая и обуславливает самоторможение процесса в слабокислых средах, поэтому в очень разбавленных растворах сильных кислот либо умеренных по концентрации растворах слабых кислот более стойки цементы с максимальным содержанием кремнезёма.

При коррозии выщелачивания происходит вымывание из цементного камня ионов кальция и гидроксида. В зоне коррозии откладывается гель кремнекислоты, который является основным коагулятом и тормозит процесс. В связи с этим, чем больше в вяжущем кремнезёма, тем в большей степени реакция является самотормозящейся. Этим объясняется повышенная водостойкость низкоосновных цементов.

От этих видов коррозии отличается сульфатная, которая сопровождается образованием этtringита и гипса, эти продукты коррозии могли бы оказывать коагулирующее влияние, но кристаллизованность с большим увеличением объёма, вызывает расширение цементного камня.

Биологическая коррозия цементного камня она отличается рядом специфических особенностей, благодаря интенсивному размножению в порах бетона микроорганизмов, которые делают основной период процесса ускоряющимся во времени [64].

Химический состав цемента и плотность бетона, считают одним из главных условий коррозионной стойкости бетона при действии на него агрессивных сред. Контактные поверхности между вяжущим и заполнителем (по ним происходит диффузия агрессивных агентов вглубь бетона), согласно исследованиям, являются слабейшим звеном структуры строительных материалов конгломератного типа.

Стойкость бетона, монолитность, проницаемость зависят от характера контактного слоя [21].

Долговечность бетона при действии на него агрессивных сред зависит в значительной степени от сцепления между цементным камнем и заполнителем, а также от вида и расхода вяжущего, В/Ц и плотности, формы и гранулометрии за-

полнителя. Это взаимодействие может быть основано на чисто механических явлениях, на химическом взаимодействии, на явлении эпитаксии (т.е. кристаллы новообразований закономерно нарастают на заполнителе) [62].

Влияние заполнителей на кислотную коррозию бетона определяется как стойкостью самого заполнителя, так и изменениями структуры в результате введения заполнителя.

При кислотной коррозии в результате возникновения и последующего выноса растворимых солей бетон разрушается, структурные элементы бетона замещаются рыхлыми продуктами обменных реакций и в некоторых случаях в порах и трещинах кристаллизуются соли [21]. Эти процессы относятся к коррозии 2-ого вида [56].

На практике для получения кислотоупорных бетонов используют кислотоупорный кварцевый кремнефтористый цемент, затворимый водным раствором силиката натрия или калия. Бетона на основе такого цемента устойчивы по отношению к минеральным и органическим кислотам, кроме HF. Традиционными заполнителями кислотоупорных бетонов является кварцевый песок, кварцит и изверженные горные породы (преимущественно эффузивные). Применяют также бой керамических кислотоупорных изделий. В качестве тонкодисперсного заполнителя используют эффузивные породы – диабазы, андезиты, базальты.

Установлено, что высокую стойкость имеют бетоны с плотной структурой. Поэтому пористые заполнители не применяют в технологии кислотоупорных изделий. Недостаточно стойки керамзит и аглопорит, изготовленные из глин с карбонатными включениями, а также шлаковая пемза. Несколько более стоек к действию соляной кислот непученный перлит.

В. М. Москвин исследовал влияние минеральных и органических кислот на цементный камень и бетон с разными видами заполнителей [62].

При действии растворов соляной, уксусной, муравьиной и других кислот, бетон на карбонатных заполнителях разрушается в большей степени, чем на гранитном заполнителе, потому как скорость взаимодействия карбонатных пород с кислотами выше скорости коррозии цементного камня. Установлено, что при дей-

					БР-02069964-08.03.01-36-18	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Да-</i>		35

ствии растворов серной, плавиковой, кремнефтористоводородной и других кислот, бетон на карбонатном заполнителе разрушался в меньшей степени, чем на гранитном.

Одной из форм коррозии 2-ого вида является углекислотная. Продуктами коррозии портландцемента является труднорастворимый средний карбонат и легкорастворимый кислый карбонат кальция, выносимый из бетона. Именно, что скорость нейтрализации (в частности, карбонизации) тяжелого бетона зависит главным образом от его диффузионной проницаемости. Исследованиями подтверждено, что ускоряющее влияние пористого заполнителя (керамзита) на нейтрализацию происходит только в том случае, если зёрна керамзита оказываются не покрыты снаружи плотным раствором, а также располагаются в вершине угла между смежными гранями конструкций.

Установлено, что развитие углекислотной коррозии можно замедлить введением тонкоизмельчённого известняка.

Положительное влияние на сульфатостойкость бетона путём замены кварцевого песка карбонатным доказано работами Р. И. Арава. При этом пески и известнякового и доломитового составов можно считать равноценными, а магнезитовый песок, обладающий наибольшей реакционной способностью, позволяет достичь высокой стойкости бетонных образцов в сульфатной среде.

При использовании в качестве заполнителя доменных шлаков, а также шлаков фосфорного производства повышается стойкость бетона по отношению к действию сульфатных и магнезиальных сред. Бетоны на шлаковом заполнителе показывают в растворах хлоридов наиболее высокую стойкость.

Исследования на стойкость мелкозернистого шлакобетона в растворах сульфата натрия, хлорида магния и в дистиллированной воде проведены в работах Федынина Н. И. и др., [80].

В дистиллированной воде шлакобетон практически не корродирует и прочностные характеристики его не меняются. Магнезиальная коррозия также не отмечена. Благодаря поверхностному уплотнению за счет кристаллизации гипса, в сульфатной среде наблюдалось небольшое увеличение прочности при сжатии. За-

					БР-02069964-08.03.01-36-18	Лист
Изм.	Лист	№ доквм.	Подпись	Да-		36

тем происходило снижение прочности, однако видимые признаки разрушения к 18 мес. Не наблюдалось.

Большая прочность сцепления шлакового заполнителя и цементного теста обусловлена шероховатой поверхностью шлака и тем, что шлак имеет соответствующий цементу химический состав и способен образовывать с ним химические связи в результате синхронного протекания процессов гидратации и твердения. В результате взаимодействия шлакового заполнителя и цементного теста в зоне их контакта возникают новообразования в виде плёнки.

Влияние заполнителей на щелочестойкость бетонов наиболее подробно изучали З. Н. Самохвалов и Н. А. Мощанский. По их данным щелочестойкость силикатных горных пород зависит от SiO_2 в их составе: чем кислее порода, тем ниже её стойкость из-за перехода SiO_2 (как свободной, так и входящей в состав стеклофазы и некоторых безводных материалов) в щелочной раствор [68].

Зерна кварцевого заполнителя при воздействии щелочных агрессивных растворов растрескиваются, разъедаются, нарушается их контакт с цементным камнем. Вокруг зерен кварца появляются гелевидные каемки щелочного гидросиликата, которые заполняют также трещины в заполнителе и в цементном камне. Такие же изменения характерны для участков стеклофазы порфирита и вкраплениями полевых шпатов. На основе серпентинита существенно разрыхляется структура образцов. Следовательно, нецелесообразно применение в щелочестойких бетонах заполнителей из кислых или средних силикатных пород, а также из ультраосновных гидротермально-измененных пород – серпентинитов.

Образцы с заполнителем из доменного шлака упрочняются при хранении, как в холодном, так и в горячем щелочном растворе. Зоне контакта заполнителя с цементным камнем плотная, однако, в порах наблюдается буроватый гель, от пор начинаются короткие трещины [77].

Образцы с заполнителем из мрамора и известняка близки по своим свойствам и характеризуются высокой щелочестойкостью. За время их испытаний прочность возрастает.

Использование легких бетонов на керамзитовом заполнителе в щелочной агрессивной среде малоперспективно, такой бетон неуклонно теряет прочность, что обусловлено гидролизом стеклофазы керамзита в щелочной среде с выделением натриево-кальциевых гидроксидов и гидроалюмосиликатов из группы цеолитов.

Большое внимание следует уделять выбору цемента и заполнителей для обеспечения долговечности бетона при действии на него агрессивных сред. На основе количественной оценки влияния стойкости заполнителя на скорость коррозии бетона может быть решен вопрос о применимости данного вида заполнителя в условиях воздействия коррозионно-активных сред.

1.5 Технологические аспекты повышения эффективности производства высококачественного мелкозернистого бетона

Исследования в области высококачественных бетонов были выполнены Ю. М. Баженовым, В. Г. Батраковым, С. С. Каприеловым, П. Г. Комоховым, Н. В. Свиридовым, В. В. Строковой, Ш. М. Рахимбаевым и др. В последние годы успехи бетоноведения способствовали созданию новых видов супербетонов, способных конкурировать со строительной сталью, из-за высокого спроса на особопрочный бетон и более низкой стоимости его по сравнению со сталью [61 – 84].

В технологии высококачественных бетонов необходимо выполнять условия обеспечивающие получение надлежащей структуры бетона и соответственно его высокой прочности. К ним в первую очередь, можно отнести:

- применение высокопрочных цемента и заполнителей, особенно эффективно применение композиционных вяжущих веществ;
- предельно низкое водоцементное отношение, обеспечивающее высокую первоначальную плотность структуры;
- правильный подбор соотношения различных компонентов твердой фазы, позволяющий получить особо плотную структуру материала;

- высокий предельно допустимый расход цемента, обеспечивающий надёжное заполнение порового пространства новообразованиями цемента;
- применение суперпластификаторов и комплексных добавок, способствующих повышению плотности бетона и управление его структурообразованием;
- использование супертонких минеральных наполнителей, например, микрокремнезема для повышения плотности и тонкозернистости структуры цементного камня;
- введение наноэлементов для улучшения межфазового взаимодействия и упрочнения контактной зоны;
- созданием наиболее благоприятных условий твердения бетона [18].

Получение бетонов с высокой ранее суточной и нормативной прочностью стало возможным не вследствие заметного повышения активности цемента, а благодаря появлению новых органоминеральных добавок-модификаторов, позволяющих значительно снизить расход воды и формировать железобетонные монолитные конструкции без применения интенсивных способов уплотнения. Активность портландцемента за период с 1972 по 2009 г., возросла незначительно, причём для производства высокопрочных бетонов использовались цементы активностью 50 – 55 МПа, а физико-технические свойства качественных фракционированных мелких и крупных заполнителей остались неизменными. Поэтому рубеж прочности промышленного бетона в 100 МПа был преодолен в 1982 – 1984 гг., когда в производство бетона стали активно внедряться высокоэффективные суперпластификаторы. Этот этап в достижении высокой прочности бетона связан с разработкой новых видов цементов (вяжущих) – низкой водопотребности (ЦНВ и ВНВ), предложенных В. Г. Батраковым, Ю. М. Баженовым, Ю. Т. Бабаевым, на основе которых в различных лабораториях получены высокопрочные бетоны марок М 1000-1200. ВНВ получают по специальной технологии совместным помолом ингредиентов: клинкера или готового портландцемента и сухого модификатора, при необходимости активной минеральной добавки (золы-уноса, пуццоланы, шлака и т.д.), наполнителя, также гипсового камня (гипса).

					БР-02069964-08.03.01-36-18	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ доквм.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Да-</i>		39

В композиционных вяжущих веществах модификаторы, например, суперпластификаторы и активные минеральные компоненты вводятся непосредственно при помоле вяжущего. За счёт этого удаётся увеличить оптимальную дозировку суперпластификатора до 2 – 3% (при введении в бетонную смесь 1 – 1,5%) и получить вяжущее с повышенной удельной поверхностью (5000 – 6000 см²/г), высокой однородностью и оптимальным для получения плотного цементного камня соотношением между различными цементами твёрдой фазы. В результате бетонная смесь может укладываться при предельно низких водоцементных отношениях ($V/C < 0,2$), в то время как для обычной доброкачественной бетонной смеси минимальное водоцементное отношение составляет приблизительно 0,4, а для бетонной смеси с суперпластификатором 0,3. Бетоны на композиционном вяжущем обладают наивысшей плотностью структуры и прочностью [10, 22].

Дальнейшее снижение водоцементного отношения может быть получено за счёт применения прессования. В этом случае с использованием сложных тонкозернистых композиционных составов можно уменьшить водоцементное отношение до 0,12 – 0,15 и получить композиты с прочностью до 200 МПа и выше. Наоборот использование композиционных вяжущих и оптимальных составов бетона содержащих не менее 1/3 тонкозернистых частиц по объёму позволяет получать высокопрочные бетоны из литых самоуправляющихся бетонных смесей с прочностью до 180 МПа.

Наиболее эффективно применение в высокопрочных бетонах не отдельных модификаторов, а специально подобранных комплексов в зависимости от назначения бетона и предъявляемых к нему требований. Обязательным компонентом комплексов обычно является суперпластификатор, как наиболее эффективная добавка, к которому добавляются антивоздухововлекающие или наоборот воздухововлекающие или микрогазообразующие добавки, добавки управляющие структурированием, в частности кинетикой схватывания и твердения, расширяющие добавки, активные минеральные компоненты и супертонкие наполнители, волокнистые добавки, наноэлементы и другие добавки. Состав комплекса должен соответствовать выбранной технологии и заданным свойствам бетона.

					БР-02069964-08.03.01-36-18	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ доквм.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Да-</i>		40

Следует особо отметить, что применение нижних водоцементных отношений обеспечивает быстрый рост прочности высокопрочных бетонов в раннем возрасте. Уже через 8 – 10 часов прочность может достигать 10 – 20 МПа, с достаточно высоким расходом цемента, а через сутки 30 – 100 МПа. При этом такие бетоны обладают повышенным выделением тепла, как следствие быстрой гидратации цемента в раннем возрасте. Это значительно упрощает введение бетонных работ в зимний период: достаточно применение подогретых смесей и кратковременного термосного выдерживания без проведения специальных мероприятий, обычно применяемых при зимнем бетонировании. Быстрый набор прочности также резко ускоряет возведение монолитных конструкций и сооружений.

Важным требованием при производстве бетонов с высокой прочностью является использование высококачественных заполнителей. Обычно в качестве крупного заполнителя используется тщательно фракционированный прочный щебень (базальт, боксит, диабаз, кварц), который по сравнению с гравием обладает лучшим сцеплением с растворной составляющей бетона, по опыту США, Норвегии, Финляндии, максимальная крупность заполнителя не должна превышать 8 – 25 мм (чаще всего до 12 мм). Заполнители должны быть тщательно промыты, не должны содержать пыли, глины, гумуса и других примесей. Прочность крупного заполнителя находится для разных марок высокопрочного бетона в пределах 140 – 400 МПа, а наибольшая крупность его зёрен не должна превышать 10 – 15 мм. Таким образом, при низком уровне крупности заполнителя бетон по существу является мелкозернистым, что существенно повышает его однородность [33, 35, 48].

Однако революционным открытием, определяющим получение высококачественных бетонов на цементах радового помола, считается использование суперактивных минеральных наполнителей – микрокремнезёма и особых высокодисперсных зол ТЭС, не содержащих несгоревших остатков. Такие наполнители способны связывать гидроизоляцию известь портландцемента уже в ранние сроки гидратации (через 1 – 2 суток твердения). Образование высокодисперсных гидросиликатов кальция, кристаллизирующихся в порах и в контактных зонах более

					БР-02069964-08.03.01-36-18	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ доквм.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Да-</i>		41

крупных частиц цемента и песка, улучшает структуру цементного камня, способствуя повышению ранней прочности.

1.5.1 Добавки

В настоящее время в промышленности строительных материалов огромную роль играет химизация производства. Развитие строительной химии в последние десятилетия позволило изменить представление о бетоне и его свойствах. Использование добавок данного класса позволяет регулировать количество воды, необходимой для получения нужной удобоукладываемости бетонной смеси. Они значительно снижают количество необходимой воды, что является очень важным технологическим фактором, который позволяет повысить прочность и долговечность конечного изделия. Высокоэффективны суперпластификаторы на основе поликарбоксилатов, их дозировка в 2,7 – 3,3 раза меньше, чем традиционных суперпластификаторов. Поликарбоксилаты обеспечивают высокую сохраняемость смеси, что является важным показателем при продолжительном транспортировании бетонной смеси [40].

Наиболее эффективным является применение комплексных добавок на основе суперпластификаторов и воздухововлекающих добавок. Комплексная добавка такого типа позволяет не только снизить В/Ц отношение и повысить прочностные характеристики бетона, но и способствует увеличению морозостойкости материала за счёт вовлечения небольшого объёма воздуха (2 – 4%).

1.5.2 Влияние свойств песков на характеристики бетонных смесей и бетонов

Применение мелкого заполнителя при производстве бетонных и железобетонных изделий, которые имеют широкое применение в строительстве, без учёта его физико-технических свойств ведёт в первую очередь к ухудшению эксплуатационных свойств изделий, а также зависят от качества применяемого песка.

					БР–02069964–08.03.01–36–18	Лист
Изм.	Лист	№ доквм.	Подпись	Да-		42

Если в исследованиях применялся песок из одного карьера, то форма зерен и зерновой состав исследуемых песков практически одинаковые.

Большое влияние на прочность сцепления зерен заполнителя с цементным камнем оказывает различное содержание глинистых и пылевидных частиц в песке.

Глинистые примеси, обволакивая зерна заполнителя, препятствуют сцеплению цементного камня с заполнителем и тем самым снижают прочность бетона.

Пески различного класса делят:

– песок II класса – для изготовления бетонных и железобетонных изделий из бетона с прочностью на сжатие не более 20 МПа, к которым не предъявляются требования по морозостойкости, истираемости и водопроницаемости;

– песок I класса – для изготовления бетонных и железобетонных изделий из бетона с прочностью на сжатие на более 30 МПа, к которым предъявляются требования по морозостойкости (до F200) и водонепроницаемости (до W-4);

– специальный песок – для изготовления бетонных и железобетонных изделий из бетона с прочностью на сжатие более 40 МПа, к которым предъявляются повышенные требования по морозостойкости (до F300), водонепроницаемости (до W-8), истираемости и стойкости к воздействию агрессивных сред.

Экономически и технически выгодно применение песков повышенного качества для производства бетона, как для производителей бетона, так и для строительного комплекса в целом. Применение песков повышенного качества позволяет значительно снизить себестоимость бетона за счёт сокращения расхода цемента.

1.5.3 Активация сырьевых компонентов бетонной смеси

Активация вяжущего

В настоящее время активация вяжущего позволяет значительно повысить физико-механические характеристики бетона и эффективность изделий на его основе.

					БР-02069964-08.03.01-36-18	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ доквм.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Да-</i>		43

На сегодняшний день в области активации цементов накоплен богатый опыт и проведены обширные исследования. Возможно, эффективно применять поляризацию твердеющих цементов с помощью электрического потенциала и тем самым повышать физико-механические характеристики изделий и конструкций на их основе. Исследованы способы создания магнитного поля в твердеющем цементном тесте или бетоне: омагничивание воды затворения, обработка в магнитном поле приготовление цементного раствора или цемента с повышением содержанием ферритной фазы в клинкере, введение в состав цемента ферромагнитных добавок с последующим омагничиванием цементного теста или бетона. Во всех случаях наблюдается интенсификация процессов структурообразования цемента и увеличение его активности [33]. Более технологичным и экономически эффективным является введение в состав цемента предварительно омагниченной ферромагнитной добавки.

Введение в состав портландцемента термически обработанных глинистых добавок даёт возможность его активации на ранней стадии твердения.

Однако следует признать, что большинство существующих методов активации цементов, цементного теста, растворов и бетонов основано на механическом сухом или мокром диспергировании частиц твёрдой фазы, повышении однородности и гомогенности.

Введение при помоле клинкера химических активаторов позволяет получать цемент более высокой марки или быстротвердеющий цемент. Активаторами выступали соединения, содержащие элементы с переменными степенями окисления, а в ряде случаев отходы химической промышленности (фторангидрит, фосфогипс) или горные породы [83].

Активация заполнителя

Одним из «слабых» мест бетона является зона контакта между цементном камнем и заполнителем. Зачастую именно сила сцепления в зоне контакта, а не прочность заполнителя и цементного камня, определяет прочностные характеристики бетона. Поэтому изучение и модифицирование данного структурного

					БР-02069964-08.03.01-36-18	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ доквм.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Да-</i>		44

элемента ставилось задачей ряда исследователей. Пути позволяющие упрочнить зону контакта:

- улучшение геометрии контакта между вяжущим и заполнителем за счёт отчистки последнего;
- выбор вяжущего с учётом его адгезионных свойств, наиболее благоприятных для данного заполнителя и условий твердения бетона;
- интенсификация взаимодействия между вяжущим и кварцевым заполнителем в нормальных условиях за счёт активации его поверхности.

В настоящее время наиболее распространённым и простым способом улучшения качества заполнителей является промывка их водой с целью удаления с поверхности пылевидных, глинистых и илистых примесей. Это актуально для техногенных песков, в составе которых доля пылевидной фракции значительна в силу технологии процессов, при которых они образуются.

Для обработки заполнителей также применялись сильные кислоты, что повышает прочность, морозостойкость, коррозионную стойкость бетона. Обработка кварцевого заполнителя растворами окислителей и восстановителей, приводящая к увеличению обменной ёмкости и гидрофобизации поверхности, способствует более активному взаимодействию в системе: «гидратированное вяжущее – заполнитель», а следовательно, увеличению прочности бетона. Также способ обработки кварцевого заполнителя путём его ультрафиолетового облучения может быть использован для повышения прочности бетонов или для сокращения расхода цемента [63]. Данный физический способ модифицирования поверхности заполнителя отличается значительно меньшей длительностью и трудоёмкостью по сравнению со способами химической обработки. Физико-химическая обработка заполнителя уменьшает сцепление в зоне контакта на 20 – 70% и прочность бетона на 30 – 100 %.

На возможность увеличения сцепления между вяжущим и заполнителем способствует нанесение на поверхность последнего веществ, обладающих химическим средством к продуктам гидратации вяжущего. Так покрытие зерен заполнителя смесью жидкого стекла и трасса удалось повысить марочную прочность

					БР-02069964-08.03.01-36-18	Лист
Изм.	Лист	№ доквм.	Подпись	Да-		45

бетона на растяжение на 200 – 300 %. В случае заполнителей, покрытых слоем силикатного состава, увеличение прочности составляло 200 – 350 %.

Активация воды

Одним из важных методов управления структурообразованием цементного камня, повышения характеристик бетона является направленное изменение физико-механических свойств воды затворения.

Известно, что молекула воды, ввиду ее особого строения, не является нейтральной, а обладает сравнительно большим дипольным моментом, что и обуславливает хорошие ее растворяющие способности. Существует гипотеза, что в интервале температур выше 273К структура воды не является однородной и стабильной; наряду с комплексами и кластерами, имеющими определённую структуру, куда входят несколько молекул, в ней содержатся микрообъемы с беспорядочно движущимися одиночными молекулами воды. Причём одновременно протекают процессы разрушения кластеров и их образования. Кластеры имеют значительно большие размеры по сравнению с молекулами, которые внутри подобных образований нейтральны и неактивны. Кроме того, дипольные моменты самих кластеров с $n = 2...6$, по данным Б. В. Дерягина близки к нулю. Такая структура воды существенно снижает ее проникающую и растворяющую способность, степень гидратации цемента и прочность бетона. Поэтому любые воздействия на воду, разрушающие кластеры до одиночных молекул, увеличивающие подвижность, дипольные моменты молекул и ориентирующие их определённым образом, а также вызывающие диссоциацию молекул, будут способствовать повышению активности воды, степень гидратации цементных зерен и прочности материала. Многочисленные опыты подтверждают это. Так, превращение воды в снег и применение в дальнейшем снеговой воды для затворения бетонной смеси стабильно повышает прочность бетона на 8 – 15 %. Это объясняется тем, что сразу после таяния снега вода ещё не успевает приобрести кластерную структуру, а состоит, по-видимому, в большей степени из одиночных молекул, которые более активны по сравнению с кластерами. Но со временем активность снеговой воды исчезает из-за изменения ее структуры. Такое явление

					БР-02069964-08.03.01-36-18	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ доквм.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Да-</i>		46

наблюдается и при превращении воды в пар, затем в конденсат, который используется для приготовления бетонной смеси.

Один из путей повышения прочности бетонных изделий без дополнительных затрат вяжущих материалов – применение омагниченной воды в технологии производства цементных бетонов и растворов.

Применение омагниченной воды в приготовлении цементобетона даёт ряд положительных практических результатов: улучшается виброукладываемость смеси; бетон обладает большей плотностью, прочностью и морозостойкостью; потребление воды бетонными смесями уменьшается на 3 – 5 % при сохранении ими требуемой пластичности; расход цемента снижается от 300 до 50 кг на один кубометр бетона, изделия выгодно отличаются внешним видом и высококачественной отделкой поверхности; сокращаются сроки термообработки изделий.

Объясняется такое действие магнитной обработки на свойства воды затворения тем, что разрушается первичная структура воды.

Введение ферромагнитных добавок приводит к дополнительному увеличению прочности бетона (6 – 8 %) по отношению к прочности бетона на омагниченной воде без добавок. Сочетание магнитной обработки с подогревом бетонной смеси также увеличивает эффект, связанный с ростом прочности бетона на омагниченной воде.

Наряду с магнитной обработкой, возможна, также электрообработка воды затворения. Вода затворения обрабатывается постоянным электрическим полем растворимых электродов. При использовании такой воды заметно повышается пластичность бетонной смеси, что обусловлено созданием дополнительных центров кристаллизации, которыми являются ионы металлов электродов. Данная обработка позволяет на 15 % сократить расход цемента и воды. Наиболее эффективно использовать обработанную таким образом воду в жестких бетонных смесях.

Ультразвуковая активация воды посредством активаторов типа РИА с частотой 6 – 30 кГц приводит к увеличению рН воды, что в свою очередь способствует повышению подвижности бетонной смеси и прочности бетона. Процесс

					БР–02069964–08.03.01–36–18	Лист
Изм.	Лист	№ доквм.	Подпись	Да-		47

активации воды обусловлен выделением в нее продукта разрушения активатора – мелкодисперсной нержавеющей стали.

Известны также методы активации воды посредством рентгеновского облучения, использования радиоактивных изотопов и другие.

1.5.4 Способы формования

Особенности составов и структуры бетонных смесей и бетонов на основе техногенного сырья обуславливают специфику технологии их производства. При этом с точки зрения эффективности производства важную роль играет способ формования изделий из таких бетонных смесей.

В настоящее время существует большое количество разнообразных способов формования изделий. Однако не большее распространение получают высокоинтенсивные способы, позволяющие использовать жесткие бетонные смеси тем самым, снижая расход вяжущего, и получать плотную и прочную структуру композита.

Из вибрационных методов формования изделий наибольшее распространение получило объёмное вибропрессование. Вибропрессование позволяет уплотнять жесткие бетонные смеси с высоким коэффициентом уплотнения, которые обеспечивают оптимальные показатели пористости, морозостойкости и прочности бетона при минимальном расходе цемента.

Эффективность вибропрессования обусловлено следующими факторами:

- приемлемо использование местных материалов и техногенных расходов;
- наличием серийно выпускаемого высокопроизводительного автоматизированного оборудования, способного к быстрой переналадке при переходе на производство другой номенклатуры;
- возможность организовать производство на небольших площадях с минимальным капиталовложением при быстрой их окупаемости (менее одного года);

– получение годовой продукции с требуемыми физико-механическими и эксплуатационными характеристиками (прочность, морозостойкость, водопоглощение и т.д.), с точными геометрическими параметрами и высокой архитектурной выразительностью.

Однако, не смотря на исключительно высокие физико-механические свойства вибропрессованного бетона, необходимо признать, что вибрация при вибропрессовании изделий выполняет не только позитивную роль вибраторов на организм человека, не подвергается сомнению, кроме того, из-за вибраций в процессе производства происходит быстрый износ оборудования, что требует огромных капитальных затрат на его ремонт и обновление.

Таковые недостатки не имеют прессование и гиперпрессование.

Прессование служит для обеспечения более высоких показателей прочности и плотности бетона в затвердеющем состоянии по сравнению с аналогичными параметрами вибрированного бетона при одинаковом водосодержании бетонных смесей. Наиболее целесообразно прессование жестких бетонных смесей, уменьшающее объём заземленного воздуха. Уплотнение можно производить статическим прессованием и прессованием с циклическим положением давления. Для жестких бетонных смесей обычно применяется статическое прессование под давлением 3 – 10 МПа. Прессующая установка представляет собой гидравлический пресс.

Статическое прессование используют для формирования изделий небольших размеров.

Гиперпрессование – это технология формирования изделий с использованием давлений пресса свыше 40 МПа. Прикладываемое внешнее высокое прессующее давление значительно ускоряет процесс формирования структуры цементного камня и увеличивает сырцовую прочность. Данный способ формирования сравнительно новый, однако незначительный опыт его применения в производстве показал существенные преимущества гиперпрессования в сравнении с вышеперечисленными способами. Данная технология позволяет:

- улучшить физико-механические и гидрофизические характеристики бетона;
- снизить энергетические затраты вследствие исключения тепловой обработки;
- предоставляет возможность использования некондиционных и техногенных продуктов.

Таким образом, важными технологическими факторами производства высококачественного бетона помимо подбора состава и выбора эффективного суперпластификатора являются технологические процессы, а также активация вяжущего и заполнителя. Важным считается интенсивное перемешивание бетонных смесей с высокодисперсными добавками. В связи с этим внедрение интенсивных раздельных технологий чрезвычайно актуально для производства высококачественного бетона.

1.6 Композиционные вяжущие вещества – путь повышения эффективности производства высококачественного бетона

Для получения высококачественных бетонов и повышения эффективности использования цемента в бетоне применяют композиционные вяжущие вещества. В этих материалах к основному вяжущему компоненту добавляют специальные добавки и активные минеральные компоненты, в том числе обладающие вяжущими свойствами. При этом добиваются как существенного улучшения реологических свойств цементного теста, так и прочности и других свойств вяжущего и бетонов на его основе. Реологические свойства цементного теста, оцениваемые по его нормальной густоте, оказывают существенное влияние не только на подвижность бетонной смеси, но и на прочность бетона, приготовленного на этом цементе. Цементы с меньшей нормальной густотой позволяют получать изопластичные бетонные смеси при пониженном водоцементном отношении, что обеспечивает большую плотность структуры бетона и его прочность.

					БР-02069964-08.03.01-36-18	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ доквм.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Да-</i>		50

Для снижения нормальной плотности цемента в него вводят пластифицирующие добавки. Наиболее эффективно применение так называемых суперпластификаторов, уменьшающих нормальную плотность цемента на 30...50 %. Суперпластификаторы вводят при совместном помоле цемента с сухой добавкой, что обеспечивает как бы капсулирование зерен цемента суперпластификатором и позволяет эффективно вводить в цемент большее количество суперпластификатора, чем при его введении в бетонную смесь, когда молекулы воды, занимая часть поверхности зерен цемента, уменьшают дозу суперпластификатора в композиционном вяжущем веществе составляет 1-3 %. В свою очередь суперпластификатор препятствует агрегированию мельчайших частиц цемента, что обычно ведет к повышению прочности, тем самым повышая эффективность тонкомолотых цементов.

Для регулирования свойств композиционных вяжущих в них помимо суперпластификатора вводят другие добавки и активные минеральные компоненты. С их помощью регулируют сроки схватывания, воздухововлечение при перемешивании и уплотнении смеси, собственные деформации цемента и бетона при твердении, плотность и прочность бетона и улучшают его другие свойства. Это позволяет в широком диапазоне варьировать свойства композиционного вяжущего вещества в зависимости от его назначения. Композиционные вяжущие вещества изготавливают на цементных заводах или специальных установках, например, по технологии сухих смесей. В результате, при применении таких вяжущих достигают большего эффекта при воздействии на бетонную смесь и бетон, чем при обычном введении суперпластификатора при приготовлении бетонной смеси[22, 35].

Одной из важнейших задач промышленности строительных материалов в XXI в. является разработка и обеспечение строительства эффективными, малоэнергоемкими и экологически чистыми материалами, изготавливаемыми по безопасным технологиям с использованием местных сырьевых ресурсов, отходов и побочных продуктов промышленности. В настоящее время 30 % растворов и бетонов в нашей стране изготавливается с использованием химических добавок и наполнителей различной природы. Все большее применение в технологии про-

					БР-02069964-08.03.01-36-18	Лист
Изм.	Лист	№ доквм.	Подпись	Да-		51

изводства строительных материалов находят побочные продукты и техногенные отходы различных отраслей промышленности. Несмотря на то, что имеется достаточно теоретических и экспериментальных исследований, касающихся применения отходов в производстве строительных материалов, не всегда в полной мере используются их основные свойства: дисперсность, агрегатное состояние, наличие химически активных фаз (способность к химическому взаимодействию, гидратации, твердению) и поверхностно-активных веществ. Обычно основным критерием выбора служит химический состав, однако при таком подходе происходит безвозвратная потеря уникальных свойств вторичного сырья. При наличии в составе отходов аморфных (химически активных) фаз наилучшими способами их применения следует считать варианты, когда положительные эффекты обеспечиваются не только химическим составом, но и агрегатным состоянием, а также физическими свойствами отхода.

Для повышения качества строительных материалов, получаемых с использованием техногенного сырья, и снижения экологического ущерба необходимо иметь полную диагностическую информацию о химико-минералогическом составе, агрегатном состоянии, технологических условиях образования, годовом объеме производства и санитарно-гигиенических характеристиках каждого техногенного продукта производства. На сегодняшнем уровне развития строительного материаловедения, в условиях совершенствования методов тонкого химического и структурного анализов заслуживает большего внимания изучение механизмов действия химических добавок и наполнителей на процессы гидратации и твердения цементных композиций, начиная с молекулярного уровня и заканчивая макроструктурой [35].

Проблема рационального использования вяжущих в цементных и композиционных материалах является чрезвычайно актуальной. В связи с этим задачей строительного материаловедения является разработка комплексных вяжущих с максимальным использованием технологий геополимерных материалов. Разрабатываются композиционные вяжущие материалы с использованием гипсового вяжущего, цемента и активных минеральных добавок на основе местного сырья.

					БР-02069964-08.03.01-36-18	<i>Лист</i>
						52
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ доквм.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Да-</i>		

Строительные материалы, изготовленные с применением таких вяжущих, обладают повышенной водостойкостью, прочностью и долговечностью.

Композиционные вяжущие, в большинстве случаев, представляют собой смеси цементного, известкового или гипсового вяжущего, минеральных наполнителей и химических добавок. Повышение активности и уровня рационального использования вяжущих веществ может быть достигнуто различными путями: увеличением тонкости помола, химической и механогидрохимической активацией, оптимизацией составов и режимов твердения и т.д. Наиболее эффективным способом является совместный помол вяжущего и наполнителей. Например, совместный помол цемента и активных минеральных добавок позволяет снизить расход вяжущего в композиционной смеси до 30-40%. В качестве активных минеральных добавок в композиционных вяжущих могут быть использованы не только карбонатные материалы, но и кремнеземсодержащие добавки, широко распространенные в средней полосе России. Совместное применение тонкодисперсных карбонатных шламов и подобных добавок в производстве композиционных вяжущих веществ позволяет рационально использовать кристаллохимическую активность карбонатного наполнителя и пуцциоланистическую активность минеральных добавок. В этом случае возможно достижение значительных синергетических эффектов[77, 79].

С использованием традиционных вяжущих, диатомитов, карбонатных материалов и шламов производятся исследования с целью получения композиционных вяжущих и сухих строительных смесей для производства теплоизоляционных материалов, работающих в условиях повышенных температур. Это направление исследований является нужным и перспективным, поскольку позволяет решать проблему получения эффективных и дешевых материалов для тепловой изоляции и обмуровок теплогенерирующих установок и технологических трубопроводов. На основе минеральных диатомито-карбонатных смесей разрабатываются теплоизоляционные материалы на органических связующих. Важным аспектом в подобных исследованиях является изучение механизмов химической и кристаллохимической активации процессов гидратации и твердения, закономерностей

					БР-02069964-08.03.01-36-18	Лист
Изм.	Лист	№ доквм.	Подпись	Да-		53

формирования пористой структуры композитов, реологических и физико-механических свойств, что позволит управлять процессами структурообразования и получать материалы с высокой степенью надёжности и долговечности. Перспективным направлением исследований является разработка безрулонных, мастичных гидроизоляционных материалов с использованием в качестве микронаполнителей карбонатных и смешанных шламов. Эти материалы водонепроницаемы, обладают достаточной прочностью, долговечны, технологичны и дешевы. Дальнейшие исследования должны быть направлены на изучение основных свойств наполненных органоминеральных систем с максимальным использованием некоторых уникальных свойств шламов: высокой дисперсности, способности к самоотверждению и т.д.

Отечественными учёными были разработаны вяжущие низкой водопотребности (ВНВ), положившие начало развитию технологии композиционных вяжущих веществ. Совместный помол портландцемента с повышенной дозировкой суперпластификатора и в ряде случаев с активной минеральной добавкой позволил получить ВНВ с самыми различными свойствами.

Вяжущие низкой водопотребности представляют собой новый класс гидравлических вяжущих, отличающихся по составу и способу производства от традиционных вяжущих, получаемых с использованием традиционных помольных установок, предназначенных для производства цемента. Существенное отличие ВНВ от портландцементов заключается: в высокой дисперсности ($S = 4000-5000 \text{ см}^2/\text{г}$); низкой водопроницаемости (нормальная плотность теста 16-20 %) за счёт содержания в оптимальных количествах высокоэффективного модификатора, вводимого при совместном помолу всех составляющих; в некоторых особенностях гидратационного твердения; в весьма высокой активности по прочности (до 100 МПа). Все вышперечисленное позволяет классифицировать эти вяжущие как цементы нового поколения.

ВНВ были разработаны в 1984 г. Ш. Т. Бабаевым и Н. Ф. Башлыковым, которые домальвали портландцемент или измельчённый портландцементный клинкер совместно с сухим модификатором, включающим водопонижающий компо-

					БР-02069964-08.03.01-36-18	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ доквм.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Да-</i>		54

мент на основе нафталинсульфонатов, регулятор схватывания цемента, ускоритель твердения и т.п., и нашли в свежих бетонах значительное снижение водопотребности – на 30 – 40 % с последующим приростом прочности более чем на 3 класса (< 30 МПа) соответственно в сравнении с быстротвердеющим портландцементом – лучшим по качеству согласно ГОСТу 10178, ВНВ, содержащие шлак или летучую золу, характеризовалась также приростом прочности более чем на 2 класса в сравнении с портландцементом соответствующих типов.

Оценивая возможность резкого повышения прочностных свойств цементного камня и бетона на основе композиционных вяжущих, необходимо рассмотреть эту проблему в связи с задачами научно-технического прогресса в строительной индустрии, в частности, со снижением энергоёмкости производства вяжущего. Необходимо иметь в виду, что наиболее энергоёмким исходным материалом в бетоне является портландцемент, на производство 1 т которого в Российской Федерации в среднем расходуется около 215 кг усл. топлива, т.е. по энергоёмкости доля цемента в бетоне составляет 70 %. Достаточно высокие потенциальные возможности ВНВ позволяют заменить значительное количество клинкерной части вяжущего различными минеральными добавками (например, это может быть обычный строительный песок, отсев кварциторесчанника, доменный гранулированный шлак, зола-унос, их смеси и др.) содержащими в своём составе преимущественно кремнезём. Это, с одной стороны, позволяет регулировать в широких пределах сроки схватывания теста на основе комплексного вяжущего, а с другой – существенно снизить общие теплоэнергетические затраты на изготовление единицы продукции при одновременном обеспечении их заданных свойств [21].

Приведём некоторые технические свойства композиционных вяжущих, определяющие эффективность их применения.

Прочность как чистоклинкерного ВНВ-100, так и ВНВ с минеральными добавками в целом выше, чем портландцементов тех же классов, на 30 МПа и более.

Бетоны на основе композиционных вяжущих отличаются высокой трещиностойкостью. Водопоглощение их в 2...2,5 раза ниже, чем бетонов без добавки и с

					БР-02069964-08.03.01-36-18	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ доквм.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Да-</i>		55

суперпластификатором С-3. Деформации усадки и ползучести бетонов на их основе в среднем на 10...30 % ниже, чем у бетонов кварцевого состава. Водопотребность равноподвижных свежих растворных и бетонных смесей на 25 – 40 % ниже, чем смесей на портландцементе. Водосодержание основных гидратных фаз понижено примерно в том же отношении, что и водопотребность, за исключением портландита, количество которого в затвердевшем тесте композиционного вяжущего ниже на 25 – 40 % по сравнению с портландцементов аналогичного типа, хотя аморфная известь, включающая, очевидно, некоторое количество кремнезёма и оцениваемая по эндотермическому эффекту при 440 – 480°С, в камне композиционного вяжущего представлена в достаточном количестве, хотя и меньшем, чем в портландцементе.

Морозостойкость (выражающая числом циклов замораживания-оттаивания бетона без существенных потерь прочности образцов) повышается примерно вдвое – трое.

Повышенная сульфатостойкость выражается, в частности, в том, что композиционное вяжущее, изготовленный на клинкере, содержащем 9 % C_3A , не уступает по показателям сульфатостойкости сульфатостойкому портландцементу, вообще не содержащему C_3A .

Результаты испытаний бетонных смесей бетонов на основе композиционных вяжущих, содержащих 25 – 50 % портландцемента свидетельствуют о перспективе существенного снижения расхода портландцемента в составе этих вяжущих при обеспечении заданных характеристик. Так, например, при новом способе использования суперпластификатора С-3 высокомарочный портландцемент (ЦЕМ I 52,5 Н ГОСТ 31108 – 2003) можно заменить ВНВ-50 на основе портландцемента (ЦЕМ I 32,5 Н ГОСТ 31108 – 2003).

Коэффициент призмной прочности бетонов находится в пределах 0,82 – 0,86, а у контрольных составов – 0,77 – 0,79. Это, по-видимому, может быть объяснено улучшением состояния контактной зоны на границы раздела «цементный камень-заполнитель», а также состава и структуры новообразований в этой зоне.

					БР-02069964-08.03.01-36-18	Лист
Изм.	Лист	№ доквм.	Подпись	Да-		56

Увеличение степени морозостойкости и трещиностойкости бетонов на композиционных вяжущих можно объяснить не только улучшением состояния контактной зоны, но и доведением до минимума содержания крупных капиллярных пор в целом повышением плотности цементного камня и бетона. Это, в свою, благоприятно сказывается и на других критериях долговечности. Например, после двухгодичного хранения образцов в различных температурно-влажностных условиях стальная арматура в бетоне на композиционном вяжущем с содержанием различных минеральных добавок в составе вяжущего до 50 % – 60 % находится в пассивном состоянии. Установлено, что коррозионно-пассивное состояние стальной арматуры в бетоне на композиционных вяжущих полностью обеспечивается при содержании клинкерного фонда в составе вяжущего от 150 кг/м³ и выше.

Необходимо отметить, что использование композиционных вяжущих вместо цемента с различными добавками, вводимыми в бетономешалку, значительно (в 2 – 3 раза) увеличивает время начала и окончания схватывания бетонной смеси, что позволяет переводить ее на значительно большие расстояния. Это в свою очередь приведет к тому, что в целом по каждому району строительства можно будет обходиться меньшим количеством бетонных заводов.

Применение композиционных вяжущих позволяет сократить в зимних условиях время ухода за бетонной смесью, а также уменьшить продолжительность технологических перерывов, назначаемых обычно для набора прочности бетона. Может быть сокращено так же время ухода за свежеложенным бетоном в жаркое время года и, естественно, снижены затраты труда, расход воды и т. д.

Одна из особенностей ВНВ заключается в его способности длительное время сохранять активность при хранении. Это является следствием микрокапсулирования активных поверхностей клинкерных минералов цемента модификатором при совместном помоле и созданием адсорбционной преграды, предотвращающей взаимодействие частиц цемента с влагой окружающей среды. В связи с этим установлен срок хранения ВНВ, составляющий не менее 3 месяцев [33, 40].

					БР-02069964-08.03.01-36-18	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ доквм.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Да-</i>		57

Важное значение имеет кинетика набора прочности бетонов на основе ВНВ, заключающаяся в достижении высоких показателей в ранние периоды твердения. Это предопределяет существенное ускорение сроков строительства при воздействии монолитных сооружений и возможность изготовления железобетонных конструкций в заводских условиях без использования термообработки, ВНВ-100 используют для высокопрочных бетонных и железобетонных конструкций, ВНВ-50 – для конструкций средней прочности, ВНВ-30 – для бетонных и пенобетонных блоков, так как выделение диоксида кальция при его твердении и возможно более быстрое уменьшение щелочности среды и снижение ее защитных свойств по отношению к стальной арматуре.

Таким образом, применение композиционных вяжущих позволяет получить технический и экономический эффект практически во всех областях применения цементных вяжущих и практически по всем элементам, составляющим разнообразие технологии бетонных работ. Также следует отметить, что наиболее энергоёмким исходным материалом в бетоне является портландцемент, по энергоёмкости доля цемента в бетоне составляет 70 %. Одним из основных направлений в решении задачи снижения затрат на производство вяжущих является производство многокомпонентных цементов, при получении которых расход топлива и клинкера сокращается на 25 – 30 % по сравнению с чистоклинкерными цементами. В стране сегодня накоплено достаточное количество минеральных ресурсов в виде различных отходов промышленности и минеральных шламов, чтобы при эффективном их использовании и рациональном расходе цементах и композиционных вяжущих получать высококачественные мелкозернистые бетоны.

1.7 Выводы

1. Достижения строительного материаловедения позволили объединить в единый комплекс положительные свойства разных групп бетонов. Так появился новый класс бетонов – высококачественные бетоны. Это многокомпонентные бетоны, в которых используются композиционные вяжущие вещества, химические

					БР-02069964-08.03.01-36-18	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Да-</i>		58

модификаторы структуры, свойств и технологии, активные минеральные компоненты и расширяющие добавки.

2. Высококачественные бетоны широко применяются при строительстве монолитных и сборно-монолитных специальных сооружений, покрытий аэродромов, взлётно-посадочных полос, монолитных конструкций стартовых комплексов для космических систем в других специальных объектов. Использование высококачественных бетонов позволяет получить строительные конструкции с высокими эксплуатационными характеристиками и снизить расходы связанные с функционированием зданий и сооружений и с проведением ремонтных работ, что стало возможным благодаря обеспечению высоких физико-механических свойств бетона.

3. Тщательный отбор и подготовка заполнителей для бетонной массы, современные технологии их производства, умелое использование имеют огромное значение для производства высококачественного бетона. Также добыча природного минерального сырья для заполнителей становится крайне дорогим производством. Нехватку в плотных заполнителях можно восполнить за счёт переработки техногенных отходов, в частности отсевов дробления кварцитопесчаников Лебединского месторождения курской магнитной аномалии. Применение подобного рода заполнителей экономически выгодно. Во-первых, экономятся природные ресурсы, во-вторых, утилизируются отходы промышленных зон.

4. Помимо подбора бетонов и выбора эффективного суперпластификатора не менее важными являются технологические факторы: процесс перемешивания, уплотнения, транспортирования, укладки и твердение. Наиболее важным считается интенсивное перемешивание бетонных смесей с высокодисперсными добавками. Поэтому внедрение интенсивных отдельных технологий чрезвычайно актуально для производства высококачественного бетона.

5. В современных условиях бетоны становятся многокомпонентными, при их приготовлении широко используются химические модификаторы структуры и свойств, активные минеральные ультрадисперсные компоненты и ряд других эффективных добавок. В современной технологии бетона с целью управления

					БР-02069964-08.03.01-36-18	Лист
Изм.	Лист	№ доквм.	Подпись	Да-		59

структурообразованием, технологией производства и регулированием свойств материала используют: композиционные вяжущие на различной основе (на цементе, гипсе, магнезиальных вяжущих и др.), являющиеся многокомпонентными вяжущими низкой водопотребности; комплексные модификаторы структуры и свойств, включающие в себя различные химические модификаторы и активные минеральные компоненты, в том числе ультрадисперсные; минеральное сырье заполнителей, обеспечивающее получение экономических и долговечных бетонов; интенсивную технологию, обеспечивающую гомогенизацию состава и создание условий оптимального взаимодействия составляющих в процессе образования структуры материала и ее упрочнения.

6. Применение композиционных вяжущих позволяет получить технический и экономический эффект практически во всех областях применения цементных вяжущих и практически по всем элементам, составляющим разнообразие технологии бетонных работ. Также следует отметить, что наиболее энергоёмким исходным материалом в бетоне является портландцемент, по энергоёмкости доля цемента в бетоне составляет 70 %. Одним из основных направлений в решении задачи снижения затрат на производство вяжущих является производство многокомпонентных цементов, при получении которых расход топлива и клинкера сокращается на 25 – 30 % по сравнению с чистоклинкерными цементами. В стране сегодня накоплено достаточно минеральных ресурсов в виде различных отходов промышленности и минеральных шламов, чтобы при эффективном их использовании в рациональном расходе цементных, гипсовых и композиционных вяжущих получать высококачественные строительные материалы.

					БР–02069964–08.03.01–36–18	Лист
Изм.	Лист	№ докв.	Подпись	Да-		60

2 Цель и задачи исследований. Применяемые материалы и методы исследования

2.1 Цель и задачи исследований

Цель исследований заключается в оптимизации составов и изучении физико-механических свойств мелкозернистых бетонов на основе местной минерально-сырьевой базы, а также исследовании их биологической стойкости в климатических условиях Республики Мордовия.

Задачи исследований:

1. Выполнить анализ отечественной и зарубежной литературы и имеющийся практический опыт в области разработки мелкозернистых бетонов на основе мелкозернистого песка с применением пластификатора – «Эдванс Ультра», и комплексных: «Суперпласт Прима», «Суперпласт Стандарт»;

2. Изучить основные характеристики местного заполнителя месторождения карьера с. Морга Дубенского района Республики Мордовия;

3. Изучить основные характеристики пластификатора – «Эдванс Ультра» и комплексных добавок: «Суперпласт Прима», «Суперпласт Стандарт».

4. Разработать составы мелкозернистого бетона с применением местного мелкого песка, а также оптимизировать их по основным физико-механическим показателям;

5. Изучить кинетические особенности гидратационного твердения мелкозернистых бетонов с использованием пластификатора – «Эдванс Ультра» и комплексных добавок: «Суперпласт Прима», «Суперпласт Стандарт» на основе местной минерально-сырьевой базы и технологические свойства бетонных смесей;

6. Изучить биологическую стойкость разработанных составов;

7. Дать характеристику микроорганизмов, выявленных на поверхности образцов, в воздухе, земле и воде с которыми они контактировали;

8. Дать рекомендации по составам мелкозернистых бетонов с использованием местной минерально-сырьевой базы Республики Мордовия, отвечающих требованиям действующих нормативных документов.

2.2 Применяемые материалы

Цементные вяжущие

В качестве вяжущего использовался портландцемент производства ООО «Сенгилеевский цементный завод» (Россия, Ульяновская область, Сенгилеевский р-н, р.п. Цемзавод).

Таблица 2.1 – Характеристики цемента производства ООО «Сенгилеевский цементный завод» (Россия, Ульяновская область, Сенгилеевский р-н, р.п. Цемзавод)

Показатели	Норматив ГОСТ 31108–2016 ГОСТ 30515–2013	Значение
1	2	3
1. Строительно-технические свойства цемента		
Предел прочности при сжатии, МПа в возрасте 2 суток	не менее 20,0	24,1 ± 1,6
28 суток	не менее 42,5 не более 62,5	52,5 ± 3,0
Начало схватывания, мин	не ранее 60	150 ± 20
Конец схватывания, мин	не нормируется	210 ± 30
Удельная поверхность, м ² /кг	не нормируется	370 ± 30
Тонкость помола, проход через сито № 009, %	не нормируется	97,0 ± 1,0
Нормальная густота цементного теста, %	не нормируется	27,5 ± 1,5
Ложное схватывание	не нормируется	отсутствует
Равномерность изменения объёма, мм	не более 10,0	1,0 ± 1,0
Потеря массы при прокаливании, %	не более 5,0	1,5 ± 0,3
Нерастворимый остаток, %	не более 5,0	0,51 ± 0,01
Содержание оксида серы (VI) SO ₃ , %	не более 3,5	2,78 ± 0,2
Содержание хлорид-ионов Cl ⁻ , %	не более 0,10	0,01 ± 0,002
2. Химический состав клинкера, %		
Оксид кальция	CaO/SiO ₂ > 2,0	66,0 ± 0,5
Оксид кремния		22,0 ± 0,5
Оксид алюминия	не нормируется	4,37 ± 0,15
Оксид железа (III)	не нормируется	3,98 ± 0,05
Оксид магния	не более 5,0	0,86 ± 0,07
Оксид серы (VI)	не нормируется	0,36 ± 0,1
Щелочные оксиды (в пересчёте на Na ₂ O)	не нормируется	0,82 ± 0,02

Окончание таблицы 2.1

1	2	3
3. Минералогический состав клинкера (расчётный), %		
Трехкальциевый силикат (C ₃ S)	C ₃ S + C ₂ S > 67,0	60,0 ± 4
Двухкальциевый силикат (C ₂ S)		15,0 ± 3
Трехкальциевый алюминат (C ₃ A)	не нормируется	4,7 ± 0,3
Четырехкальциевый флюмоферит (C ₄ AF)	не нормируется	12,3 ± 0,4
4. Санитарно-эпидемиологические свойства цемента		
Удельная эффективная активность естественных радионуклидов A _{эфф} , Бк/кг	не более 370	59 ± 10

Заполнители

В качестве заполнителя для подбора состава мелкозернистого бетона на основе минерально-сырьевой базы Республики Мордовия использовался:

Кварцевый песок Моргинского песчаного карьера. Влажность – 0,1%. Истинная и насыпная плотности песка равны 2,7 г/см³ и 1 300 кг/м³ соответственно. Модуль крупности M_к = 1,8. По зерновому составу относится к группе Мелких песков. Содержание пылевидных и глинистых частиц – 2,2 %. Коэффициент фильтрации – 2,1 м/сут. Содержание глины в комках – 0,3 %. Зерновой состав кварцевого песка приведен в табл. 6.3.

Таблица 2.2 – Характеристика гранулометрического состава кварцевого песка

№ п/п	Остатки на ситах	Размер сит, мм							
		5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	0,071	Менее 0,071
1.	Частные	0	0	0,5	0,3	81,1	17,5	0,5	0,1
2.	Полные	0	0	0,5	0,8	81,9	99,4	99,9	100

Добавки

В качестве пластификатора для подбора составов мелкозернистого бетона использовался – «Эдванс Ультра».

Эдванс Ультра – высокоэффективный пластификатор и регулятор сохранения подвижности для товарного бетона.

«Эдванс Ультра» является пластификатором, регулирующим время сохранения реологических свойств бетонной смеси, в том числе при повышенной тем-

пературе окружающей среды. Добавка представляет собой сбалансированную композицию на основе эфиров поликарбоксилатов и модифицированного ЛСТ.

Таблица 2.3 – Физико-химические показатели пластификатора «Эдванс Ультра»

№ п\п	Наименование показателей	Значения показателей	Установлено испытанием
1	Внешний вид	Жидкость коричневого цвета	соответствует
2	Плотность при 20°C, не менее, г/см ³	1,12	1,165
3	Массовая доля воды, не более %	Не нормируется	—
4	Активность водородных ионов (рН) 2,5 % водного раствора	3 – 6	соответствует
5	Массовая доля ионов хлора в сухом веществе, не более, %	0,1	соответствует
6	Содержание воздуха в бетонной смеси по объёму, не более, %	3	соответствует
7	Марка по удобоукладываемости	От П1 до П 2 – 4	соответствует

В качестве комплексных добавок для подбора составов мелкозернистого бетона использовались: «Суперпласт Прима», «Суперпласт Стандарт».

Суперпласт Прима (комплексная добавка) – регулятор сохранения подвижности для высокоэффективных и литых бетонных смесей.

Комплексная добавка «Суперпласт Прима» представляет собой сбалансированную композицию полиметиленафталинсульфонатов различной молекулярной массы и поверхностно-активных веществ природного происхождения.

Таблица 2.4 – Физико-химические показатели добавки «Суперпласт Прима»

№ п\п	Наименование показателей	Значения показателей				Установлено испытанием
		В форме водного раствора		В форме порошка		
		с ненорм-м воздухов-лечением	с пониж-м воздухов-лечением	с ненорм-м воздухов-лечением	с пониж-м воздухов-лечением	
1	2	3	4	5	6	7
1	Внешний вид	Однородная жидкость темно-коричневого цвета. Допускается осадок		Порошок от светло - до темно-коричневого цвета. Допускаются включения		соответствует
2	Плотность при 20°C, не менее, г/см ³	1,14		—		1,157
3	Насыпная плотность в абсолютно сухом виде, не менее, кг/м ³	—		300		—

Окончание таблицы 2.4

1	2	3		4		5
4	Массовая доля воды, не более %	70		10		65,5
5	Активность водородных ионов (рН) 2,5 % водного раствора	8,0 – 3,0		8,0 – 3,0		6,5
6	Массовая доля ионов хлора в сухом веществе, не более, %	0,1		0,1		соответствует
7	Содержание воздуха в бетонной смеси по объёму, не более, %	—	3	—	3	соответствует
8	Марка по удобоукладываемости	От П1 (ОК = 2 – 4 см) до П5		От П1 (ОК = 2 – 4 см) до П5		соответствует

Суперпласт Стандарт – высокоэффективная комплексная добавка суперпластифицирующего действия для высокоподвижных и литых бетонных смесей.

Комплексная добавка «Суперпласт Стандарт» представляет собой сбалансированную композицию полиметиленафталинсульфонатов различной молекулярной массы в комплексе с поверхностно-активными веществами природного происхождения и органического соединения.

Таблица 2.5 – Физико-химические показатели добавки «Суперпласт Стандарт»

№ п/п	Наименование показателей	Значения показателей				Установлено испытанием
		В форме водного раствора		В форме порошка		
		с ненорм-м воздухововлечением	с пониж-м воздухововлечением	с ненорм-м воздухововлечением	с пониж-м воздухововлечением	
1	Внешний вид	Однородная жидкость темно-коричневого цвета. Допускается осадок		Порошок от светло - до темно-коричневого цвета. Допускаются включения		соответствует
2	Плотность при 20°С, не менее, г/см ³	1,15		—		—
3	Насыпная плотность в абсолютно сухом виде, не менее, кг/м ³	—		400		600
4	Массовая доля воды, не более %	70		10		3,5
5	Активность водородных ионов (рН) 2,5 % водного раствора	8,0 – 3,0		8,0 – 3,0		6,3
6	Массовая доля ионов хлора в сухом веществе, не более, %	0,1		0,1		соответствует
7	Содержание воздуха в бетонной смеси по объёму, не более, %	—	3	—	3	соответствует
8	Марка по удобоукладываемости	От П1 (ОК = 2 – 4 см) до П5		От П1 (ОК = 2 – 4 см) до П5		соответствует

Вода

Воду для приготовления мелкозернистого раствора брали из колодца.

Таблица 2.6 – Гидрохимические показатели воды

Наименование показателей	Единицы измерения	Результаты испытаний	Погрешность измерений	Нормы по НД	НД на методы испытаний
Гидрохимия:					
рН	ед.рН	6,84	± 0,2	6,5 – 8,5	ПНД Ф 14.1:2:3:4.121–97
Жесткость, не более	ммоль/дм ³	2,1		1,5 – 7	ГОСТ Р 52407–2005
Анионы:					
Хлорид-ион, не более	мг/дм ³	44,5	± 4,5	350,0	ПНД Ф 14.1:2:4.155–99
Сульфат-ион, не более	мг/дм ³	65,7	± 6,6	500	ПНД Ф 14.1:2:4.155–99
Нитрат-ион, не более	мг/дм ³	64,2	± 6,4	45	ПНД Ф 14.1:2:4.155–99
Нитрит-ион, не более	мг/дм ³	менее 0,2		3,0	ПНД Ф 14.1:2:4.155–99
Фторид-ион, не более	мг/дм ³	0,17	± 0,03	1,2	ПНД Ф 14.1:2:4.155–99
Катионы:					
Аммоний, не более	мг/дм ³	0,29	± 0,06	2	ПНД Ф 14.1:2:4.167–2000
Калий, не более	мг/дм ³	2,52	± 0,35	—	ПНД Ф 14.1:2:4.167–2000
Натрий, не более	мг/дм ³	24,4	± 2,4	200	ПНД Ф 14.1:2:4.167–2000
Магний, не более	мг/дм ³	6,65	± 0,93	—	ПНД Ф 14.1:2:4.167–2000
Стронций, не более	мг/дм ³	менее 0,25		7	ПНД Ф 14.1:2:4.167–2000
Барий, не более	мг/дм ³	0,34	± 0,07	0,1	ПНД Ф 14.1:2:4.167–2000
Кальций, не более	мг/дм ³	46,9	± 4,7	—	ПНД Ф 14.1:2:4.167–2000

Питательные среды для выявления микроорганизмов

Для выявления микроорганизмов использовались:

Питательная среда «Питательный агар сухой» предназначена для культивирования широкого спектра микроорганизмов, выделенных из неорганических материалов.

Способ приготовления: 50 г сухого порошка растворяют в 1000 см³ дистиллированной воды, нагревают до полного расплавления агара, при наличии осадка фильтруют через ватно-марлевый фильтр, устанавливают рН (7,3 ± 0,1); разливают в пробирки, флаконы или другие емкости, стерилизуют автоклавированием 20 мин при 121 °С. Готовая среда прозрачная, светло-соломенного цвета.

Таблица 2.6 – Результаты испытаний питательного агара сухого

Показатели	Характеристика
1	2
Внешний вид	Мелкодисперсный гигроскопический порошок серовато-бежевого цвета, равномерного по всей массе

Окончание таблицы 2.6

1	2
Прочность агарового геля, г/см ² (не менее 350)	360
Растворимость	Растворяется при кипячении в течение 3 мин
РН (6,8 – 7,4)	7,0
Массовая доля влаги, % (не более 7,0)	4,0
Массовая доля аминного азота, % (не менее 1,8)	2,6
Тест-штаммы	Характеристика роста через 18 – 24 ч инкубации при температуре (37,0 ± 0,5) °С
Shigella sonnei и S.flexneri посев из 10 ⁻⁵ – 10 ⁻⁶ разведений микробной взвеси, соответствующей 10 ед. опт. Стандарта мутности (ОСО 42 – 28 – 85 П) Salmonella enteritidis из разведений 10 ⁻⁵ – 10 ⁻⁶ Escherichia coli из разведений 10 ⁻⁵ – 10 ⁻⁶	Образование бесцветных прозрачных круглых колоний
Pseudomonas aeruginosa при посеве 0,1 мл микробной взвеси, соответствующей 10 единицам оптического стандарта мутности (ОСО 42–28–85 П)	Образование колоний с сине-зеленым пигментом
Micrococcus luteus из разведения 10 ⁻⁴ микробной взвеси, соответствующей 10 единицам оптического стандарта мутности	Образование колоний ярко-жёлтого цвета

Сухая питательная среда Чапека используется для выявления грибов.

Способ приготовления: 50 г порошка растворить в 1000 см³ дистиллированной воды, нагреть до полного расплавления агара, при наличии осадка профильтровать, разлить в пробирки или колбы и простерилизовать 20 мин при 112 °С. Готовая среда должна быть прозрачной, бесцветной.

Таблица 2.7 – Результаты испытаний сухой питательной среды Чапека

Показатели	Характеристика
Внешний вид	Мелкодисперсный гигроскопический порошок белого цвета
Прочность агарового геля, г/см ² (не менее 350)	370
Растворимость	Растворяется при кипячении в течение 3 мин
РН (5,0 – 5,4)	5,4
Массовая доля влаги, % (не более 7,0)	4,7
Массовая доля сахаров, % (60 – 65)	62,0

Инструменты для приготовления мелкозернистого раствора:

Бетоносмеситель – КРАТОН СМ-120Н: номинальная мощность – 450 Вт, частота вращения барабана – 29 об/мин, объём барабана – 120 л, вместимость барабана по загрузке – 85 л, время приготовления 1 порции смеси – 3 – 6 мин;

Мерные стеклянные колбы: 1000 мл, 500 мл, 100 мл;

Электронные весы;

Ведро – 3 шт.;

Лопата совковая;

Совок;

Шпатели – 2 шт.;

Металлический ковш.

Приборы и инструменты для выявления микроорганизмов:

Чашки Петри, пробирки, бактерицидные петли, предметные стекла, покровные стекла.



Рис. 2.1 – Микроскоп для исследования мазков после окраски по Грамму

					Лист 68
Изм.	Лист	№ доквм.	Подпись	Да-	

БР-02069964-08.03.01-36-18

Микроскоп – это прибор, предназначенный для получения увеличенных изображений, а также измерения объектов или деталей структуры, невидимых или плохо видимых невооруженным глазом. Совокупность технологий и методов использования микроскопа называют микроскопией.



Рис. 2.2 – Ламинарный бокс

Ламинарный бокс предназначен для работы с биологическими объектами в стерильных условиях. Прибор представляет собой шкаф, оборудованный осветителями, ультрафиолетовыми лампами и системой подачи стерильного воздуха. Стерильный воздух подаётся в бокс ламинарным потоком (равномерное движение воздуха без завихрений).



Рис. 2.3 – Термостат

Термостат позволяет создать среду с определёнными параметрами, необходимыми для того или иного исследования. Прибор предназначен для поддержания заданной температуры и равномерного распределения ее по всей площади камеры устройства.

2.3 Методы исследований

2.3.1 Физико-механические методы исследований.

- *Методы определения консистенции бетонной смеси по осадке конуса и плотности бетонной смеси.* Исследования проводились в соответствии с ГОСТ 10181–2000.

- *Метод определения плотности бетона.* Исследования проводились в соответствии с ГОСТ 12730.1–78.

					БР-02069964-08.03.01-36-18	Лист
Изм.	Лист	№ докum.	Подпись	Да-		70

- *Методы определения прочности бетона по контрольным образцам.* Исследования проводились в соответствии с ГОСТ 10180–2012.

- *Метод определения модуля упругости бетона.* Исследования проводились в соответствии с ГОСТ 24452–80.

- *Метод определения прочности механическими методами неразрушающего контроля.* Исследования проводились с использованием прибора «Склерометр электронный ОНИКС-2.5» в соответствии с ГОСТ 22690–88.

- *Метод определения скорости прохождения ультразвука в бетоне.* Исследования проводились с использованием прибора «Пульсар-2.1» в соответствии с ГОСТ 17624–87.

2.3.2 Климатические методы исследований.

Исследования климатической стойкости разработанных составов мелкозернистых бетонов в условиях:

1. *В грунте.* Образцы были помещены в траншею на глубину 50 см и площадью – 18200 см², испытываются в открытом состоянии. В траншее находятся 117 образцов, по 9 образцов каждого состава (13 составов).

2. *Под открытым небом.* Образцы были помещены на площадку под открытым небом на высоту 150 см от уровня земли. На площадке находятся 117 образцов, по 9 образцов каждого состава (13 составов).

3. *Под навесом.* Образцы были помещены в неотапливаемое деревянное помещение. Под навесом находятся 117 образцов, по 9 образцов каждого состава (13 составов).

2.3.3 Микробиологические методы исследования

Метод изъятия проб. Образцы с размерами 10×10×10 см изымались с места экспонирования с соблюдением стерильности выполнения работ и доставлялись в лабораторию.

					БР–02069964–08.03.01–36–18	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ доквм.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Да-</i>		71

В лаборатории были взяты смывы с предоставленных образцов. Для получения смывов пользовались стерильными ватными тампонами, которые были подготовлены заранее по следующему способу: на конец металлической проволоки, предварительно пропущенной через ватно-марлевую пробку, плотно навёртывают кусочек ваты. В таком виде полученные тампоны стерилизуют. В день взятия смыва в каждую пробирку с тампоном наливают по 2 мл стерильного 0,9 % физиологического раствора так, чтобы ватный тампон находился над уровнем жидкости. Непосредственно перед взятием смыва пробирки наклоняют, увлажняя находящийся в нем тампон, которым протирают по всей поверхности исследуемого образца. По окончании процедуры протирания тампоны помещают в ту же пробирку, в которой они находились до употребления.

Метод бактериологического исследования смывов с поверхности образцов 10×10×10 см. Данный метод даёт объективную оценку микробиологической обсеменённости контролируемых объектов. Со смывов исследуемых образцов проводился посев в чашках Петри с питательной средой МПА, которые инкубировались в термостате при температуре 37°С в течение 48 ч. С выросших колоний на МПА проводили окраску микроорганизмов по Грамму, которая включает в себя следующее:

1. Фиксированный на огне мазок окрашивают генциан-, метил- или кристалвиолетом 2 мин (положив на мазок бумажку, пропитанную краской).
2. Бумажку снимают, препарат промывают водой.
3. Наливают раствор Люголя на 2 мин. Мазок приобретает серо-бурую окраску.
4. Сливают раствор Люголя.
5. Для обесцвечивания наносят несколько капель йодного спирта на 2 мин; следят, чтобы он равномерно распределился по поверхности всего мазка.
6. Препарат промывают водой.
7. Докрашивают фуксином Пфейффера 2 мин.
8. промывают водой, высушивают, микроскопируют.

					БР-02069964-08.03.01-36-18	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ доквм.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Да-</i>		72

Приготовленные мазки просматривались под микроскопом в с использованием иммерсионного масла.

Результат окраски: грамположительные бактерии окрашиваются основной краской в темно-фиолетовый цвет, грамотрицательные в ярко-малиновый.

Седиментационный метод (чашечный метод, метод Коха). Он основан на оседании микроорганизмов под влиянием силы тяжести на поверхности агаризованной среды в открытой чашке Петри. Для исследования бактериологической обсеменённости воздуха использовались две питательные среды: МПА и среда Чапека. Чашки Петри с питательными средами ставили на горизонтальную поверхность образцов (траншея, навес, открытая площадка) и открывали их на 10 мин. Чашки Петри с МПА помещались с крышками в термостат с температурой 37 °С в течение 48 ч, а с питательной средой Чапека находились в термостате при температуре 25 °С и инкубировались 8 дней. Окраска бактерий на МПА проводилась по Грамму. Для исследования видовой принадлежности грибов на среде Чапека использовался «Фиксатор грибов». Мицелий гриба фиксировался на предметном стекле покрытым покровным стеклом для дальнейшего изучения под микроскопом.

Бактериологический метод исследования воды из траншеи. В стерильную пробирку объёмом 10 мл брали пробу воды, которая доставлялась в лабораторию для бактериологического исследования. Посев испытуемой пробы воды проводился на МПА, в дальнейшем инкубировалась в термостате при температуре 37°С на протяжении 48 ч, с последующей окраской по Грамму.

Бактериологический метод исследования почвы в траншее. Данный метод состоит в том, чтобы из глубины почвы (1 – 2 см) взять пробу стерильной металлической ложкой и поместить её в колбу, для дальнейшей отправки в лабораторию. Данная проба земли была посеяна на МПА и помещена в термостат при температуре 37 °С на 48 ч.

					БР-02069964-08.03.01-36-18	Лист
Изм.	Лист	№ доквм.	Подпись	Да-		73

2.4 Выводы

1. Сформулированы цель и задачи исследований.
2. Приведен перечень материалов и оборудования, необходимых для получения и определения свойств мелкозернистых бетонов с использованием пластификатора – «Эдванс Ультра», комплексных добавок: «Суперпласт Прима», «Суперпласт Стандарт».
3. Приведен перечень современных физико-механических и микробиологических методов исследования строительных материалов, использованных при изучении их структуры и свойств.

					БР-02069964-08.03.01-36-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Да-		74

3 Оптимизация составов мелкозернистых бетонов по физико-механическим свойствам

Мелкозернистый бетон – это бетон, получаемый из смеси мелкого заполнителя (песка), вяжущего материала (цемента) и воды. Применяется главным образом для изготовления тонкостенных, а также обычных железобетонных конструкций и изделий. Мелкозернистая структура обуславливает повышенную прочность мелкозернистого бетона при растяжении, благодаря чему его используют в дорожном и аэродромном строительстве. Отсутствие в мелкозернистом бетоне крупного заполнителя (щебня, гравия) существенно облегчает приготовление, транспортирование и укладку бетонной смеси (особенно при использовании бетононасосов) [9].

Отрицательное свойство мелкозернистого бетона – повышенный расход вяжущего материала и связанное с этим увеличение усадки и ползучести. Уменьшение количества вяжущего материала в составе бетона достигается размолотом части песка, применением пластифицирующих добавок, автоклавной обработкой изделий и другими способами.

3.1 Требования к материалам

Вода для приготовления бетона должна соответствовать ГОСТ 23732–79 «Вода для бетонов и растворов. Технические условия». Водородный показатель (рН) не должен быть менее 4 и более 12,5. Не допускаются примеси жиров, масел; содержание органических ПАВ, сахаров, фенолов не должно превышать 10 мг/л. Ограничивается также количество в воде растворимых солей, ионов SO_4^{2-} , взвешенных частиц.

Цемент, применяемый для изготовления бетона, должен соответствовать требованиям ГОСТ 30515–97 «Цементы. Общие технические условия». Методы испытаний цемента согласно ГОСТ 310.1 – 310.6 «Цементы. Методы испытаний». Вид цемента выбирается с учетом назначения конструкций, условий их эксплуа-

					БР–02069964–08.03.01–36–18	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Да-</i>		75

тации и класса (марки) бетона. Активность цемента должна быть в 1,5 – 2,5 раза выше проектируемой марки (класса) бетона.

Мелкий заполнитель – песок должен соответствовать требованиям ГОСТ 8736–93 «Песок для строительных работ. Технические условия». ГОСТ 8735–88 «Песок для строительных работ. Методы испытаний» устанавливает методы определения физико-механических свойств мелкого заполнителя, необходимых для подбора состава цементобетона.

Добавки, применяемые для приготовления мелкозернистого бетона должны соответствовать требованиям ГОСТ 30459–96 «Добавки для бетонов. Методы определения эффективности». Настоящий стандарт распространяется на добавки на основе неорганических и органических веществ, для тяжелых и легких бетонов и устанавливает методы определения эффективности добавок по критериям эффективности в соответствии с ГОСТ 24211–2008.

3.2 Методика получения мелкозернистых бетонов

Соотношение цемента и песка – 1:3.

Ход работы:

1. Предварительно были подготовлены формы с ячейками 100 x 100 x 100 мм;
2. Установили бетономешалку на ровную горизонтальную поверхность, для равномерного замешивания раствора;
3. Предварительно взвесили с помощью электронных весов 10 кг цемента и 30 кг мелкозернистого песка;
4. Лопасты и стенки бетоносмесителя смазали машинным маслом, во избежание прилипания смеси;
5. Подключили бетономешалку к электрической сети;
6. В бетоносмеситель с помощью мерной колбы объемом 1 л налили 4 л воды;

					БР–02069964–08.03.01–36–18	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ доквм.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Да-</i>		76

7. С помощью мерной колбы отмерили необходимое количество пластификатора – «Эдванс Ультра» (комплексные добавки: «Суперпласт Прима», «Суперпласт Стандарт»), затем добавили в него (неё) 400 мл воды, а затем размешали;
8. В бетономешалку с водой добавили полученный раствор;
9. Добавили 10 кг цемента, а затем 30 кг мелкозернистого песка;
10. При помощи мерной колбы добавляли воду в раствор до получения нормальной густоты, подвижность бетонной смеси определяли по осадке конуса при помощи пластмассовой трубы диаметром 100 мм;
11. Приготовление раствора в бетономешалке заняло 5 мин;
12. Ячейки форм были смазаны машинным маслом, во избежание прилипания образцов к стенкам ячеек;
12. Заполнение бетонной смесью ячеек в формах и простукивание его шпателем, для равномерного распределения раствора в ячейках;
13. Неровности бетонной смеси сглаживали шпателем;
14. Промыли барабан бетоносмесителя водой после окончания работы;
15. Залитые образцы были покрыты влажной тканью, для уменьшения испарения влаги из них.

3.3 Исследование физико-механических свойств мелкозернистых бетонов

В данном разделе представлены результаты физико-механических испытаний мелкозернистых бетонов, полученных с использованием мелкого песка месторождения Дубенского района Республики Мордовия карьера с. Морга, портландцемента ЦЕМ I 42,5Б, производства ООО «Сенгилеевский цементный завод» (Ульяновская область, Сенгилеевский р-н, р.п. Цемзавод), пластификатора – «Эдванс Ультра» и комплексных добавок: «Суперпласт Прима», «Суперпласт Стандарт». Характеристики материалов приведены выше. Далее представлена таблица составов изготовленных мелкозернистых бетонов.

					БР-02069964-08.03.01-36-18	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ доквм.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Да-</i>		77

Таблица 3.1 – Составы бетонов, испытанных в работе

№ со-става	Пластификатор (комплексная добавка)	Количество пластификатора (комплексной добавки), %	Количество цемента %	Количество песка, %	Количество воды, %
1	Эдванс Ультра	0,120	21,094	63,282	15,504
2	Эдванс Ультра	0,603	21,094	63,282	15,021
3	Эдванс Ультра	1,086	21,094	63,282	14,538
4	Эдванс Ультра	1,569	21,094	63,282	14,055
5	Суперпласт Прима	0,187	21,237	63,710	14,866
6	Суперпласт Прима	0,280	21,236	63,709	14,774
7	Суперпласт Прима	0,374	21,236	63,708	14,686
8	Суперпласт Прима	0,467	21,236	63,709	14,587
9	Суперпласт Стандарт	0,208	21,278	63,834	14,681
10	Суперпласт Стандарт	0,346	21,278	63,834	14,543
11	Суперпласт Стандарт	0,486	21,307	63,921	14,284
12	Суперпласт Стандарт	0,623	21,248	63,744	14,385
13	Контрольный	—	20,833	62,499	16,666

Характеристикой бетонной смеси, влияющей на качество и прочность затвердевшего бетона, является плотность. В зависимости от состава смеси плотность бетона меняется. Плотность бетонной смеси определяет вес и прочность бетонного изделия. Результаты исследования изменения средней плотности от количества пластификатора (комплексной добавки), в возрасте 28 с (с момента изготовления) представлены на следующих диаграммах (графиках).

Как видно из рисунка 3.1, при увеличении количества пластификатора с 0,057 л до 0,744 л (в расчете на 10 кг портландцемента) плотность бетонов изменяется от 1865,069 кг/м³ до 1948,244 кг/м³. Данное изменение зависит: от увеличения количества «Эдванс Ультра», уменьшения количества воды, а также от

наличия пор в бетоне. Наибольшая плотность бетонной смеси у состава с количеством пластификатора, равного 0,515л (1948,441 кг/м³), а наименьшая у состава без пластификатора, равного 1837,840 кг/м³. Данную диаграмму можно представить уравнением линии тренда: $y = -0,065x^3 + 0,8319x^2 + 9,2939x + 1834,1$; величина достоверности аппроксимации: $R^2 = 0,982$.

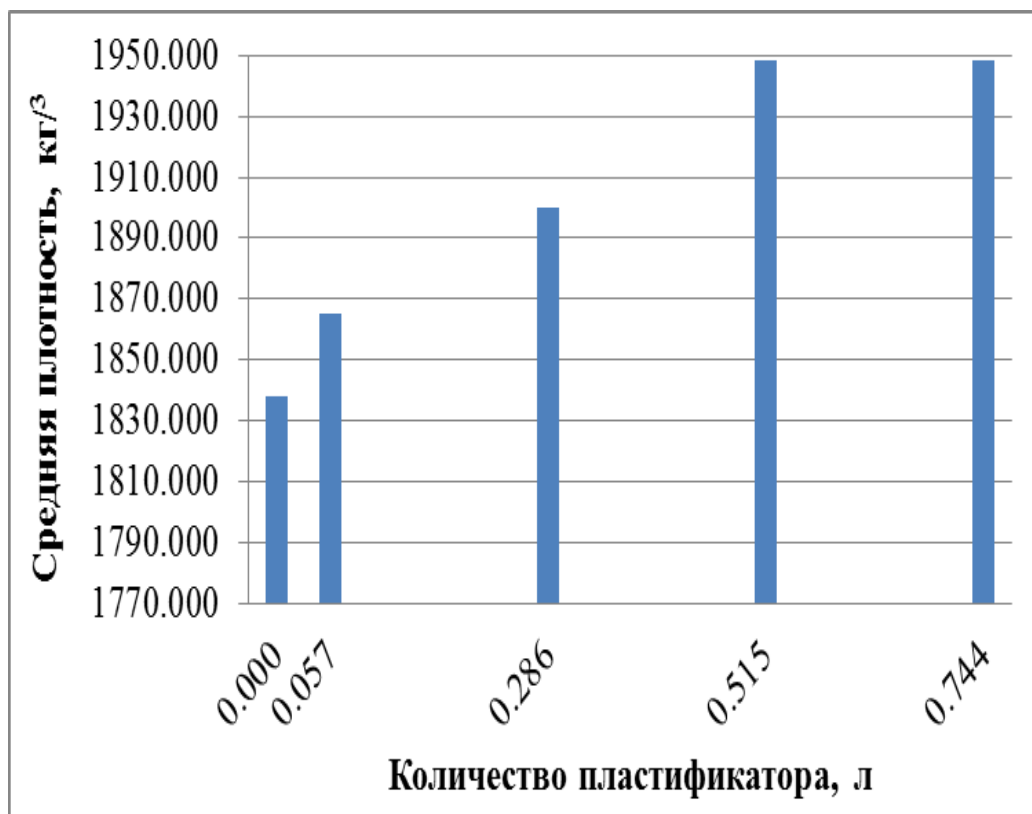


Рисунок 3.1 – Зависимость изменения средней плотности бетона от количества пластификатора – «Эдванс Ультра»

Как видно из рисунка 3.2, при увеличении количества добавки с 0,088 л до 0,220 л (в расчете на 10 кг портландцемента) плотность бетонов изменяется от 1856,061 кг/м³ до 1920,897 кг/м³. Данное изменение зависит: от увеличения количества «Суперпласт Прима», уменьшения количества воды, а также от наличия пор в бетоне. Наибольшая плотность бетонной смеси у состава с количеством добавки, равной 0,176 л (1926,780 кг/м³), а наименьшая у состава без комплексной добавки, где $\rho = 1837,840$ кг/м³. Данную диаграмму можно представить уравнени-

ем линии тренда: $y = -0,5094x^3 + 9,2798x^2 - 35,303x + 1864,4$; величина достоверности аппроксимации: $R^2 = 1$.

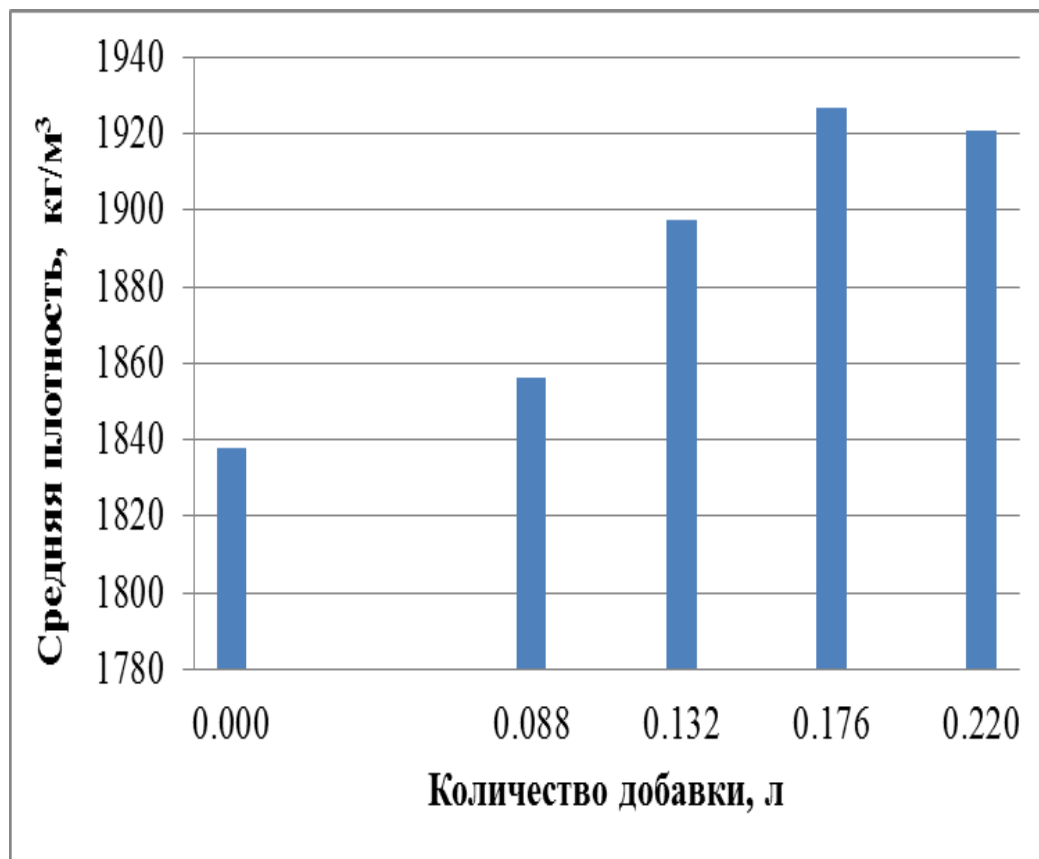


Рисунок 3.2 – Зависимость изменения средней плотности бетона от количества комплексной добавки – «Суперпласт Прима»

На рисунке 3.3, при увеличении количества «Суперпласт Стандарт» с 0,098 л до 0,293 л (в расчете на 10 кг портландцемента) плотность бетонов изменяется от 1851,252 кг/м³ до 1900,000 кг/м³. Данное изменение зависит: от увеличения количества добавки, уменьшения количества воды, а также от наличия пор в бетоне. Наибольшая плотность бетонной смеси у состава с количеством добавки, равной 0,228 л (1900,291 кг/м³), а наименьшая у состава без добавки, где $\rho = 1837,840$ кг/м³. Данную диаграмму можно представить уравнением линии тренда: $y = -0,3742x^3 + 5,8951x^2 - 16,443x + 1848,5$; величина достоверности аппроксимации: $R^2 = 0,9939$.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Да-
------	------	----------	---------	-----

БР-02069964-08.03.01-36-18

Лист

80

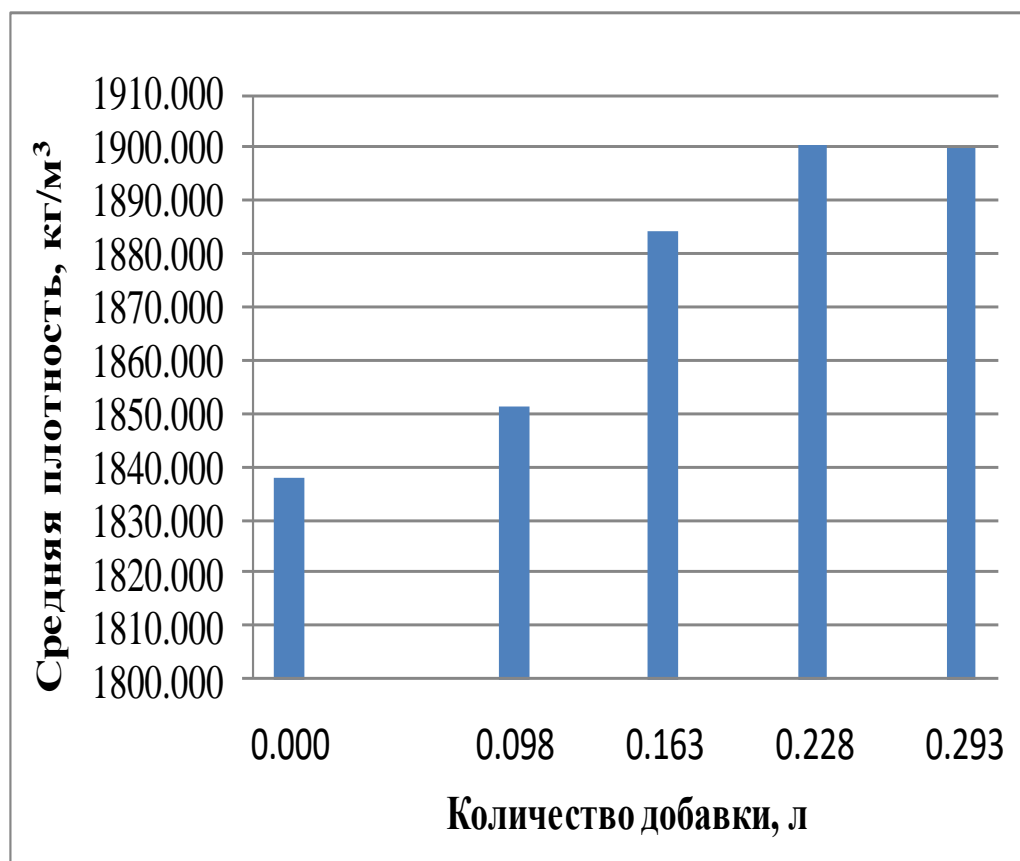


Рисунок 3.3 – Зависимость изменения средней плотности бетона от количества комплексной добавки – «Суперпласт Прима»

Далее представлены графики, отражающие зависимости изменения относительного модуля упругости бетонов от количества пластификатора (комплексной добавкой).

На рисунке 3.4, наибольший относительный модуль упругости мелкозернистых бетонов в образцах с количеством пластификатора, равного 0,515 л, где $\epsilon = 1,68$ МПа. При увеличении количества «Эдванс Ультра» с 0,057 л до 0,744 л (в расчете на 10 кг портландцемента цемента), относительный модуль упругости изменяется от 1,09 МПа до 1,58 МПа. У образцов без пластификатора относительный модуль упругости – 1 МПа. Данный график можно представить уравнением линии тренда: $y = -0,0005x^3 + 0,0038x^2 + 0,0852x + 0,9101$; величина достоверности аппроксимации: $R^2 = 1$.

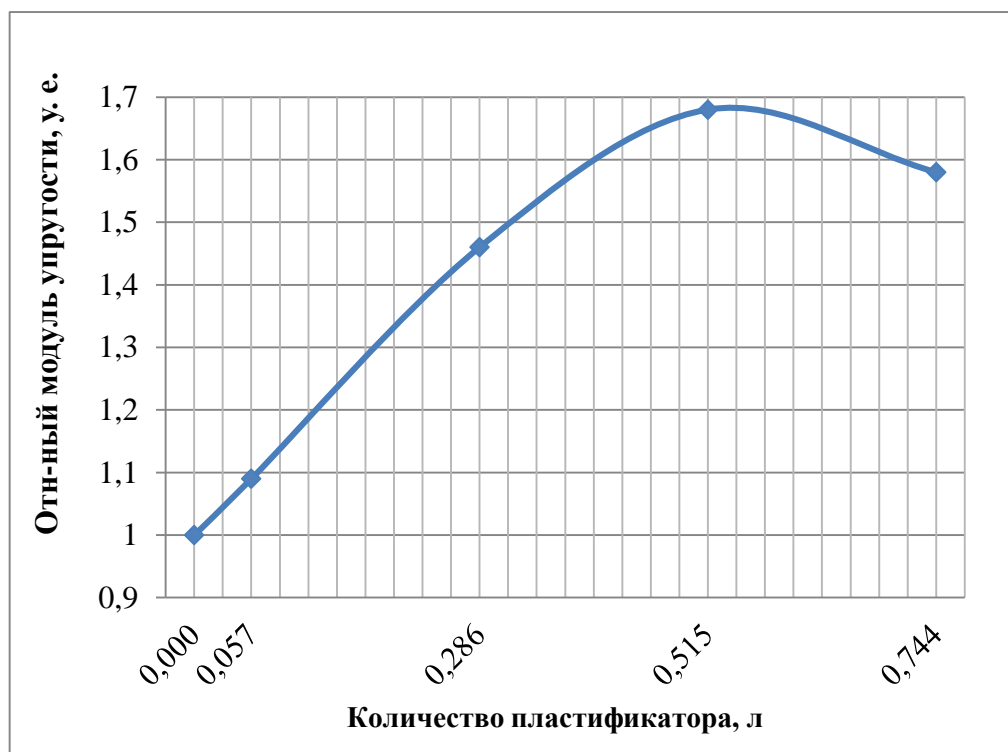


Рисунок 3.4 – Зависимость изменения относительного модуля упругости бетонов от количества пластификатора – «Эдванс Ультра»

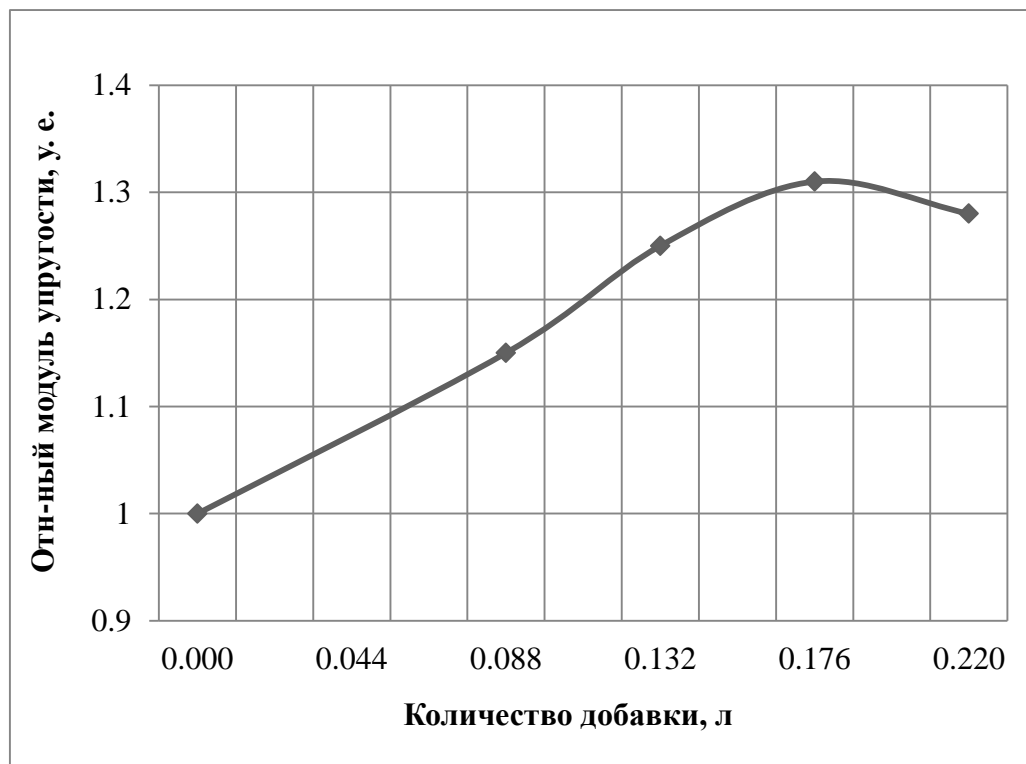


Рисунок 3.5 – Зависимость изменения относительного модуля упругости бетонов от количества комплексной добавки – «Суперпласт Прима»

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Да-
------	------	----------	---------	-----

БР-02069964-08.03.01-36-18

На рисунка 3.5, наибольший относительный модуль упругости мелкозернистых бетонов в образцах с количеством комплексной добавки, равной 0,176 л, где $\varepsilon = 1,31$. При увеличении количества «Эдванс Ультра» с 0,088 л до 0,220 л (в расчете на 10 кг портландцемента цемента), относительный модуль упругости изменяется от 1,15 МПа до 1,28 МПа. У образцов без добавки относительный модуль упругости – 1 МПа. Данный график можно представить уравнением линии тренда: $y = -0,0009x^3 + 0,0144x^2 - 0,0201x + 1,0066$; величина достоверности аппроксимации: $R^2 = 1$.

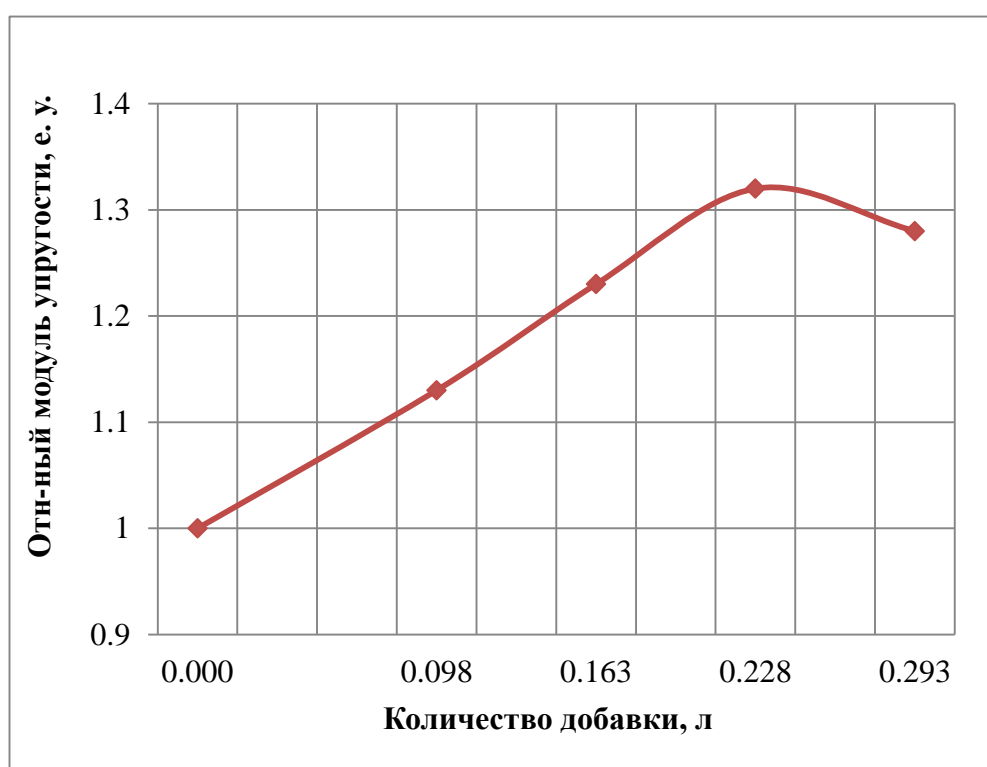


Рисунок 3.6 – Зависимость изменения относительного модуля упругости бетонов от количества комплексной добавки – «Суперпласт Стандарт»

Как видно из рисунка 3.6, наибольший относительный модуль упругости мелкозернистых бетонов в образцах с количеством комплексной добавки, равной 0,228 л, где $\varepsilon = 1,32$. При увеличении количества «Эдванс Ультра» с 0,098 л до 0,293 л (в расчете на 10 кг портландцемента цемента), относительный модуль упругости изменяется от 1,13 МПа до 1,28 МПа. У образцов без добавки относи-

тельный модуль упругости – 1 МПа. Данный график можно представить уравнением линии тренда: $y = -0,0013x^3 + 0,0171x^2 - 0,0182x + 1,0032$; величина достоверности аппроксимации: $R^2 = 0,9971$.

Далее представлены результаты испытаний мелкозернистых бетонов при определении средней поверхностной прочности электронным склерометром ОНИКС-2,5 и средней кубиковой прочности при сжатии.



Рисунок 3.7 – Зависимость изменения средней поверхностной прочности и средней кубиковой прочности бетонов при сжатии от количества пластификатора «Эдванс Ультра»

На рисунке 3.7 видно, что с увеличением количества пластификатора 0,057 л до 0,744 л (в расчете на 10 кг портландцемента цемента) поверхностная прочность изменяется от 13,101 МПа до 22,470 МПа. Наибольшая поверхностная прочность – $R_{пов.} = 22,599$ МПа, при количестве «Эдванс Ультра» – 0,515 л, а наименьшая у образцов без пластификатора – 12,931 МПа. Кубиковая прочность при сжатии изменяется от 11,970 до 21,565 МПа. Наибольшая прочность при сжатии –

$R_{сж.} = 21,693$ МПа, при количестве «Эдванс Ультра» – 0,515 л, а наименьшая у образцов без пластификатора – 11,205 МПа. Данные уравнения можно представить уравнениями линий тренда: для поверхностной прочности – $y = -0,0123x^3 + 0,2147x^2 + 0,1236x + 12,402$, а величина достоверности аппроксимации: $R^2 = 1$; для кубиковой прочности при сжатии – $y = -0,0123x^3 + 0,2162x^2 + 0,1503x + 10,872$, а величина достоверности аппроксимации: $R^2 = 1$.

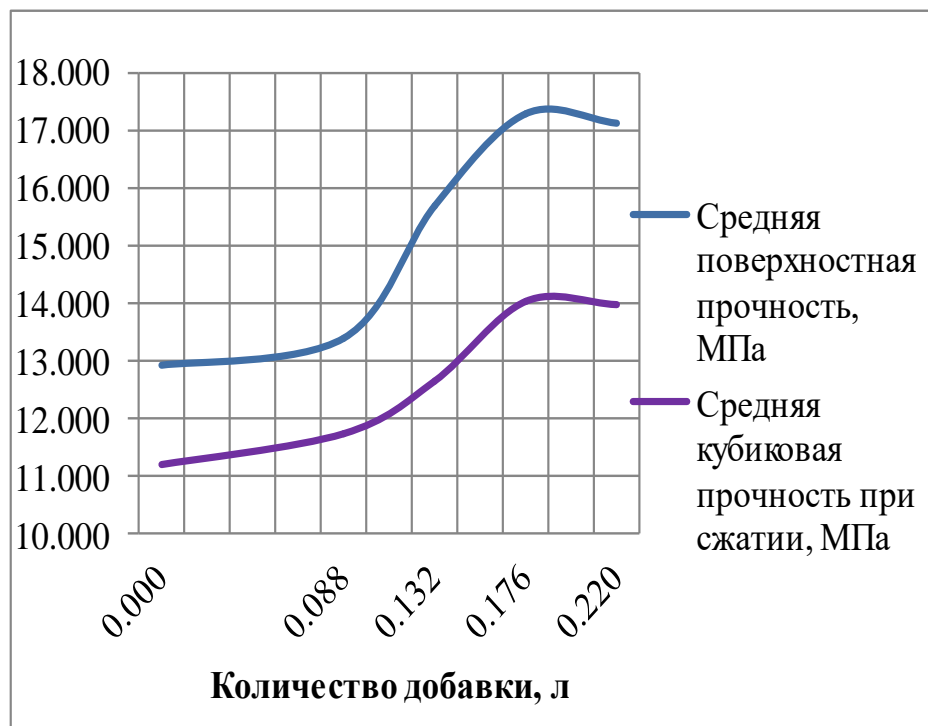


Рисунок 3.8 – Зависимость изменения средней поверхностной прочности и средней кубиковой прочности бетонов при сжатии от количества комплексной добавки «Суперпласт Прима»

Из рисунка 3.8 видно, что с увеличением количества пластификатора 0,088 л до 0,220 л (в расчете на 10 кг портландцемента цемента) поверхностная прочность изменяется от 13,400 МПа до 17,136 МПа. Наибольшая поверхностная прочность – $R_{пов.} = 17,300$, при количестве «Суперпласт Прима» – 0,176 л, а наименьшая у образцов без комплексной добавки – 12,931 МПа. Кубиковая прочность при сжатии изменяется от 11,741 до 13,984 МПа. Наибольшая прочность при сжатии – $R_{сж.} = 14,040$ МПа, при количестве «Суперпласт Прима» – 0,176 л, а наименьшая у

образцов без пластификатора – 11,205 МПа. Данные уравнения можно представить уравнениями линий тренда: для поверхностной прочности – $y = -0,0288x^3 + 0,5382x^2 - 2,2129x + 14,632$, а величина достоверности аппроксимации: $R^2 = 1$; для кубиковой прочности при сжатии – $y = -0,0139x^3 + 0,2653x^2 - 1,0559x + 12,02$, а величина достоверности аппроксимации: $R^2 = 0,9877$.



Рисунок 3.9 – Зависимость изменения средней поверхностной прочности и средней кубиковой прочности бетонов при сжатии от количества комплексной добавки «Суперпласт Стандарт»

На рисунке 3.8 видно, что с увеличением количества пластификатора 0,098 л до 0,293 л (в расчете на 10 кг портландцемента цемента) поверхностная прочность изменяется от 14,000 МПа до 16,101 МПа. Наибольшая поверхностная прочность – $R_{пов.} = 17,860$, при количестве «Суперпласт Стандарт» – 0,228 л, а наименьшая у образцов без комплексной добавки – 12,931 МПа. Кубиковая прочность при сжатии изменяется от 12,280 до 13,828 МПа. Наибольшая прочность при сжатии – $R_{сж.} = 14,196$ МПа, при количестве «Суперпласт Стандарт» – 0,228 л, а наименьшая

у образцов без пластификатора – 11,205 МПа. Данные уравнения можно представить уравнениями линий тренда: для поверхностной прочности – $y = -0,0238x^3 + 0,3691x^2 - 1,0628x + 13,678$, а величина достоверности аппроксимации: $R^2 = 0,978$; для кубиковой прочности при сжатии – $y = -0,0139x^3 + 0,1992x^2 - 0,3582x + 11,383$, а величина достоверности аппроксимации: $R^2 = 0,999$.

В таблице 3.2 представлены классы и марки бетонов при сжатии.

Таблица 3.2 – Классы и марки образцов при сжатии

№ состава	Класс бетона по прочности (В) по СНиП (МПа)	Средняя прочность бетона данного класса R, МПа	Ближайшая марка бетона по прочности М (кгс/см ²)
1	В 7,5	11,372	М100
2	В 12,5	16,034	М150
3	В15	20,608	М200
4	В15	20,487	М200
5	В 7,5	11,154	М100
6	В10	12,023	М150
7	В10	13,338	М150
8	В10	13,285	М150
9	В 7,5	11,666	М100
10	В10	12,682	М150
11	В10	13,486	М150
12	В10	13,131	М150
13	В 7,5	10,645	М100

Выявлены классы и марки образцов по прочности при сжатии: пластификатор – «Эдванс Ультра» от В 7,5 до В15 (М100 – М200); комплексные добавки: «Суперпласт Прима» от В 7,5 до В10 (М100 – М150); «Суперпласт Стандарт» от В 7,5 до В10 (М100 – М150).

3.4 Выводы по главе 3

1. Разработаны составы мелкозернистых бетонов с использованием пластификатора – «Эдванс Ультра» и комплексных добавок: «Суперпласт Прима», «Суперпласт Стандарт» на мелком заполнителе из Моргинского песчаного карьера;

2. Получены результаты исследования физико-механических свойств разработанных составов. Средняя плотность образцов, по сравнению с контрольным

составов, увеличилась с пластификатором «Эдванс Ультра» на 6,02 %, с комплексными добавками: «Суперпласт Прима» на 4,84 %, «Суперпласт Стандарт» на 3,40 %. Относительный модуль упругости увеличился с пластификатором «Эдванс Ультра» на 68 %, с комплексными добавками: «Суперпласт Прима» на 31 %, «Суперпласт Стандарт» на 32 %, по сравнению с бездобавочным. Поверхностная прочность увеличилась с пластификатором «Эдванс Ультра» на 75,54 %, с комплексными добавками: «Суперпласт Прима» на 33,79 %, «Суперпласт Стандарт» на 30,38 %; кубиковая прочность увеличилась с пластификатором «Эдванс Ультра» на 90,60 %, с комплексными добавками: «Суперпласт Прима» на 25,30 %, «Суперпласт Стандарт» на 26,69 %, по сравнению с бездобавочным составом.

3. Получены классы и марки мелкозернистых бетонов по прочности: «Эдванс Ультра» от В 7,5 – В15 (М100 – М200); «Суперпласт Прима» от В 7,5 – В10 (М100 – М150); «Суперпласт Стандарт» от В 7,5 – В10 (М100 – М150).

					БР-02069964-08.03.01-36-18	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Да-</i>		88

4. Биологическая стойкость мелкозернистых бетонов в разных средах

4.1 Влияние микроорганизмов на строительные материалы

Бетон и железобетон в современном строительстве являются одним из наиболее часто применяемых строительных материалов. Широкое их использование объясняется объективными факторами, главными из которых являются: уникальность физико-механических свойств, практически неисчерпаемые запасы природного сырья для их производства и потенциальная возможность замены его техногенными отходами различных отраслей промышленности, сравнительно низкая энергоёмкость исходных материалов и технологических процессов, высокие эколого-экономические показатели производства по сравнению с другими взаимозаменяемыми материалами. Однако, наряду с вышеназванными преимуществами, у данных материалов имеются некоторые неблагоприятные особенности – гигроскопичность, кислотонеустойчивость и другие, которые способствуют заселению их микроорганизмами и дальнейшему биоразрушению [30].

Здания и сооружения из бетона и железобетона подвергаются воздействию микроорганизмов в различных средах. Везде, где есть контакт с водой, которая является необходимым условием для развития жизни, строительные материалы могут подвергаться воздействию микроорганизмов. Взаимодействия между ними могут в некоторых случаях влиять на эксплуатационные характеристики, долговечность и безопасность строительных материалов, что, в свою очередь, касается экономического вопроса.

Под микроорганизмами, вовлеченными в эти взаимодействия, понимаются бактерии, дрожжи, микроскопические грибы и водоросли. В процессе эволюции микроорганизмы, древнейшие обитатели Земли, адаптировались к жизни на различных субстратах и постоянно изменяющимся условиям внешней среды. Они вездесущи и повсеместно распространены: в воздухе, воде и почве. Главная классификация микроорганизмов делит их на группы по типу питания, который определяет то, как микроорганизмы взаимодействуют со средой, в частности, с суб-

					БР–02069964–08.03.01–36–18	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докв.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Да-</i>		89

стратом, а преобладание того или иного типа микроорганизма зависит от характеристик самой среды[39].

Микроорганизмы структурируются в биоплёнку, являющуюся их основной формой жизни (множество различных микроорганизмов, расположенных на какой-либо поверхности, клетки которых прикреплены друг к другу с помощью полимерного вещества, которые они выделяют), что делает бактериальную популяцию более устойчивой к суровым условиям внешней среды, а также к изменению этих условий.

Биологическая коррозия строительных материалов интенсивно развивается в условиях техногенных сред, которыми, в первую очередь, являются промышленные предприятия, особенно химической, пищевой и медицинской промышленности, канализационные коллекторы и сооружения для отведения сточных вод, а также территории производственной и придорожной застройки в условиях современных городов. Наличие богатой питательной среды в цехах указанных производств, высокая влажность и затрудненный воздухообмен создают благоприятные условия для интенсивного развития биодеструкторов.

Микробы-деструкторы чрезвычайно разнообразны, среди их наибольшее значение, по мнению многих исследователей, имеют нитрофицирующие и сероокисляющие бактерии, а также микроскопические грибы, скорость роста которых, специфический состав метаболитов, концентрация агрессивных веществ, длительность воздействия определяют интенсивность и степень повреждения объектов. Перечисленные классы организмов «запускают» процессы биоповреждений посредством воздействия собственных продуктов жизнедеятельности (кислот, щелочей, окислительно-восстановительных и гидролитических ферментов и других агрессивных веществ) на компоненты строительных материалов, разрушая связующие растворы, бетон, металлоизделия и другие элементы строительных конструкций.

Опасность и интенсивность биологических загрязнений и разрушений зданий усугубляется хозяйственной деятельностью человека – пренебрежением экологическими нормами при строительстве зданий, безграмотной и беспечной эксплу-

					БР-02069964-08.03.01-36-18	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докв.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Да-</i>		90

атацией их, бесчисленными повреждениями крыш, протечками, затоплением подвалов, неисправной сантехникой, непредсказуемым влажностным режимом и другими факторами. В результате на поверхностях стен, потолков и других частей зданий появляются плесневые грибы, разрастающиеся колонии которых диффундируют вглубь материала с выделением токсинов, вызывающих биохимическое разрушение конструкций [14].

Несмотря на это, некоторые исследования ведутся в направлении увеличения биовосприимчивости материалов, чтобы создать условия для роста микроорганизмов, таких как водорослей, лишайников и высших растений, которые могут улучшить вид и теплотехнические характеристики здания

4.2 Результаты микробиологических исследований разработанных бетонов, выдержанных в траншее, под навесом и на площадке под открытым небом

Биологическая коррозия становится определяющим фактором надежности и долговечности зданий и сооружений. Степень разрушительного воздействия микроорганизмов определяется физическими, химическими, биологическими и другими факторами. Поражение наиболее интенсивно идет при повышенной влажности, относительно высоких температурах, обилии пыли и загрязнений органической природы [30]. При благоприятных для развития микроорганизмов условиях разрушительные процессы начинаются с переноса их на поверхность изделий, адсорбции, образования и роста микроколоний за счет разрастания гифов и спор, сопровождающегося выделением продуктов метаболизма, их накоплением и коррозионным воздействием.

Вышеперечисленные условия определяют биовосприимчивость рабочих растворов и бетонов. К факторам, определяющим биовосприимчивость материалов, относят химический состав и pH материалов. Большинство бактерий предпочитают нейтральную среду. Таким образом, строительные материалы с pH от 6 до 8 более чувствительны к микробной колонизации, чем цементные материалы,

					БР-02069964-08.03.01-36-18	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ доквм.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Да-</i>		91

которые являются щелочными (рН около 12 – 13) и поэтому относительно не чувствительны к колонизации на ранних этапах. Тем не менее, с течением времени, процесс карбонизации сокращает рН этих материалов до 9, что способствует микробному росту[71].

Таким образом, налицо важнейшая проблема изыскания путей повышения биологического сопротивления и биологической долговечности конкретных материалов и конструкций, образующих здания и сооружения

4.2.1 Видовой состав микроорганизмов, выявленных с поверхности образцов, воды и грунта, находящихся в траншее

Бактерии являются одним из основных агентов микробиологической коррозии. Бактериальная клетка состоит из оболочки, цитоплазмы, ядерного аппарата, цитоплазматических включений. Оболочка защищает клетку от воздействия внешней среды (выдерживает осмотическое давление до 600 кПа). С внутренней стороны она имеет мембрану, являющуюся носителем ферментов и способствующую выделению продуктов обмена. Цитоплазма обеспечивает синтез белков и ферментов, а также дыхательные процессы. В ядерном аппарате сконцентрирована дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК), которая является носителем наследственных свойств клетки и контролирует синтез белков [51].

Основными формами бактерий являются шаровидная, палочковидная и извитая.

Шаровидные бактерии – кокки – имеют обычно форму шара, но встречаются и уплощенные, слабоовальной формы. В этой группе можно выделить несколько более мелких подгрупп: микрококки (одиночные клетки); диплококки (парные клетки); тетракокки (четыре клетки); стрептококки (цепочки); сарцины (неправильная форма, напоминающая грозди винограда).

Палочковидные (цилиндрические) бактерии могут быть одиночными, парными (диплобактерии) или составлять цепочки по три или четыре клетки (стрепто-

бактерии). Соотношение между длиной и толщиной палочек бывает самым различным.

Извитые (изогнутые) бактерии различаются по длине, толщине и степени изогнутости. Палочки, изогнутые в виде запятой, называются вибрионами; палочки с одним или несколькими завитками (в виде штопора) – спириллами. Бактерии спиралевидные с двумя периплазматическими жгутиками, по одному на каждом конце клетки, называются спирохетами.

Размеры бактерий очень малы – от десятых долей микрона до нескольких микронов. В среднем диаметр тела большинства бактерий 0,5 – 1 мкм, а средняя длина палочковидных бактерий 1 – 5 мкм. Но есть и такие бактерии, величина которых находится на грани видимости в обычные микроскопы (0,1 – 0,2 мкм). Масса бактериальной клетки также очень мала – приблизительно 4×10^{-13} г.

Важнейшими факторами, влияющими на жизнь бактерий, являются температура и реакция среды. В зависимости от температурного интервала жизнеспособности микроорганизмы делят на три группы: психрофилы (холодолюбивые) – 0 – 10 °С с оптимум 5 °С; мезофилы (предпочитающие средние температуры) – соответственно 10 – 40 °С и 25 °С и термофилы (теплолюбивые) – 40 – 80 °С и 60 °С. При более высокой температуре микроорганизмы погибают, что используется на практике для их частичного или полного уничтожения. Так, при пастеризации (нагрев до 60 – 70 °С в течение 5 – 10 мин) уничтожаются вегетативные формы микробов, а при стерилизации (нагрев до 100 – 130 °С в течение 20 – 40 мин) – практически все формы.

Экологические факторы влияют на развитие бактерий – агентов биоповреждения. Различают три основных вида воздействия микроорганизмов: создание агрессивных сред в результате накопления таких продуктов жизнедеятельности, как кислоты, щёлочи, сульфиды и другие агрессивные вещества, которые любую индифферентную обстановку могут сделать коррозионно-опасной – это ассимиляционный путь; непосредственное участие в одной или более реакциях на поверхности корродируемого субстрата – диссимиляционный, а третий – в

					БР-02069964-08.03.01-36-18	Лист
Изм.	Лист	№ доквм.	Подпись	Да-		93

результате непосредственного нахождения на поверхности строительного материала и непосредственного физического воздействия на него – механический.

Микроорганизмы, выявленные с поверхности образцов, находившихся в траншее, представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Смывы с поверхности образцов, находящихся в траншее

Номер пробы	Наименование питательной среды и способ окраски бактерий	Описание роста бактерий на питательной среде и описание окрашенных мазков
1	2	3
1 – 51	МПА	Рост колоний одиночный, размер от мелких (0,1 – 0,5 мм) до крупных (больше 5 мм), поверхность гладкая, цвет колоний серо-белый, края колоний ровные, прозрачность матовая, консистенция слизистая
	окраска по Грамму	Грамм (–) толстые палочки (bacillus), расположенные парно и грамм (–) тонкие мелкие палочки (bacillus), расположенные одиночно
2 – 51	МПА	Рост колоний сплошной, поверхность гладкая, прозрачность тусклая, колонии серо-белого цвета, структура однородная, консистенция плотная
	окраска по Грамму	Грамм (–) длинные, тонкие палочки (bacillus), расположенные одиночно
3 – 32	МПА	Рост колоний сплошной, поверхность гладкая, профиль матовый, цвет колоний серо-белого цвета, структура однородная, прозрачность тусклая, консистенция слизистая
	окраска по Грамму	Грамм (–) короткие, биполярные палочки (bacillus)
4 – 51	МПА	Рост колоний сплошной, поверхность гладкая, прозрачность тусклая и матовая, цвет колоний прозрачного и серо-белого цвета, консистенция плотная
	окраска по Грамму	Грамм (–) толстые крупные палочки (bacillus), расположенные парно и длинные, тонкие грамм (–) палочки (bacillus), расположенные одиночно
5 – 63	МПА	Рост колоний сплошной, поверхность гладкая, прозрачность тусклая и матовая, колонии серо-белого цвета, структура однородная, консистенция плотная
	окраска по Грамму	Грамм (–) короткие палочки (bacillus), расположенные одиночно
6 – 64	МПА	Рост колоний сплошной, поверхность шероховатая, цвет колоний серо-белого и белого цвета, структура однородная, прозрачность матовая, консистенция плотная
	окраска по Грамму	Грамм (–) толстые, крупные палочки (bacillus), расположенные одиночно
7 – 57	МПА	Рост колоний одиночный, форма округлая, диаметр колоний крупный (больше 5 мм), поверхность гладкая, цвет колоний бесцветный и пигментированный желтый, края колоний ровные, структура крупнозернистая, прозрачность матовая, консистенция слизистая
	окраска по Грамму	Грамм (–) крупные палочки (bacillus), расположенные одиночно
8 – 51	МПА	Рост колоний сплошной, поверхность гладкая, цвет колоний серо-белого цвета, структура однородная, прозрачность тусклая, консистенция плотная
	окраска по Грамму	Грамм (–) толстые, крупные палочки (bacillus), расположенные одиночно и гр (–) короткие, мелкие палочки (bacillus) расположенные одиночно
9 – 53	МПА	Рост колоний сплошной, местами одиночный, форма одиночных колоний округлая с неровными краями, структура однородная крупно и мелкозернистая, прозрачность матовая и тусклая, консистенция слизистая
	окраска по Грамму	Грамм (–) крупные, толстые палочки (bacillus), расположенные парно и одиночно

Окончание таблицы 4.1

1	2	3
10 – 51	МПА	Рост колоний сплошной, поверхность гладкая, прозрачность тусклая, цвет колоний серо-белый, структура однородная, консистенция плотная
	окраска по Грамму	Грамм (-) короткие крупные палочки (bacillus), расположенные одиночно и грамм (-) мелкие, короткие палочки (bacillus), расположенные одиночно и парно
11 – 56	МПА	Рост колоний сплошной, поверхность гладкая, цвет колоний серо-белый, структура однородная, прозрачность матовая, консистенция слизистая
	окраска по Грамму	Грамм (-) длинные, крупные палочки (bacillus), расположенные одиночно и парно
12 – 53	МПА	Рост колоний сплошной и одиночный, поверхность гладкая, цвет колоний серо-белого цвета, структура однородная и мелкозернистая, диаметр колоний среднего размера (3 – 5 мм), края колоний ровные, прозрачность матовая, консистенция слизистая
	окраска по Грамму	Грамм (-) крупные, толстые, короткие палочки (bacillus), расположенные парно и одиночно
13 – 51	МПА	Рост колоний сплошной, поверхность гладкая, профиль матовый, цвет колоний серо-белого цвета, структура однородная, прозрачность тусклая, край колоний изогнутый, консистенция плотная
	окраска по Грамму	Грамм (-) длинные и грамм (-) короткие палочки (bacillus), расположенные одиночно

Далее представлены фотографии микроорганизмов с поверхности образцов из траншеи на МПА в чашках Петри и фотографии окраски по Грамму.



Рис. 4.1 – Рост колоний на МПА в чашке Петри. Смыв с поверхности образца №51 состава 1, находящегося в траншее

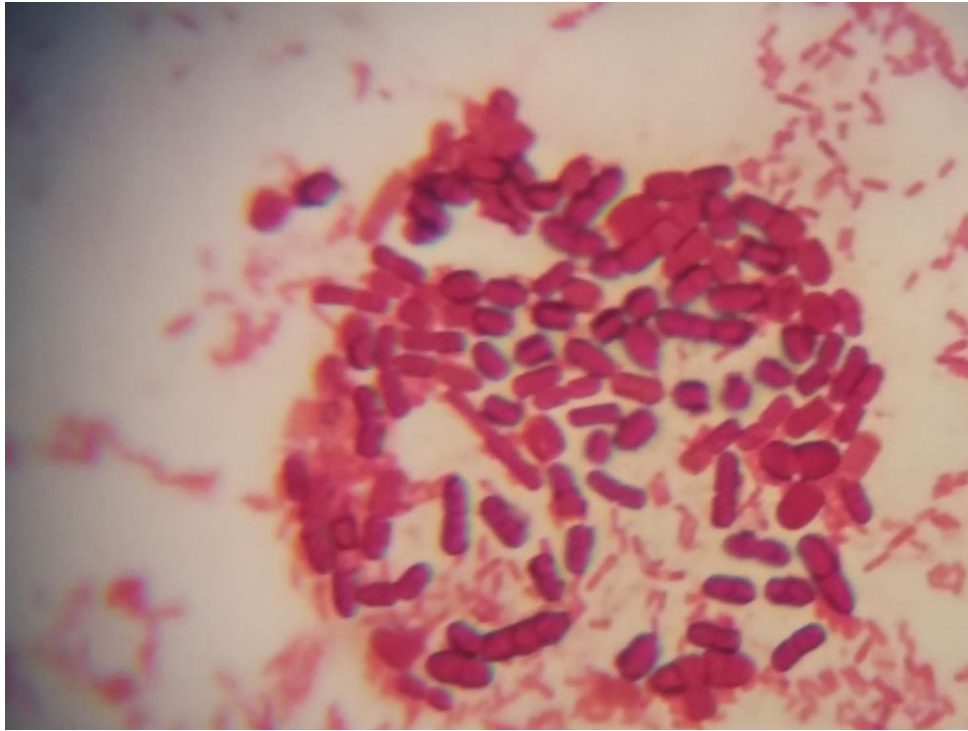


Рис. 4.2 – Окраска по Грамму бактерий рода bacillus. Образец №51, состав 1

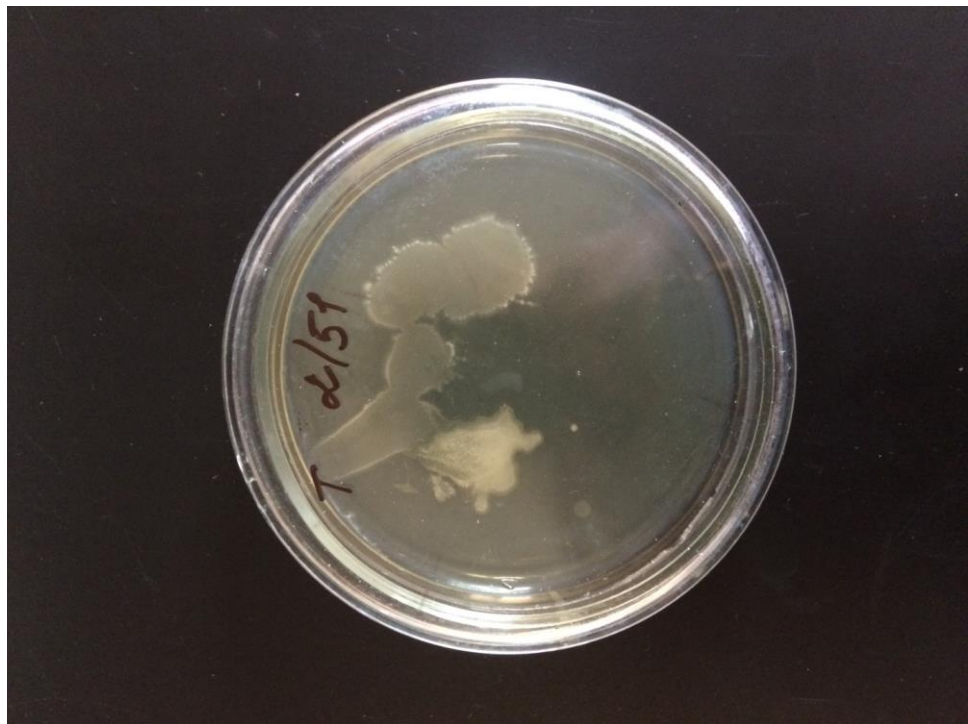


Рис .4.3 – Рост колоний на МПА в чашке Петри. Смыв с поверхности образца №51 состава 2, находящегося в траншее

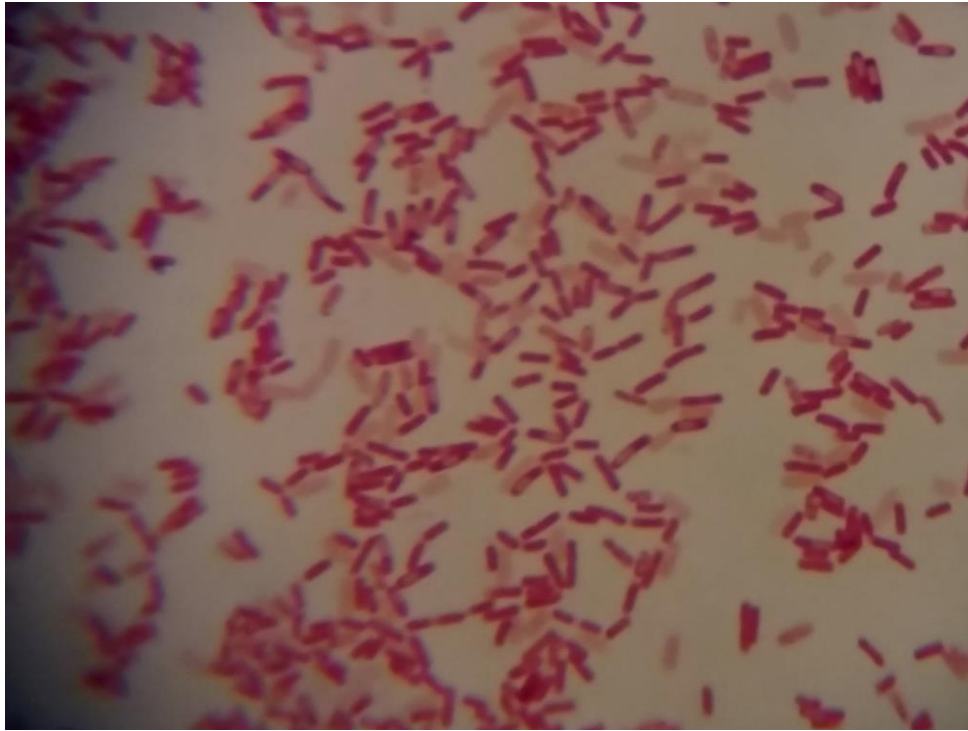


Рис. 4.4 – Окраска по Грамму. Грамм (-) длинные, тонкие палочки (bacillus), расположенные одиночно. Образец №51, состав 2



Рис. 4.5 – Рост колоний на МПА в чашке Петри. Смыв с поверхности образца №32 состава 3, находящегося в траншее

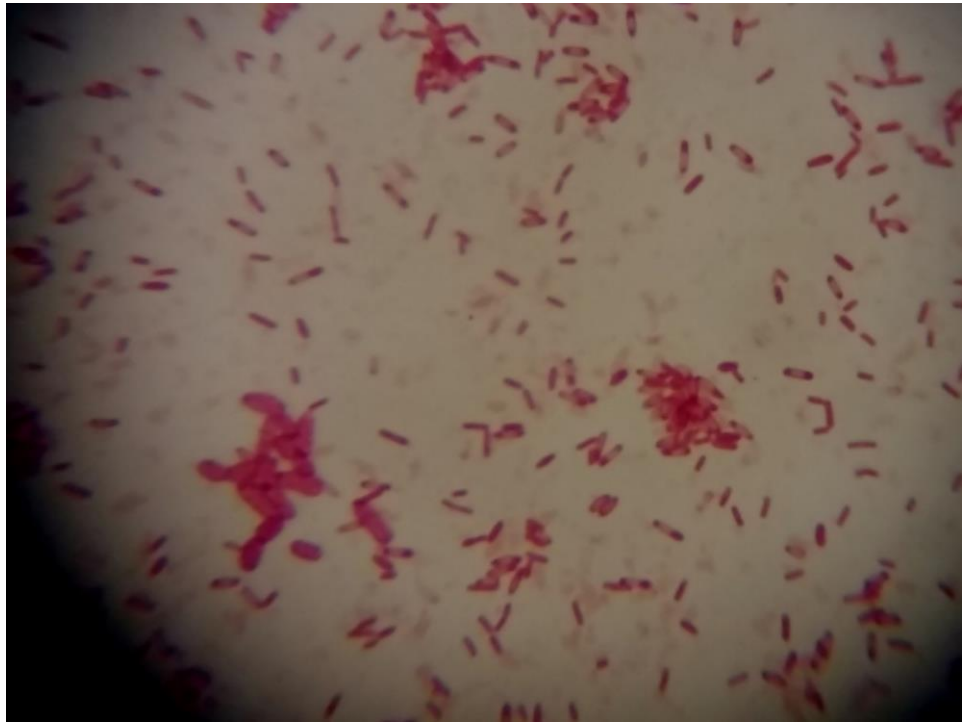


Рис. 4.6 – Окраска по Грамму. Грамм (-) короткие, биполярные палочки (bacillus). Образец №32, состав 3



Рис. 4.7 – Рост колоний на МПА в чашке Петри. Смыв с поверхности образца №51 состава 4, находящегося в траншее

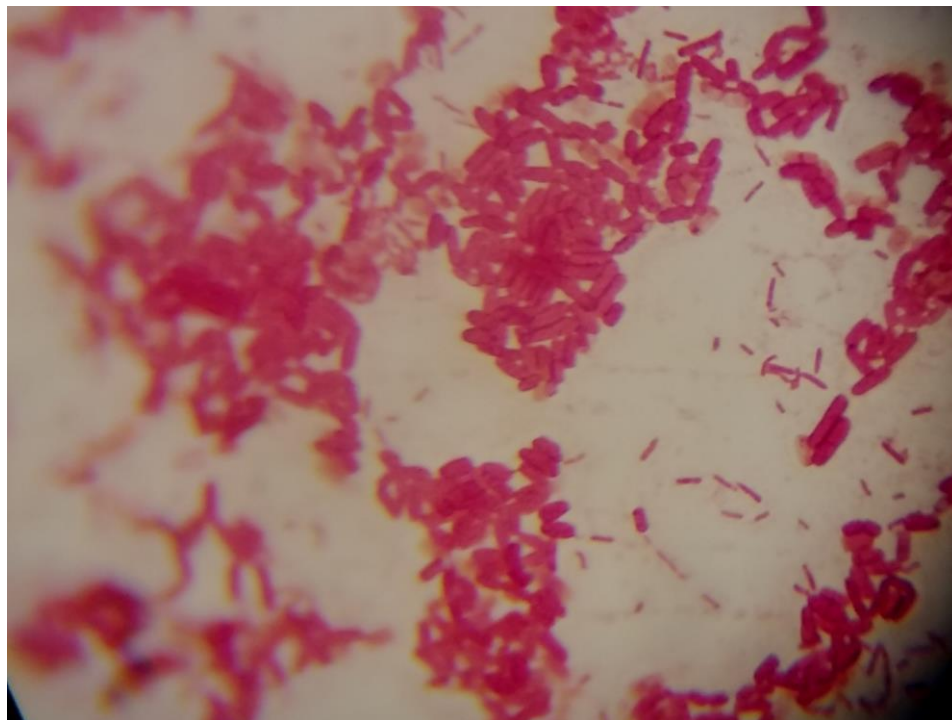


Рис. 4.8 – Окраска по Грамму. Грамм (-) толстые крупные палочки (bacillus), расположенные парно и длинные, тонкие грамм (-) палочки (bacillus), расположенные одиночно. Образец №51, состав 4



Рис. 4.9 – Рост колоний на МПА в чашке Петри. Смыв с поверхности образца №63 состава 5, находящегося в траншее

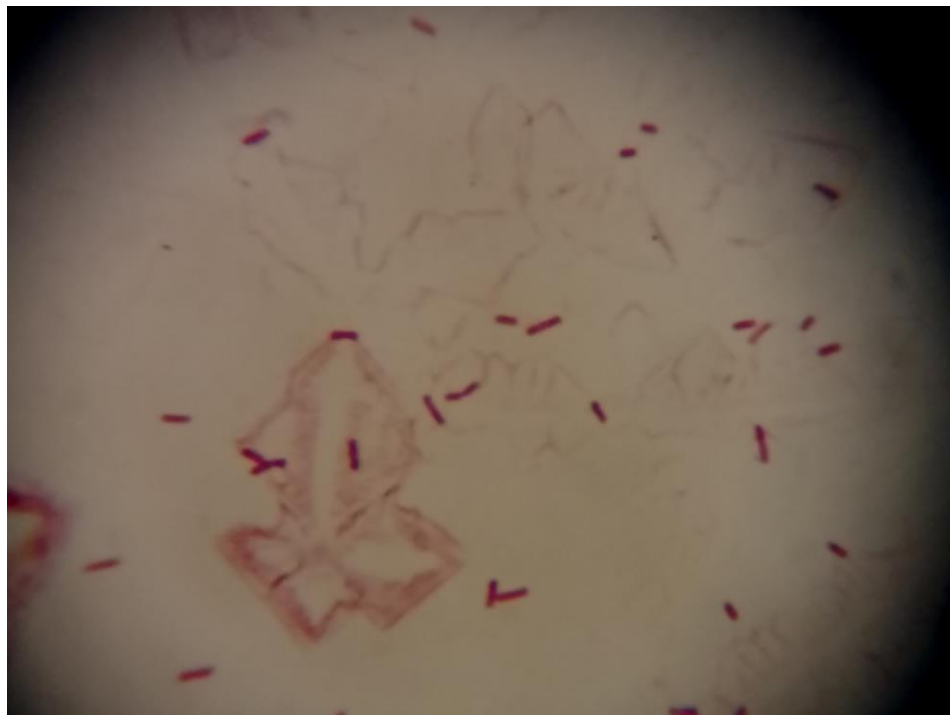


Рис. 4.10 – Окраска по Грамму. Грамм (-) короткие палочки (bacillus), расположенные одиночно. Образец №63, состав 5



Рис. 4.11 – Рост колоний на МПА в чашке Петри. Смыв с поверхности образца №64 состава 6, находящегося в траншее

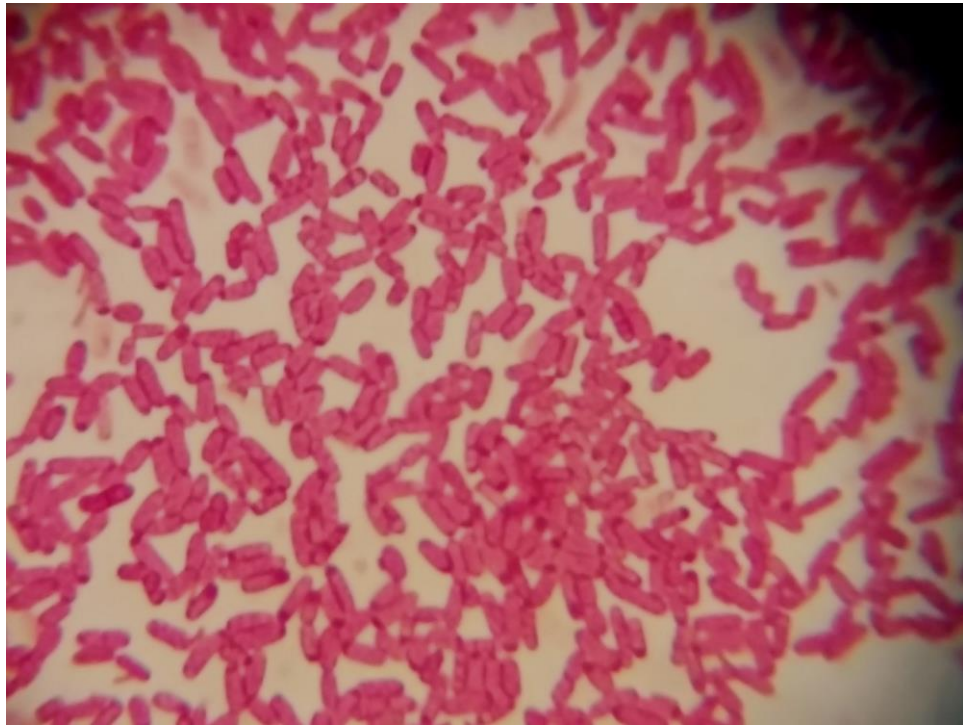


Рис. 4.12 – Окраска по Грамму. Грамм (-) толстые, крупные палочки (bacillus), расположенные одиночно. Образец №64, состав 6

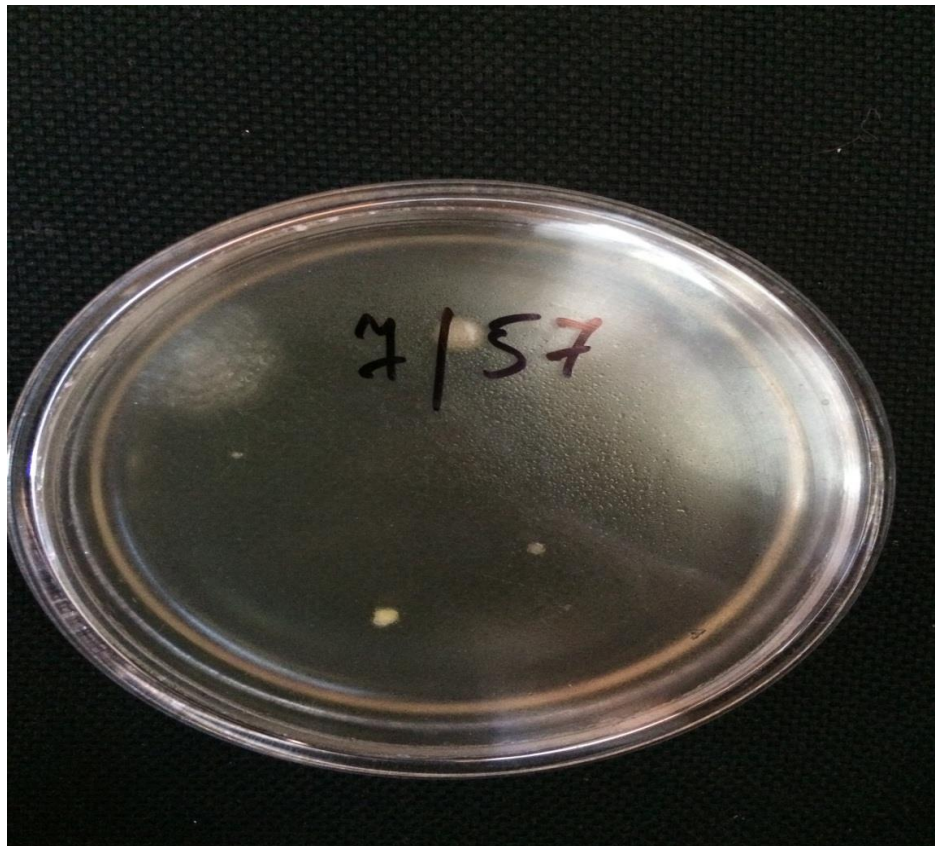


Рис. 4.13 – Рост колоний на МПА в чашке Петри. Смыв с поверхности образца №57 состава 7, находящегося в траншее

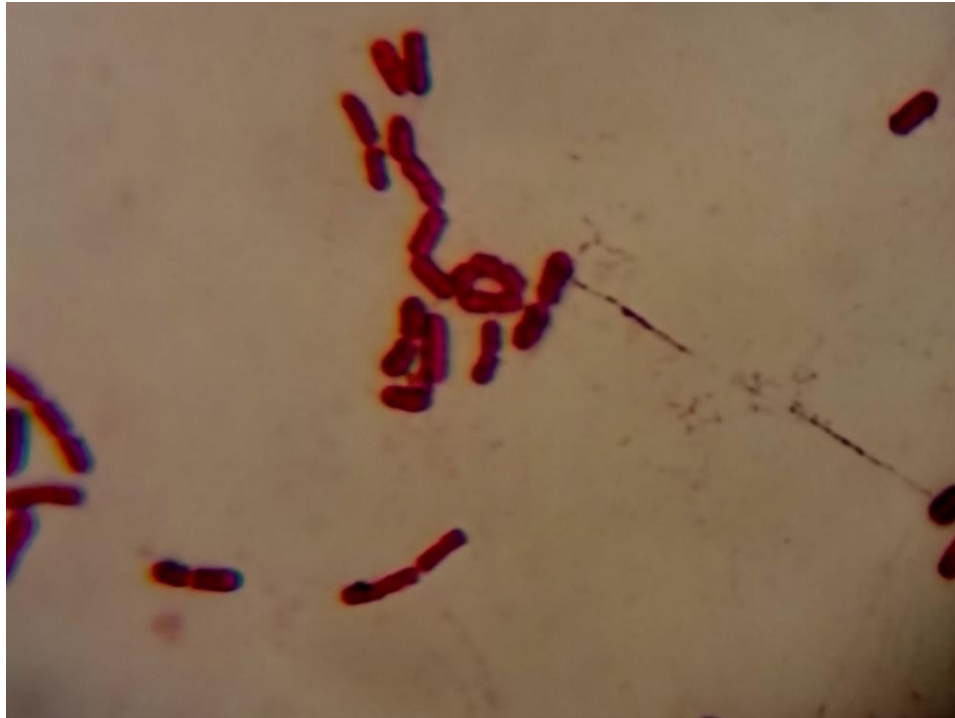


Рис. 4.14 – Окраска по Грамму. Грамм (-) крупные палочки (bacillus), расположенные одиночно. Образец №57, состав 7

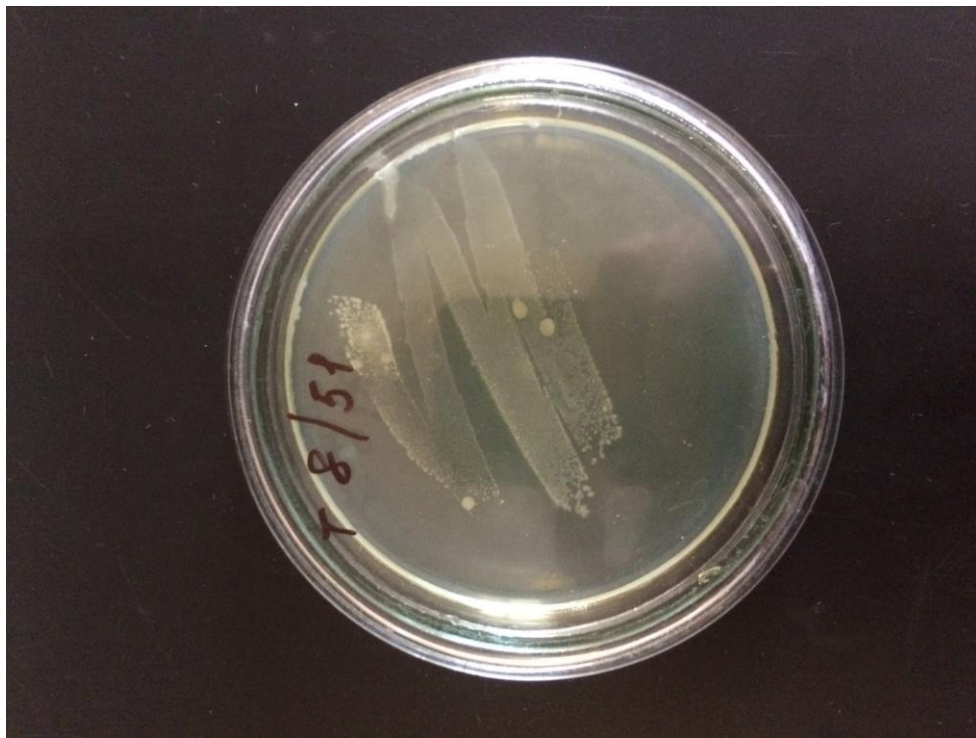


Рис. 4.15 – Рост колоний на МПА в чашке Петри. Смыв с поверхности образца №51 состава 8, находящегося в траншее

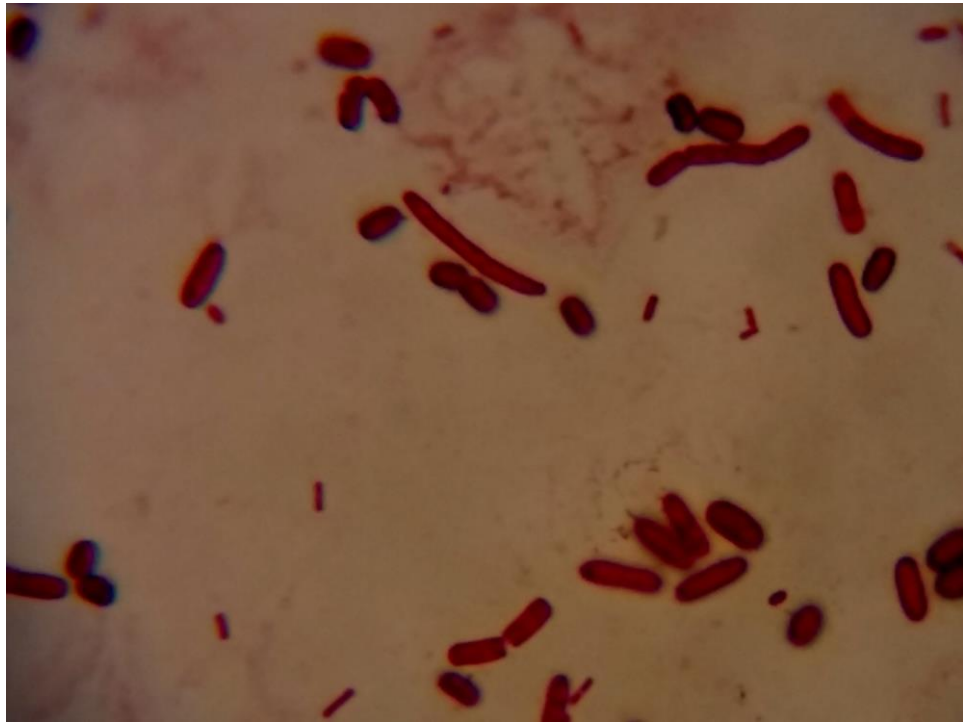


Рис. 4.16 – Окраска по Грамму. Грамм (-) толстые, крупные палочки (bacillus), расположенные одиночно и грамм (-) короткие, мелкие палочки (bacillus), расположенные одиночно. Образец №51, состав 8

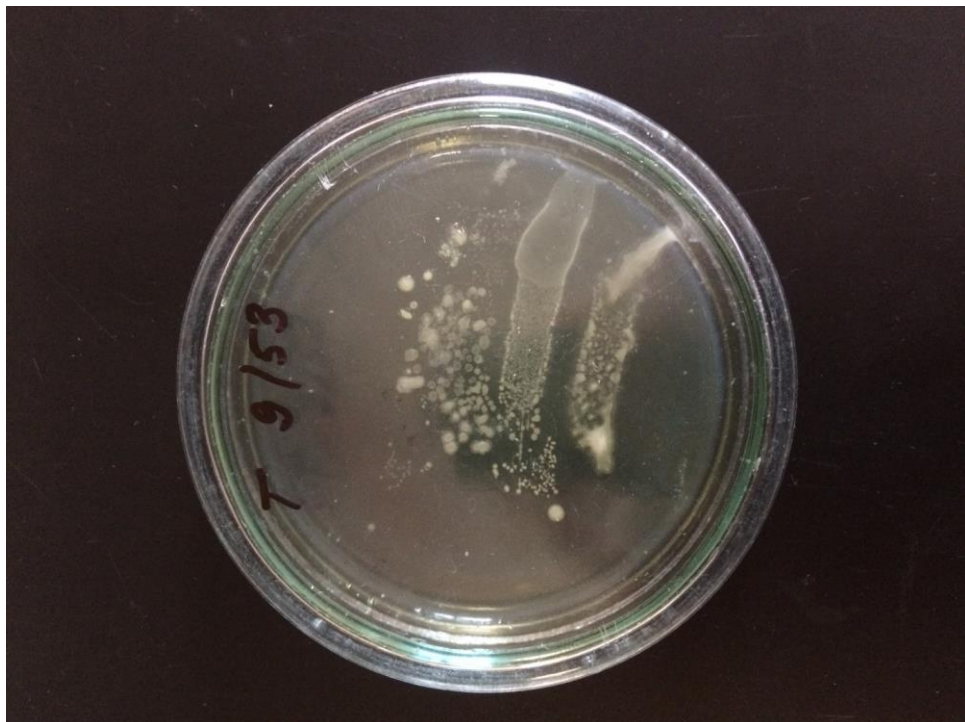


Рис. 4.17 – Рост колоний на МПА в чашке Петри. Смыв с поверхности образца №53 состава 9, находящегося в траншее

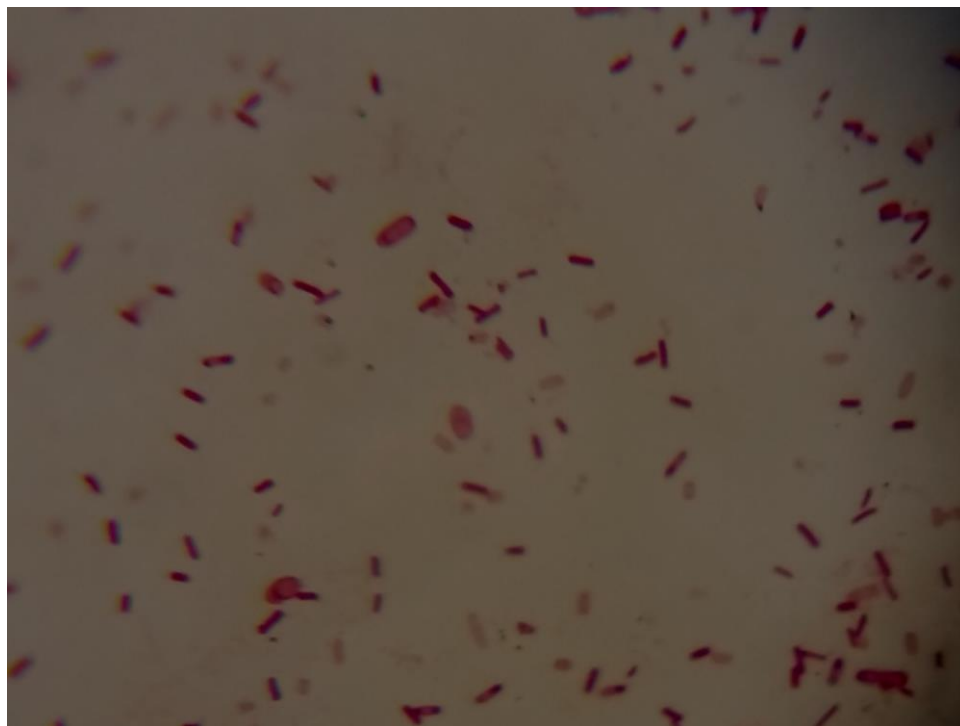


Рис. 4.18 – Окраска по Грамму. Грамм (-) крупные, толстые палочки (bacillus), расположенные парно и одиночно. Образец №53, состав 9



Рис. 4.19 – Рост колоний на МПА в чашке Петри. Смыв с поверхности образца №51 состава 10, находящегося в траншее

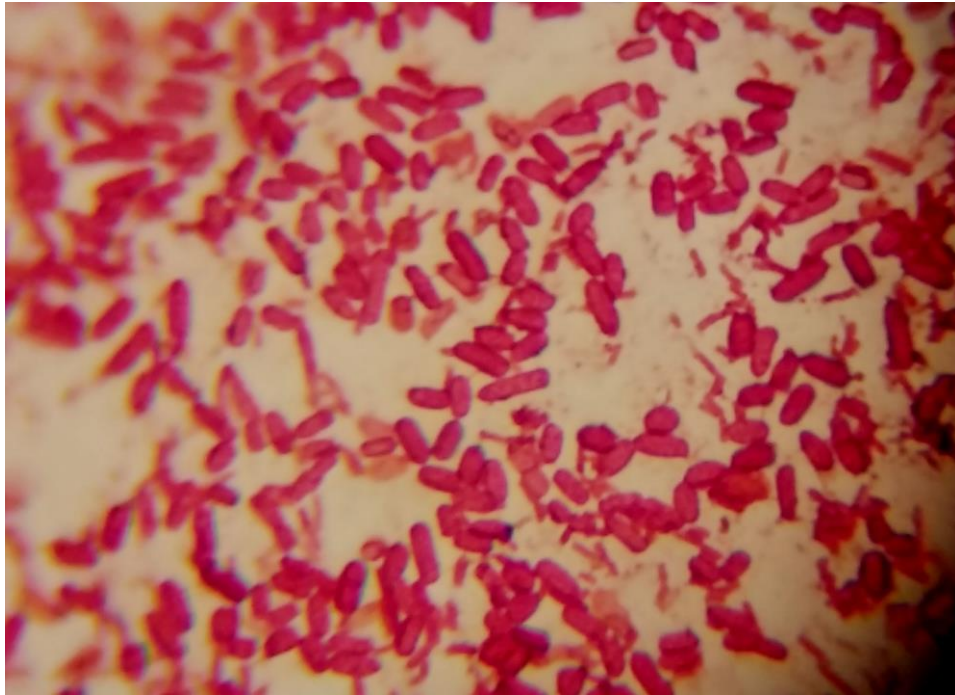


Рис. 4.20 – Окраска по Грамму. Грамм (-) короткие крупные палочки (bacillus), расположенные одиночно и грамм (-) мелкие, короткие палочки (bacillus), расположенные одиночно и парно. Образец №51, состав 10



Рис. 4.21 – Рост колоний на МПА в чашке Петри. Смыв с поверхности образца №56 состава 11, находящегося в траншее

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Да-

БР-02069964-08.03.01-36-18

Лист

105

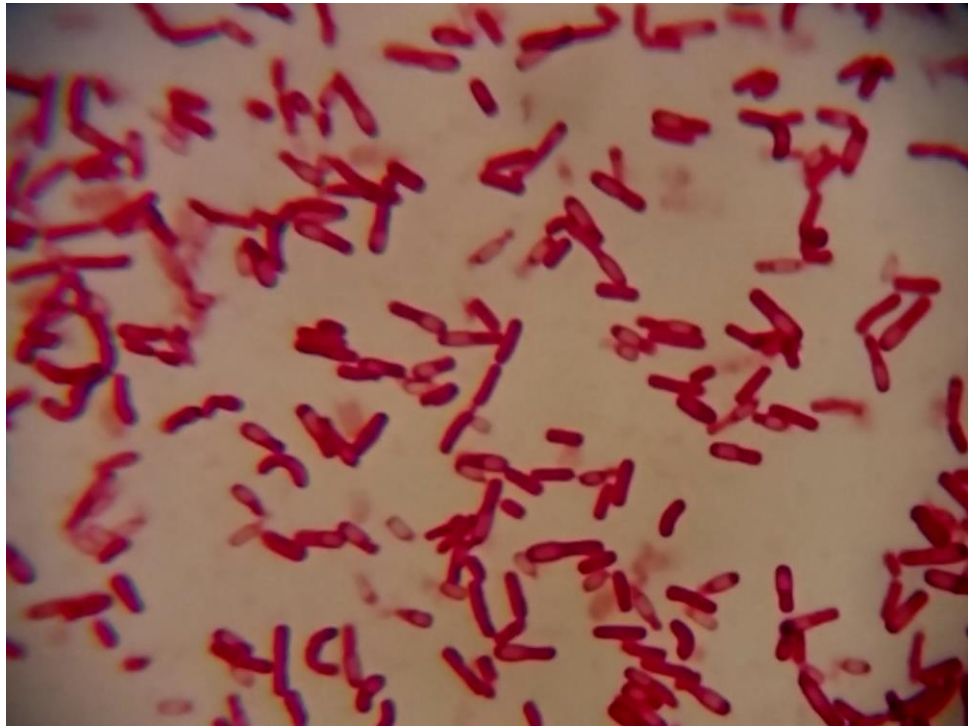


Рис. 4.22 – Окраска по Грамму. Грамм (-) длиннве, крупные палочки (bacillus), расположенные одиночно и парно. Образец №56, состав 11



Рис. 4.23 – Рост колоний на МПА в чашке Петри. Смыв с поверхности образца №53 состава 12, находящегося в траншее

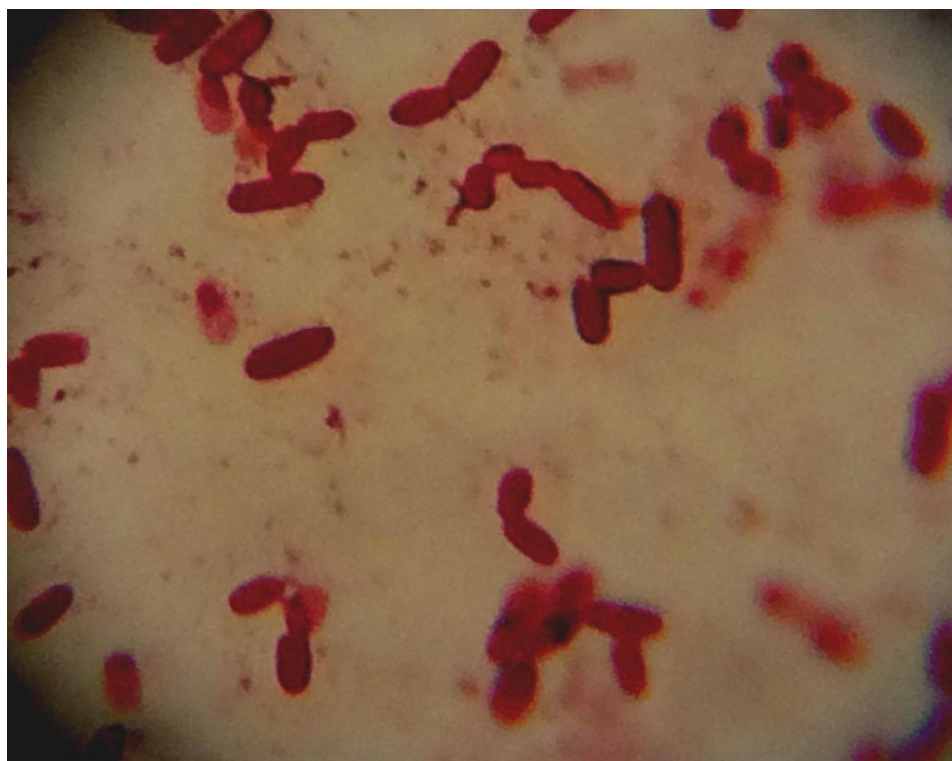


Рис. 4.24 – Окраска по Грамму. Грамм (-) крупные, толстые, короткие палочки (bacillus), расположенные парно и одиночно. Образец №53, состав 12



Рис. 4.25 – Рост колоний на МПА в чашке Петри. Смыв с поверхности образца №51 состава 13, находящегося в траншее

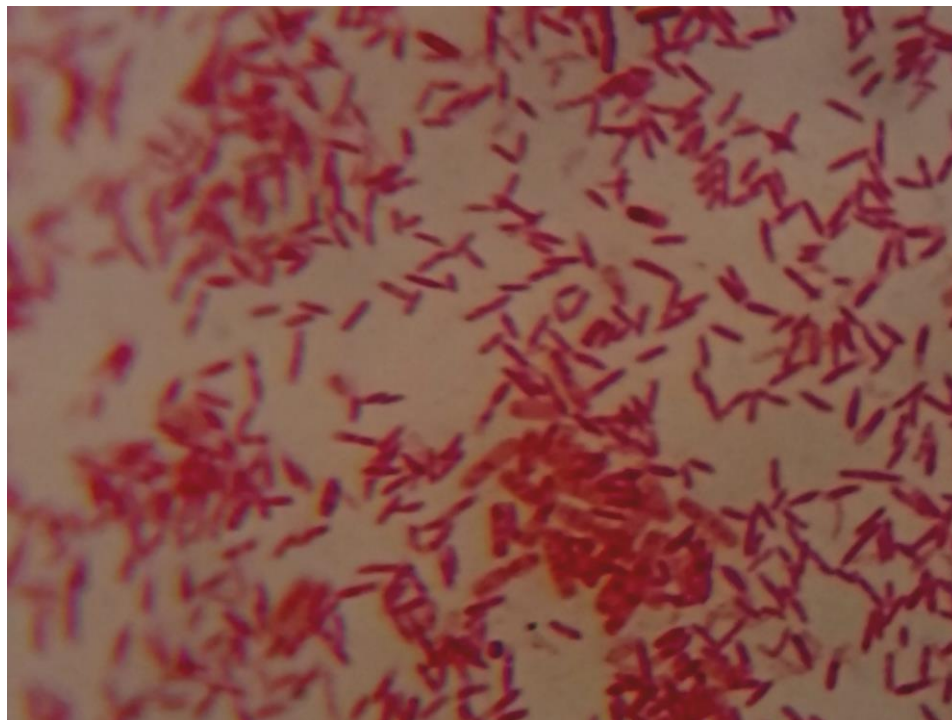


Рис. 4.26 – Окраска по Грамму. Грамм (–) длинные и грамм (–) короткие палочки (bacillus), расположенные одиночно. Образец №51, состав 13

Также были проведены исследования воды и грунта из траншеи. Результаты представлены в таблицах 4.2 и 4.3.

Таблица 4.2 – Проба грунта из траншеи

Номер пробы	Наименование питательной среды и способ окраски	Описание роста бактерий на питательной среде и описание окрашенных мазков
Проба грунта	МПА	Рост колоний сплошной, поверхность гладкая, цвет колоний серо-белый, структура однородная, прозрачность тусклая, консистенция плотная
	окраска по Грамму	Грамм (–) длинные, толстые, биполярные палочки (bacillus), располагающиеся одиночно, парно и цепочкой

Далее представлены фотографии микроорганизмов грунта из траншеи на МПА в чашках Петри и фотографии окраски по Грамму.

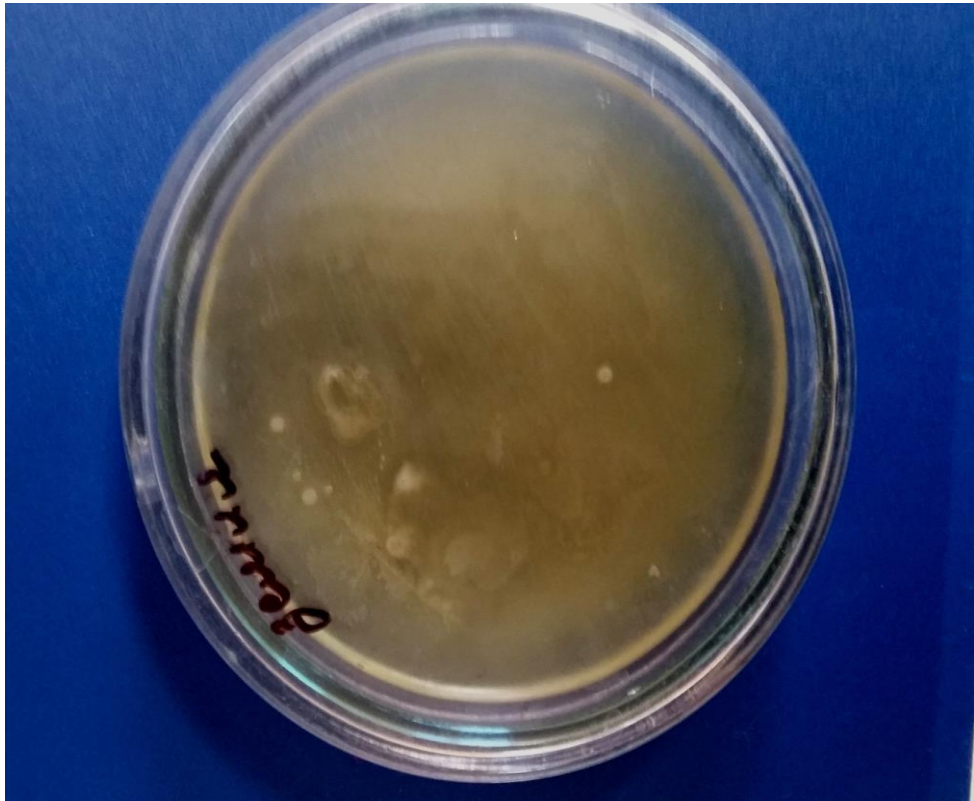


Рис. 4.27– Рост колоний на МПА в чашке Петри. Смыв с пробы почвы

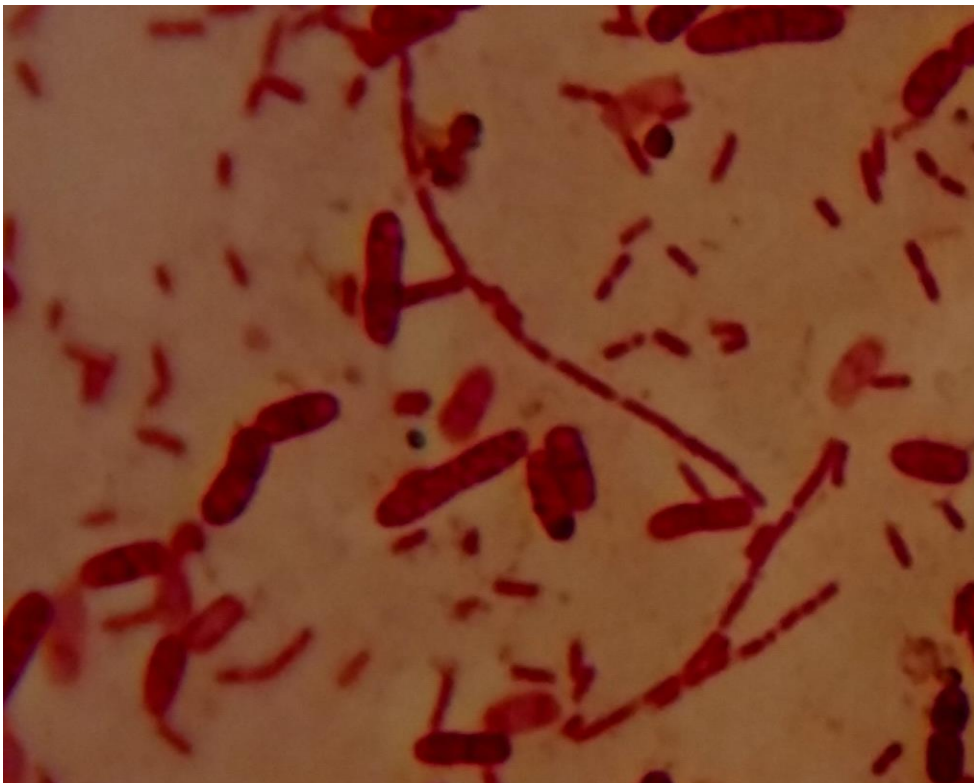


Рис. 4.28 – Грамм (-) длинные, толстые, биполярные палочки (bacillus), располагающиеся одиночно, парно и цепочкой. Проба грунта из траншеи

Таблица 4.3 – Проба воды из траншеи

Номер пробы	Наименование питательной среды и способ окраски	Описание роста бактерий на питательной среде и описание окрашенных мазков
Проба воды	МПА	Рост колоний сплошной, поверхность шероховатая, цвет колоний серо-белый, структура однородная, прозрачность матовая, консистенция слизистая
	окраска по Грамму	Грамм (-) длинные, толстые палочки (bacillus), располагающиеся парно и грамм (-) тонкие, короткие, мелкие палочки (bacillus), располагающиеся одиночно

Далее представлены фотографии микроорганизмов воды из траншеи на МПА в чашках Петри и фотографии окраски по Грамму.

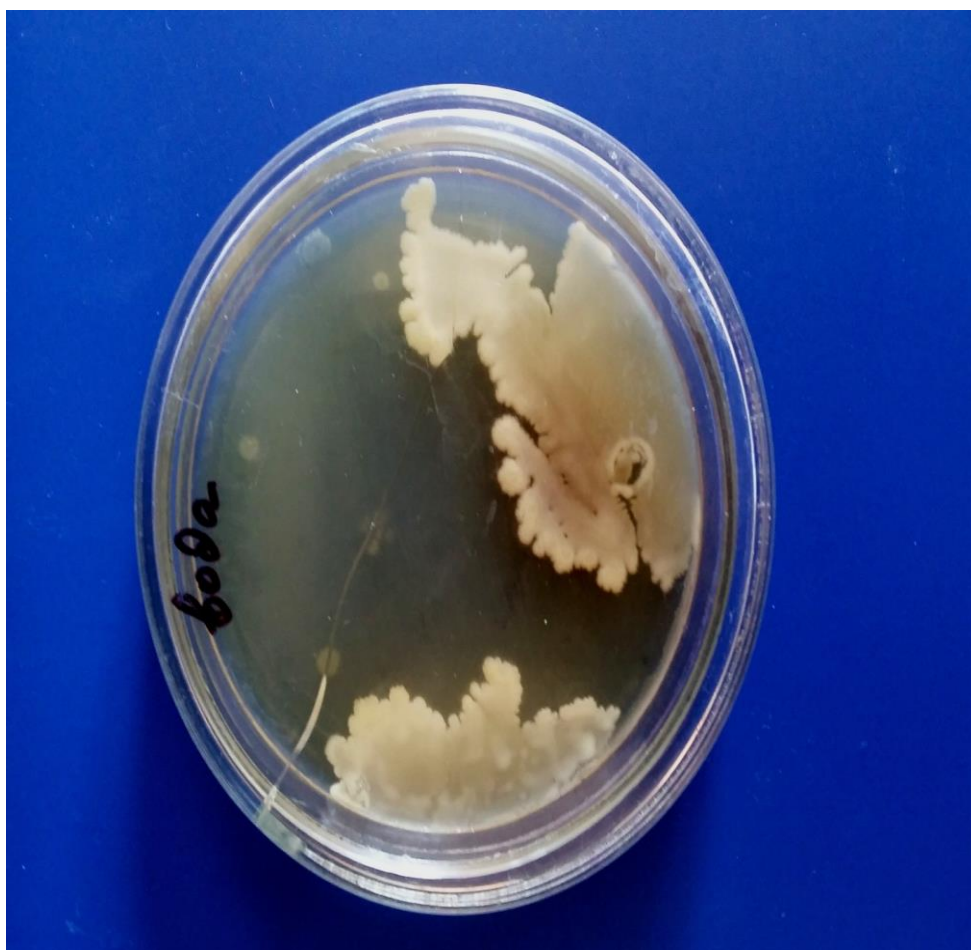


Рис. 4.29 – Рост колоний на МПА в чашке Петри. Проба воды из траншеи

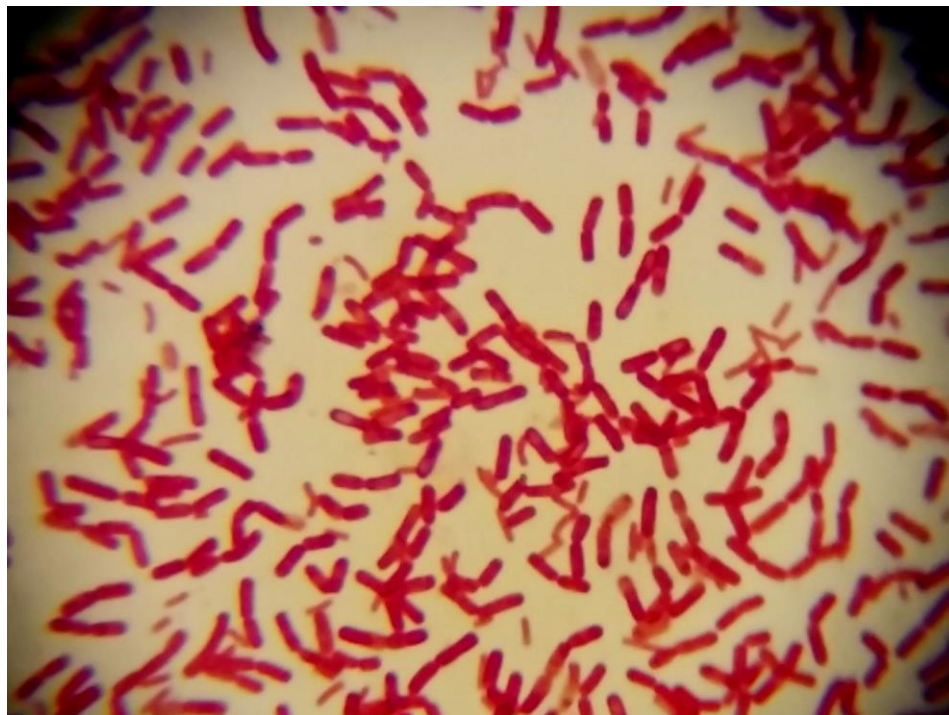


Рис. 4.30 – Грамм (-) длинные, толстые палочки (bacillus), располагающиеся парно и грамм (-) тонкие, короткие, мелкие палочки (bacillus), располагающиеся одиночно. Проба воды из траншеи

Результаты микробиологического исследований с поверхности образцов из траншеи, а также воды и грунта из траншеи позволили выявить наличие на их поверхности представителей палочковидных бактерий рода bacillus [30].

Виды рода bacillus характеризуются бациллярным типом спорообразования, при котором клетка в период формирования споры сохраняется палочковидной или в некоторых случаях только слегка утолщается. Спора локализуется в центре клетки, эксцентрично или терминально, что зависит от вида микроорганизма.

Бакторриальные эндоспоры образуются не для размножения, а для перенесения неблагоприятных условий. Это покоящиеся формы клеток, в которых процессы жизнедеятельности сильно заторможены. Попав в благоприятные условия споры прорастают.

Большинство видов бактерий рода Bacillus способны вырабатывать крахмал, ферменты и другие субстраты, поэтому нашли широкое применение в пищевой и фармацевтической промышленности. Благодаря антагонистическим свойствам по

отношению к другим видам бактерий бациллы применяют в производстве антибиотиков.

Широкое применение получили штаммы *Bacillus* в животноводстве, рыбной отрасли, птицеводстве, в качестве профилактики и лечения дисбактериоза, заболеваний желудочно-кишечного тракта, легочной инфекции, для улучшения продуктивности особей и получения здорового потомства. В растениеводстве применяют для защиты растений от грибковых и инфекционных заболеваний [39].

Несмотря на широкое применение в различных отраслях, многие виды приводят к порче продуктов и зерновых культур.

Большинство бактерий рода *Bacillus* безвредны для человека и теплокровных животных, однако встречаются и опасные виды.

Некоторые из них считаются условно патогенными микробами. Они распространены повсеместно и способны вызвать у человека пищевые отравления.

Бактерии рода *Bacillus* нашли свое применение и в строительстве. Группа студентов из Университета Ньюкасла (Newcastle University) вырастила бактерии «*BacillaFilla*», которые способны «склеивать» трещины в бетонных поверхностях с помощью вырабатываемого ими особого вещества.

Генетически-модифицированные бактерии, добравшись до дна трещины, начинают производить два различных вещества: карбонат кальция и бактериальный клей. Этот строительный раствор вместе с нитеобразными клетками бактерий через некоторое время отвердевает и связывает между собой структуру бетона. При этом затвердевшее вещество по своим характеристикам ничем не отличается от бетона.

4.2.2 Видовой состав микроорганизмов, выявленных с поверхности образцов, находящихся на площадке под открытым небом

Термин *soccus* пришел в микробиологию из латыни. Его значение – «шарообразный», «шаровидный». Хотя есть версия, что термин имеет отношение к греческому языку, и его значение – «зерно». И в том, и в другом случае название

					БР-02069964-08.03.01-36-18	Лист
Изм.	Лист	№ доквм.	Подпись	Да-		112

отражает внешний вид микроорганизма. Это значит, что бактерии шаровидные имеют округлую форму. Иногда клетка может быть несколько вытянута и по форме приближаться к овалу, некоторые организмы чуть сплющены с боков. Все бактерии этого вида неподвижны и неспособны к спорообразованию. Средний диаметр кокков – 0,5 – 1,5 мкм.

Бактерии шаровидной формы обитают в почве, в воздухе, на продуктах. Попадая в благоприятную среду, клетка активно начинает процесс размножения. На поверхности образуются белые, серые, желтые или красные бактериальные колонии. В процессе размножения каждая шаровидная особь делится надвое в любой плоскости. После деления бактерии шаровидные либо остаются независимыми, либо объединяются с другими кокками[14, 30, 39].

Группа шаровидных бактерий неоднородна. Внутри нее происходит деление на различные виды:

- грамположительные сферические микрококки;
- округлые парные диплококки;
- стрептококки, связанные в бактериальную цепочку;
- образующие в результате деления квадрат тетракокки.

Микроорганизмы, выявленные с поверхности образцов, находившихся на площадке под открытым небом, представлены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Смывы с поверхности образцов, находящихся на площадке под открытым небом

Номер пробы	Наименование питательной среды и способ окраски бактерий	Описание роста бактерий на питательной среде и описание окрашенных мазков
1	2	3
1 – 48	МПА	Рост колоний сплошной, поверхность гладкая, профиль матовый, цвет колоний серо-белого цвета, структура однородная, прозрачность тусклая, консистенция плотная
	окраска по Грамму	Грамм (–) крупные, толстые палочки (bacillus), расположенные парно и одиночно
2 – 47	МПА	Рост колоний одиночный, диаметр колоний крупный (больше 5 мм), поверхность гладкая, цвет колоний серо-белый, края колоний неровные, структура крупнозернистая, прозрачность матовая, консистенция плотная
	окраска по Грамму	Грамм (–) расположенные парно кокки

Окончание таблицы 4.4

1	2	3
3 – 40	МПА	Рост колоний сплошной, поверхность гладкая, профиль матовый, цвет колоний серо-белый, структура однородная, прозрачность тусклая, консистенция слизистая
	окраска по Грамму	Грамм (-) длинные, мелкие, биполярные палочки (bacillus), расположенные одиночно
4 – 41	МПА	Рост колоний одиночный, форма округлая, размер очень мелкий (0,1 – 0,5 мм), края ровные, поверхность гладкая, цвет колоний серо-белый, структура мелкозернистая, прозрачность матовая, консистенция мягкая
	окраска по Грамму	Грамм (-) длинные палочки (bacillus), расположенные одиночно
5 – 53	МПА	Рост колоний одиночный, форма округлая, размер очень мелкий (0,1 – 0,5 мм) и средний (0,5 – 3 мм), края ровные, поверхность гладкая, цвет колоний серо-белый, структура мелко и крупнозернистая, прозрачность матовая, консистенция мягкая
	окраска по Грамму	Грамм (-) крупные, толстые палочки (bacillus), расположенные парно и цепочками
6 – 50	МПА	Рост колоний сплошной, поверхность гладкая, цвет колоний серо-белый, структура однородная, местами мелкозернистая, прозрачность тусклая, колонии мелкие (0,1 – 0,5 мм) края колоний ровные, прозрачность матовая, консистенция плотная
	окраска по Грамму	Грамм (-) расположенные одиночно и парно кокки, тетракокки и мелкие, короткие, тонкие грамм (-) палочки (bacillus)
7 – 42	МПА	Рост колоний одиночный, форма округлая, размер очень мелкий (0,1 – 0,5 мм), края ровные, поверхность гладкая, цвет колоний прозрачно-серый, структура мелко зернистая, прозрачность тусклая, консистенция мягкая
	окраска по Грамму	Грамм (-), расположенные одиночно кокки
8 – 46	МПА	Рост колоний одиночный, форма неправильная, размер крупный (больше 5 мм), поверхность гладкая, цвет колоний серо-белый, прозрачность матовая, консистенция плотная
	окраска по Грамму	Грамм (-) короткие, тонкие, мелкие палочки (bacillus), расположенные одиночно
9 – 40	МПА	Колонии неправильной формы, крупные (больше 5 мм), поверхность шероховатая, серо-белого цвета, профиль матовый, мелкозернистая структура, прозрачность мутная
	окраска по Грамму	Грамм (-) короткие, мелкие, тонкие палочки (bacillus), грамм (-) длинные, тонкие палочки (bacillus)
10 – 46	МПА	Колонии мелкие, желтого цвета, среднего размера (0,5 – 3 мм), шаровидной формы, белого цвета, поверхность морщинистая, структура крупнозернистая, дополнительно присутствует рост грибов (Mucor)
	окраска по Грамму	Гр (-) диплококки и тетракокки, стрептококки расположенные одиночно
11 – 42	МПА	Очень мелкие колонии (0,1 – 0,5 мм), образующие большую округлую форму на периферии, присутствует рост грибов (Mucor), поверхность шероховатая, мелкозернистая, прозрачность тусклая
	окраска по Грамму	Грамм (-) длинные, тонкие палочки (bacillus), расположенные одиночно
12-46	МПА	Колонии амёбовидной формы, белого цвета, поверхность гладкая, прозрачность матовая, консистенция плотная
	окраска по Грамму	Грамм (-) длинные, тонкие палочки (bacillus), расположенные одиночно
13 – 42	МПА	Колонии неправильной формы, крупные, поверхность шероховатая, профиль блестящий, структура мелкозернистая, прозрачность матовая
	окраска по Грамму	Грамм (-) кокки, диплококки и короткие, мелкие, расположенные одиночно палочки (bacillus)

Далее представлены фотографии микроорганизмов, выявленных с поверхности образцов, находящихся на площадке под открытым небом на МПА в чашках Петри и фотографии окраски по Грамму.

						БР-02069964-08.03.01-36-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Да-			114

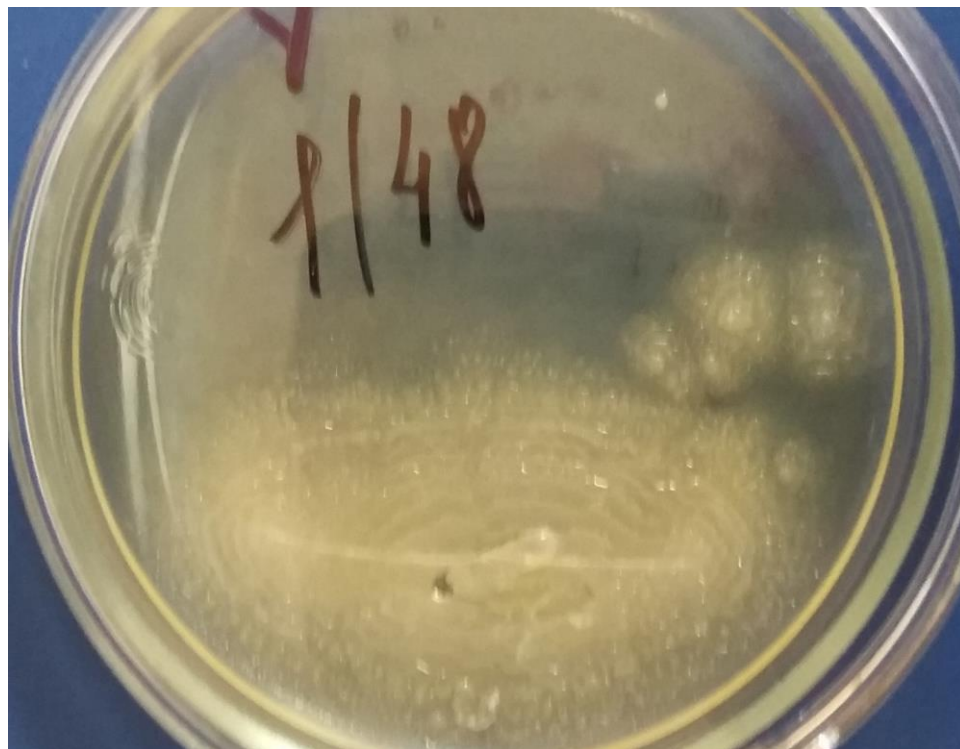


Рис. 4.31 – Рост колоний на МПА в чашке Петри. Смыв с поверхности образца № 48 состава 1, находящегося на площадке под открытым небом



Рис. 4.32 – Окраска по Грамму. Грамм (-) крупные, толстые палочки (bacillus), расположенные парно и одиночно. Образец № 48, состав 1

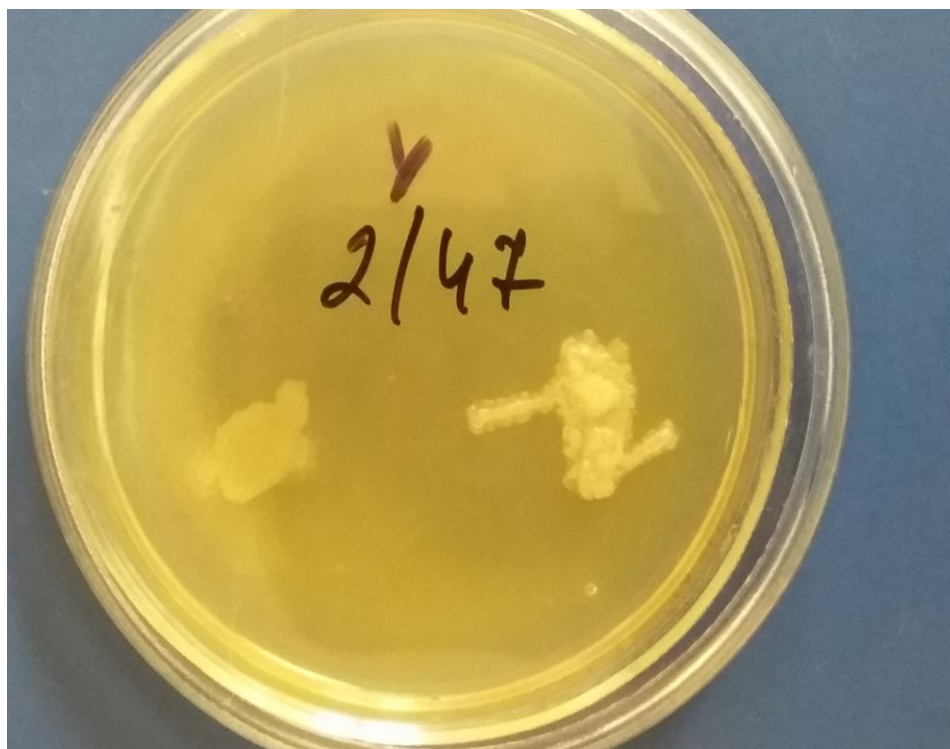


Рис. 4.33 – Рост колоний на МПА в чашке Петри. Смыв с поверхности образца № 47 состава 2, находящегося на площадке под открытым небом

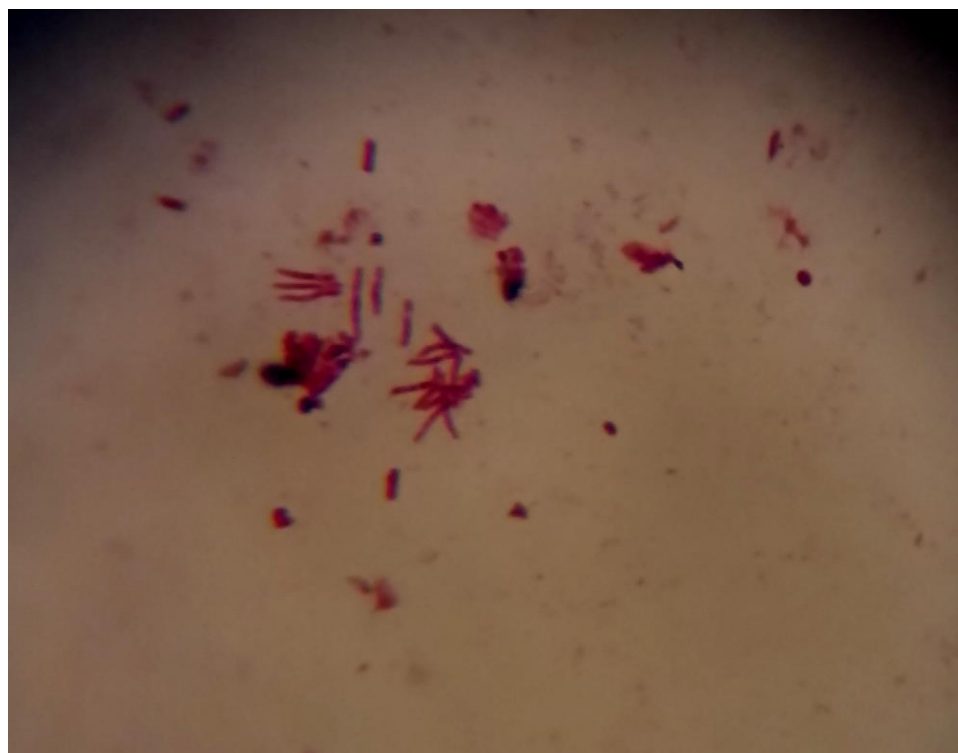


Рис. 4.34 – Окраска по Грамму. Грамм (-), расположенные парно кокки.
Образец № 47, состав 2

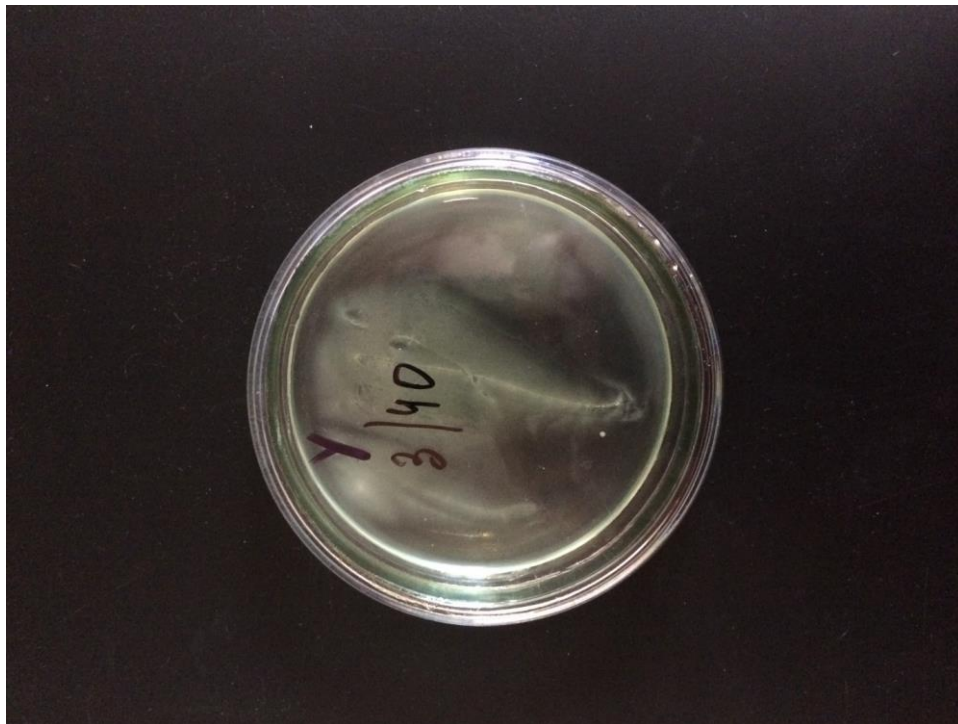


Рис. 4.35 – Рост колоний на МПА в чашке Петри. Смыв с поверхности образца № 40 состава 3, находящегося на площадке под открытым небом

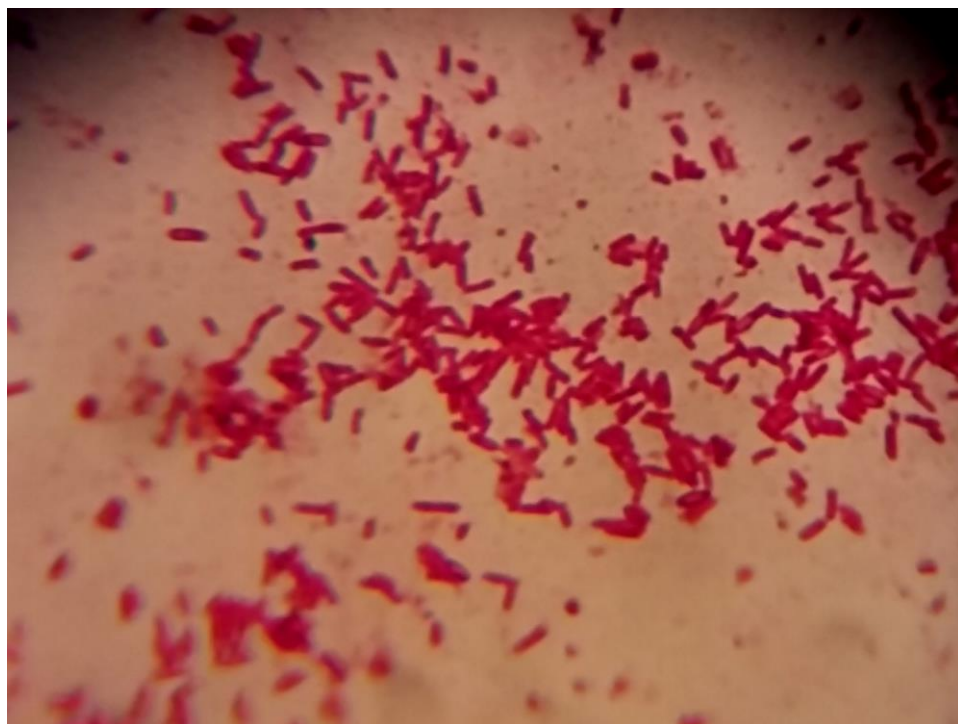


Рис. 4.36 – Окраска по Грамму. Грамм (–) длинные, мелкие, биполярные палочки (bacillus), расположенные одиночно. Образец № 40, состав 3

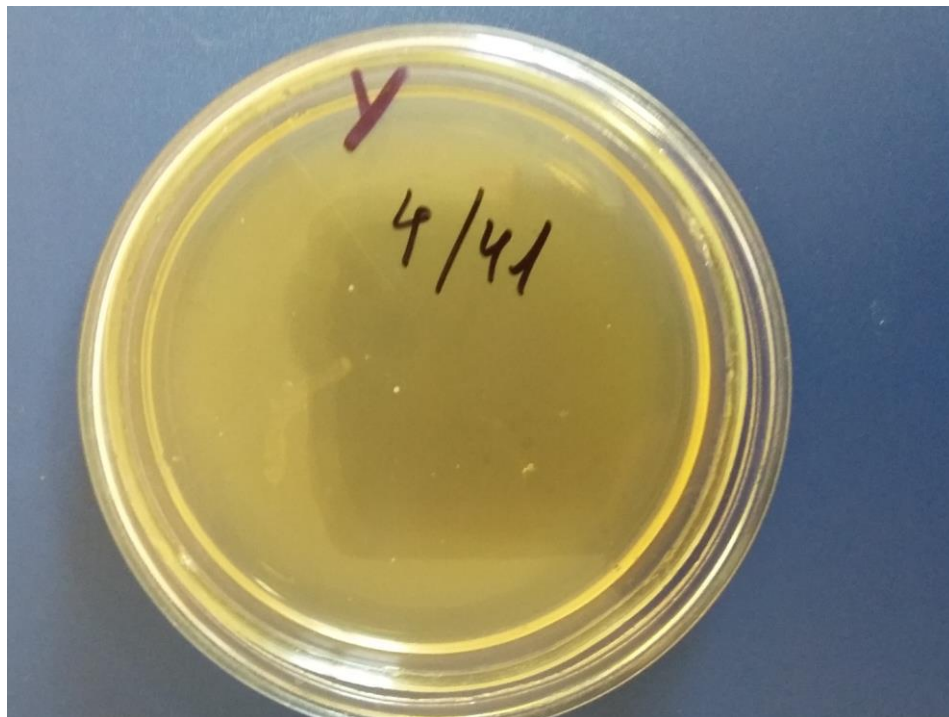


Рис. 4.37 – Рост колоний на МПА в чашке Петри. Смыв с поверхности образца № 41 состава 4, находящегося на площадке под открытым небом

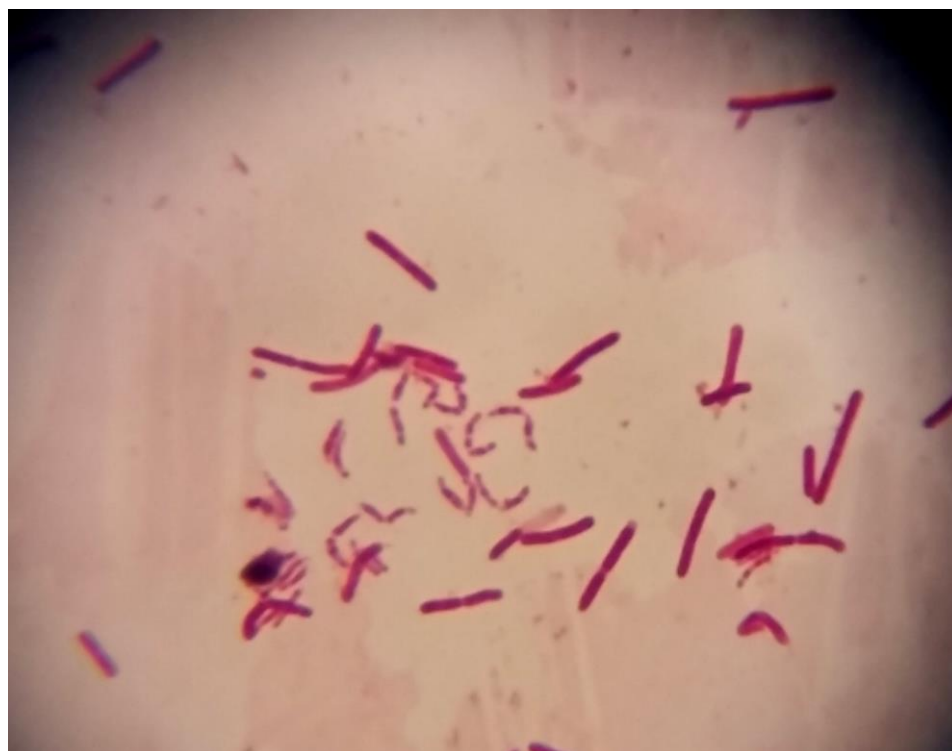


Рис. 4.38 – Окраска по Грамму. Грамм (-) длинные палочки (bacillus), расположенные одиночно. Образец № 41, состав 4

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Да-

БР-02069964-08.03.01-36-18

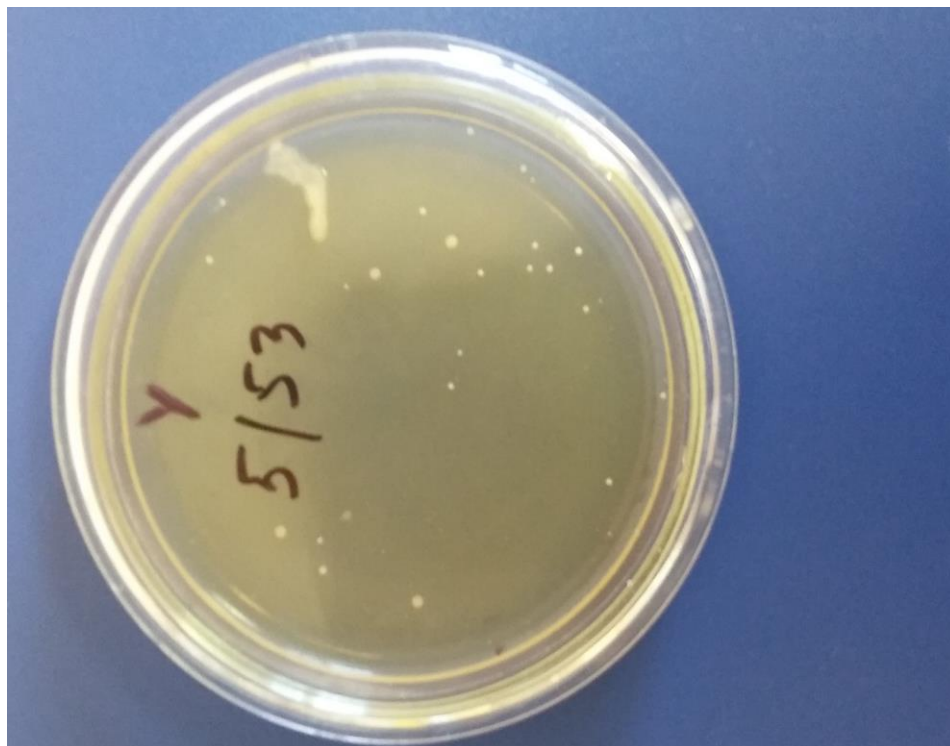


Рис. 4.39 – Рост колоний на МПА в чашке Петри. Смыв с поверхности образца № 53 состава 5, находящегося на площадке под открытым небом

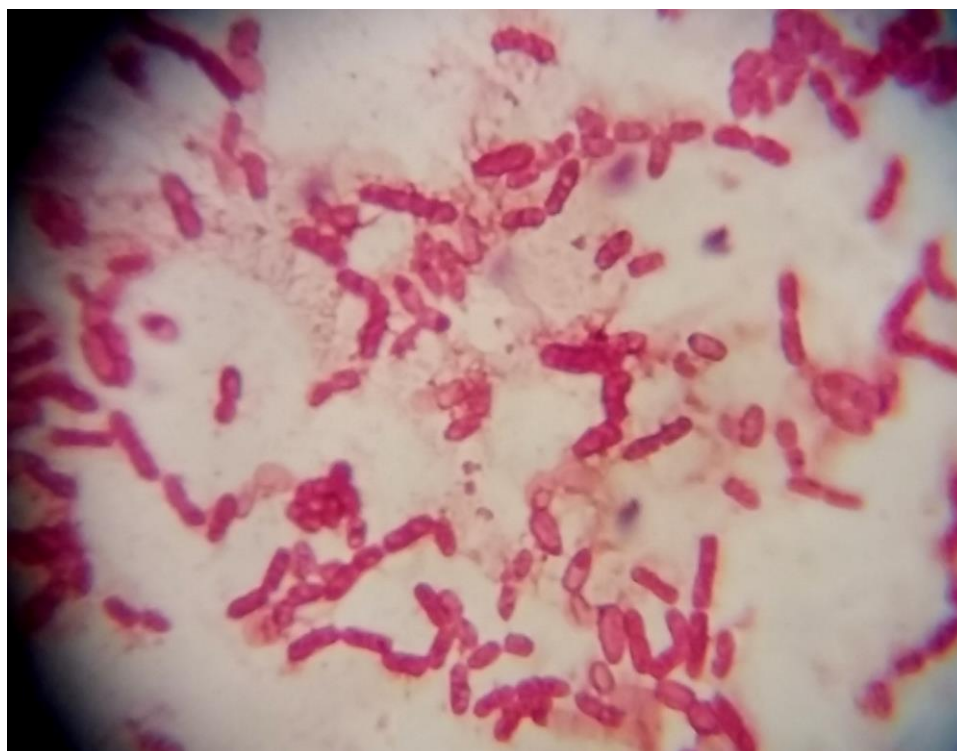


Рис. 4.40 – Окраска по Грамму. Грамм (-) крупные, толстые палочки (bacillus), расположенные парно и цепочками. Образец № 53, состав 5

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Да-

БР-02069964-08.03.01-36-18

Лист

119



Рис. 4.41 – Рост колоний на МПА в чашке Петри. Смыв с поверхности образца № 50 состава 6, находящегося на площадке под открытым небом

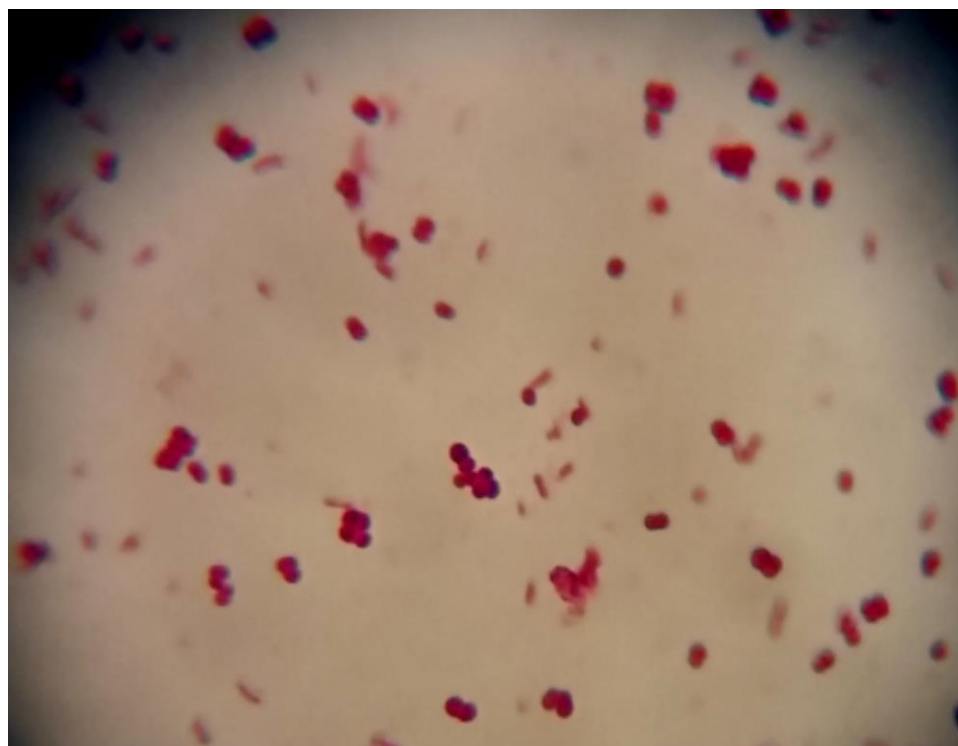


Рис. 4.42 – Окраска по Грамму. Грамм (-), расположенные одиночно и парно кокки, тетракокки и мелкие, короткие, тонкие грамм (-) палочки (bacillus).

Образец № 50, состав 6

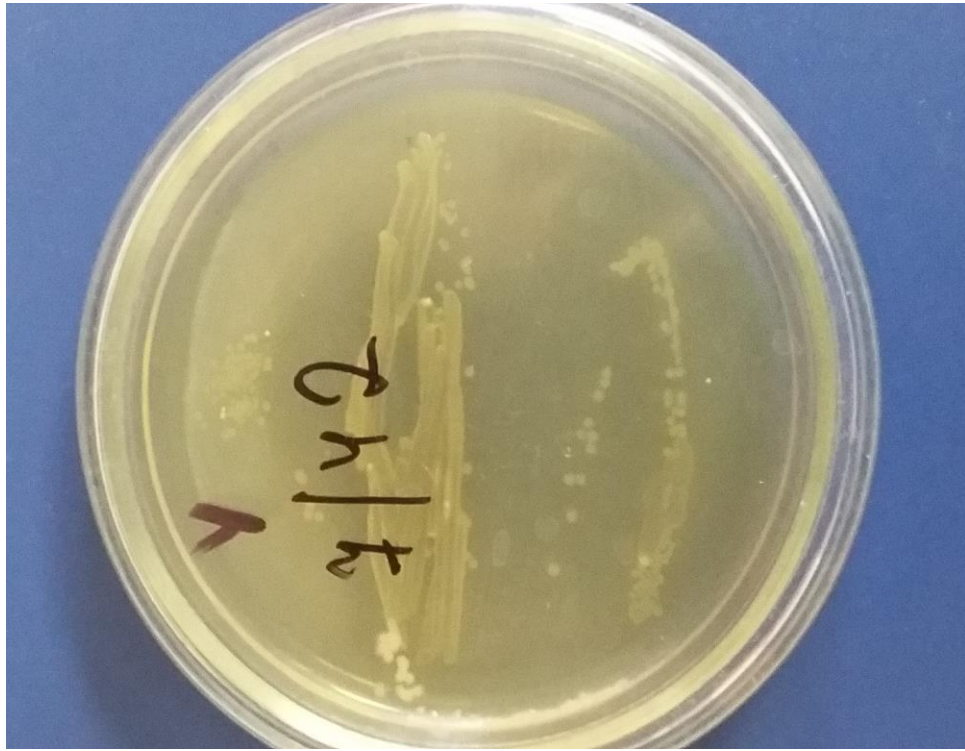


Рис. 4.43 – Рост колоний на МПА в чашке Петри. Смыв с поверхности образца № 42 состава 7, находящегося на площадке под открытым небом

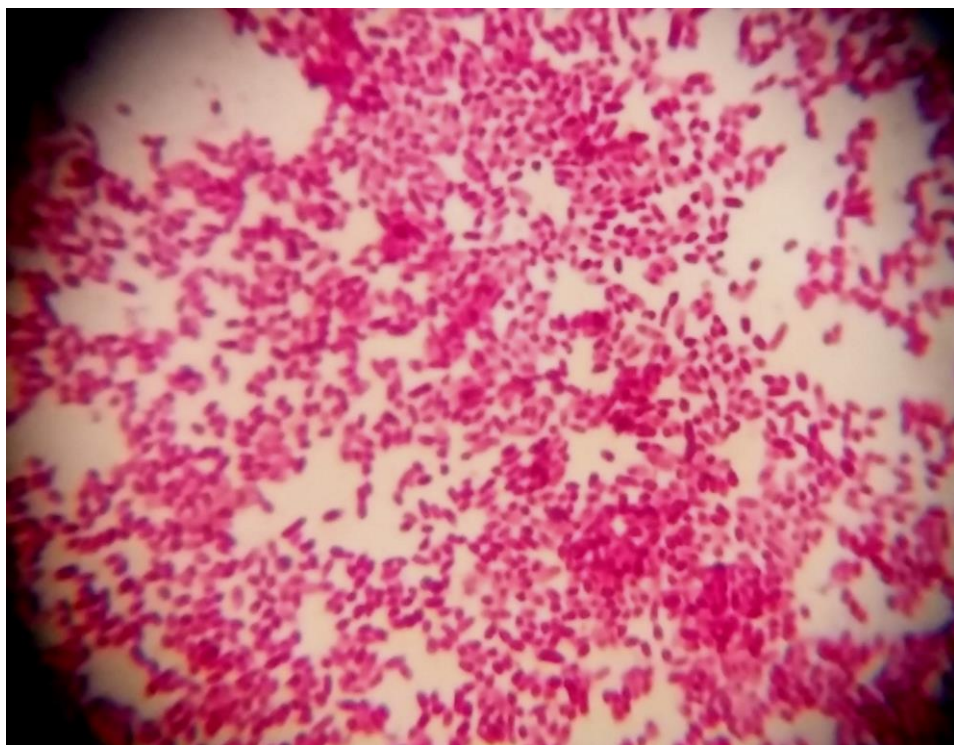


Рис. 4.44 – Окраска по Грамму. Грамм (-), расположенные одиночно кокки.
Образец № 42, состав 7

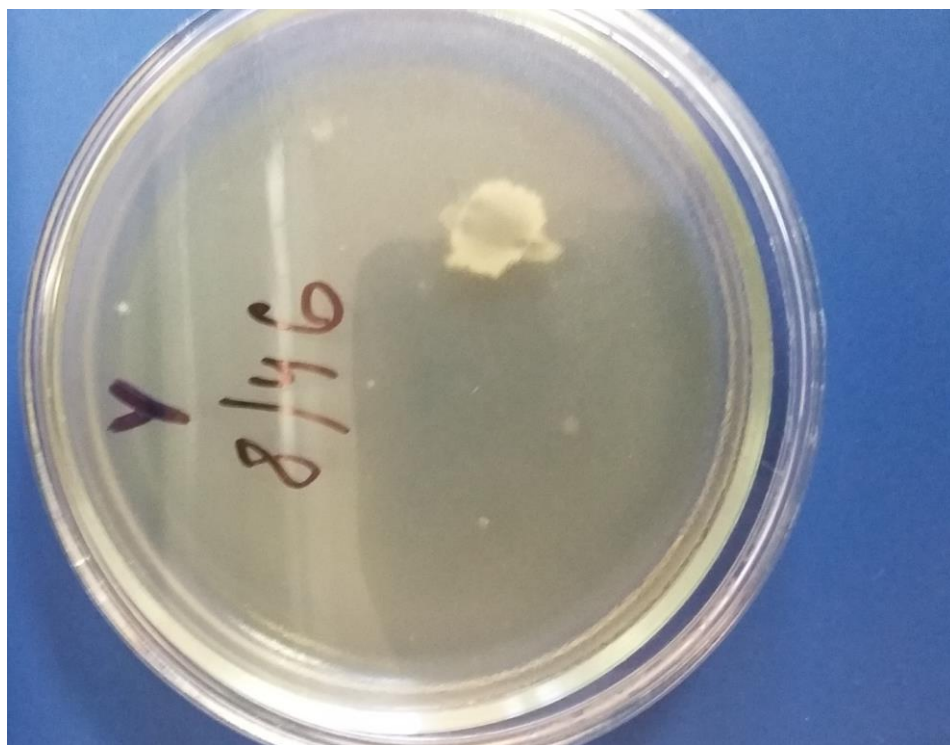


Рис. 4.45 – Рост колоний на МПА в чашке Петри. Смыв с поверхности образца № 46 состава 8, находящегося на площадке под открытым небом

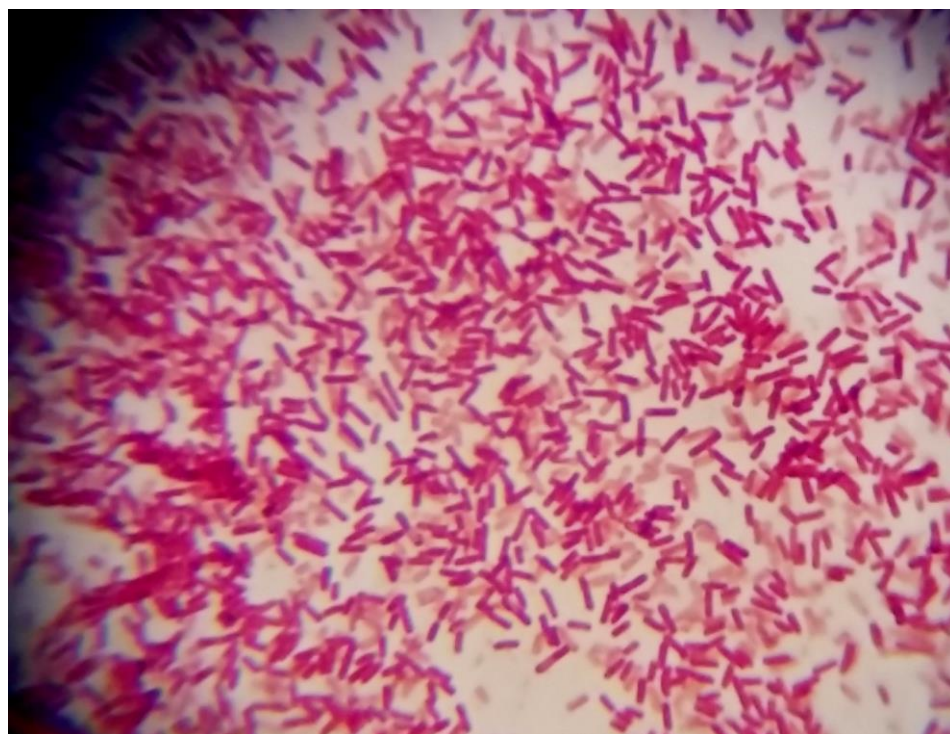


Рис. 4.46 – Окраска по Грамму. Грамм (–) короткие, тонкие, мелкие палочки (bacillus), расположенные одиночно. Образец № 46, состав 8



Рис. 4.47 – Рост колоний на МПА в чашке Петри. Смыв с поверхности образца № 40 состава 9, находящегося на площадке под открытым небом



Рис. 4.48– Окраска по Грамму. Грамм (–) короткие, тонкие, мелкие палочки (bacillus), Грамм (–) длинные, тонкие палочки (bacillus). Образец № 40, состав 9



Рис. 4.49 – Рост колоний на МПА в чашке Петри. Смыв с поверхности образца № 46 состава 10, находящегося на площадке под открытым небом

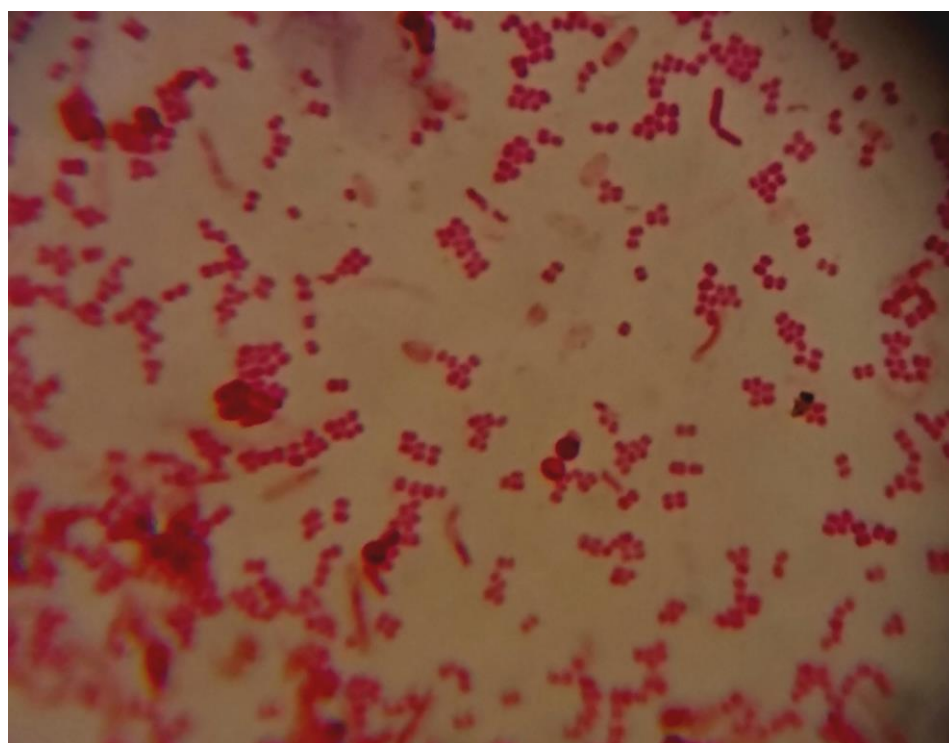


Рис. 4.50 – Окраска по Грамму. Грамм (-) диплококки и тетракокки, стрептококки, расположенные одиночно. Образец № 46, состав 10

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Да-

БР-02069964-08.03.01-36-18

Лист

124



Рис. 4.51 – Рост колоний на МПА в чашке Петри. Смыв с поверхности образца № 43 состава 11, находящегося на площадке под открытым небом

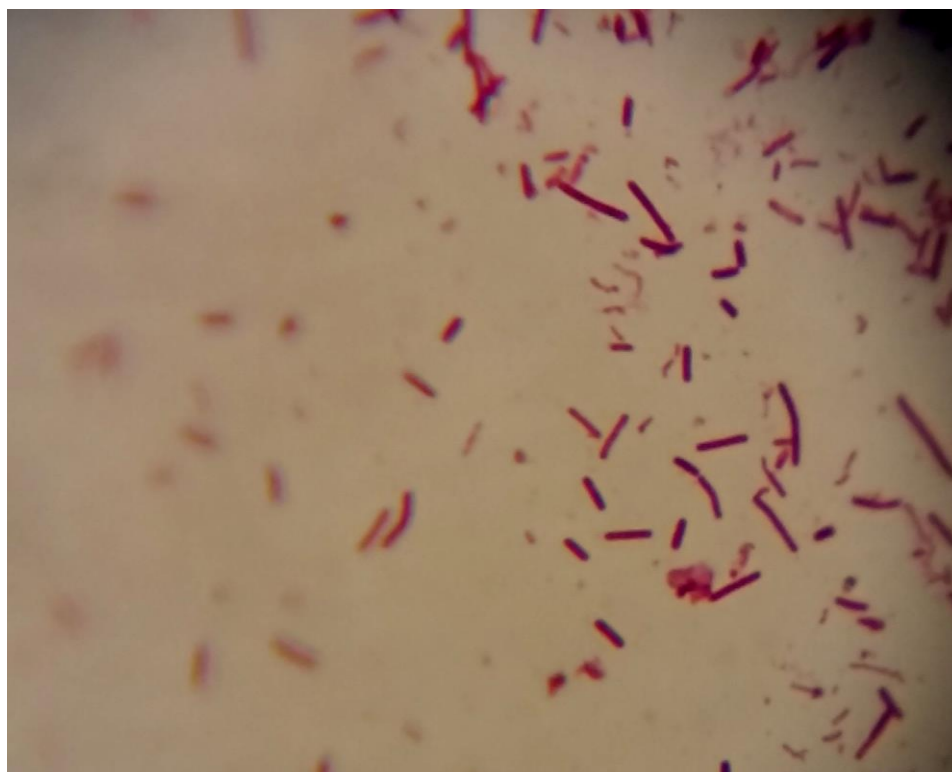


Рис. 4.52 – Окраска по Грамму. Грамм (-) длинные, тонкие палочки (bacillus), расположенные одиночно. Образец № 43, состав 11

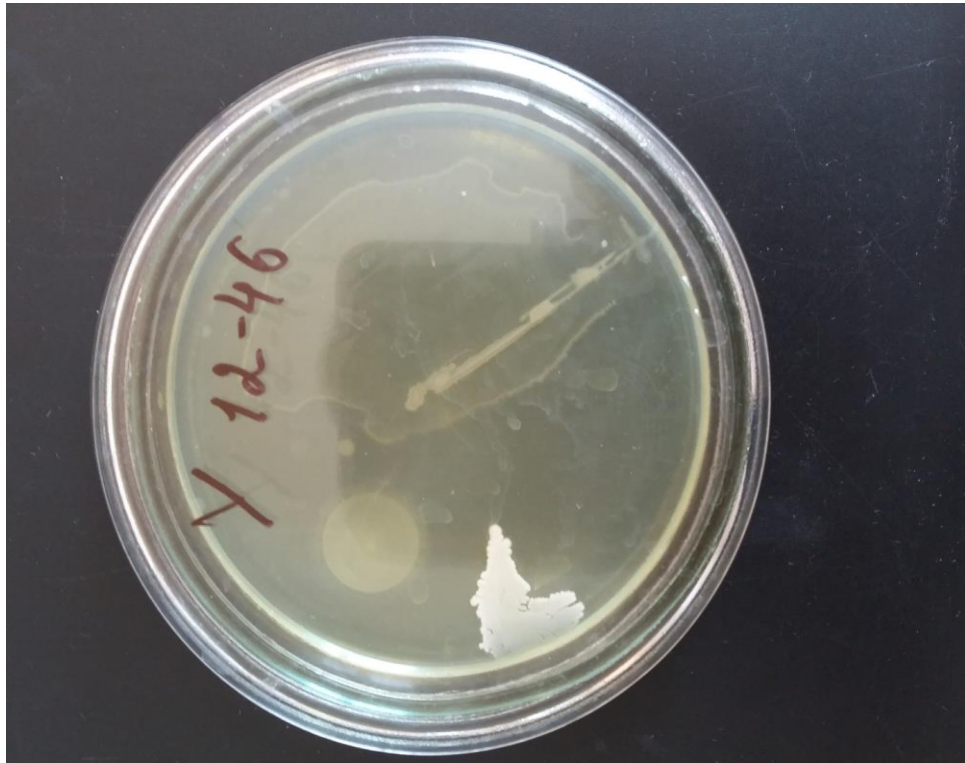


Рис. 4.53 – Рост колоний на МПА в чашке Петри. Смыв с поверхности образца № 46 состава 12, находящегося на площадке под открытым небом

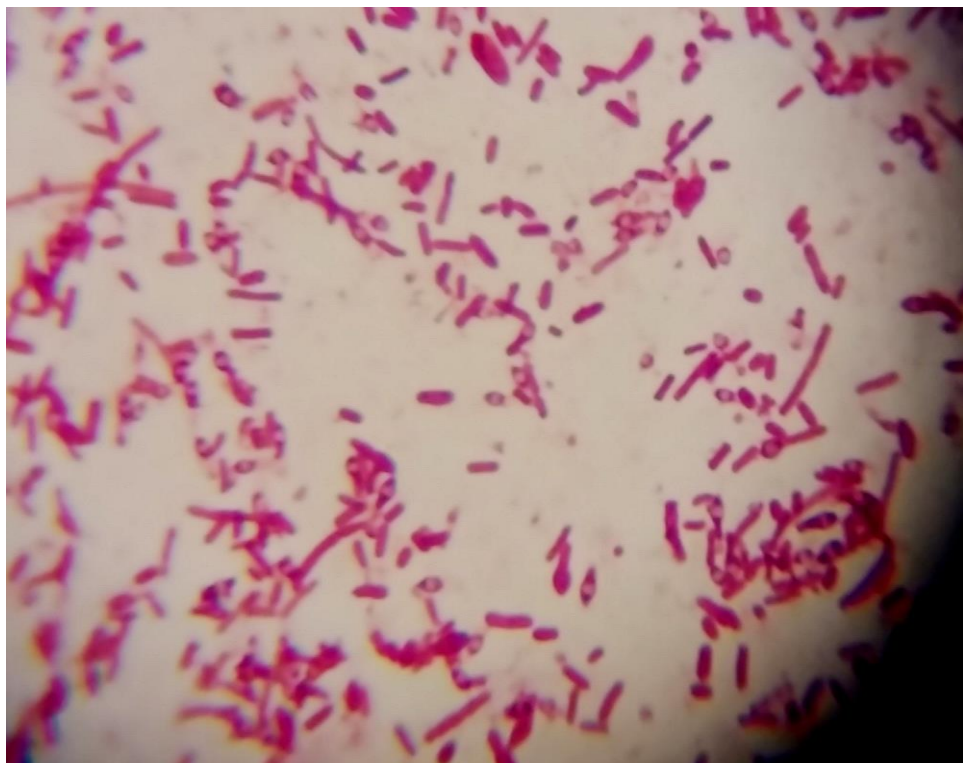


Рис. 4.54 – Окраска по Грамму. Грамм (-) длинные, тонкие палочки (bacillus), расположенные одиночно. Образец № 46, состав 12



Рис. 4.55 – Рост колоний на МПА в чашке Петри. Смыв с поверхности образца № 42 состава 13, находящегося на площадке под открытым небом

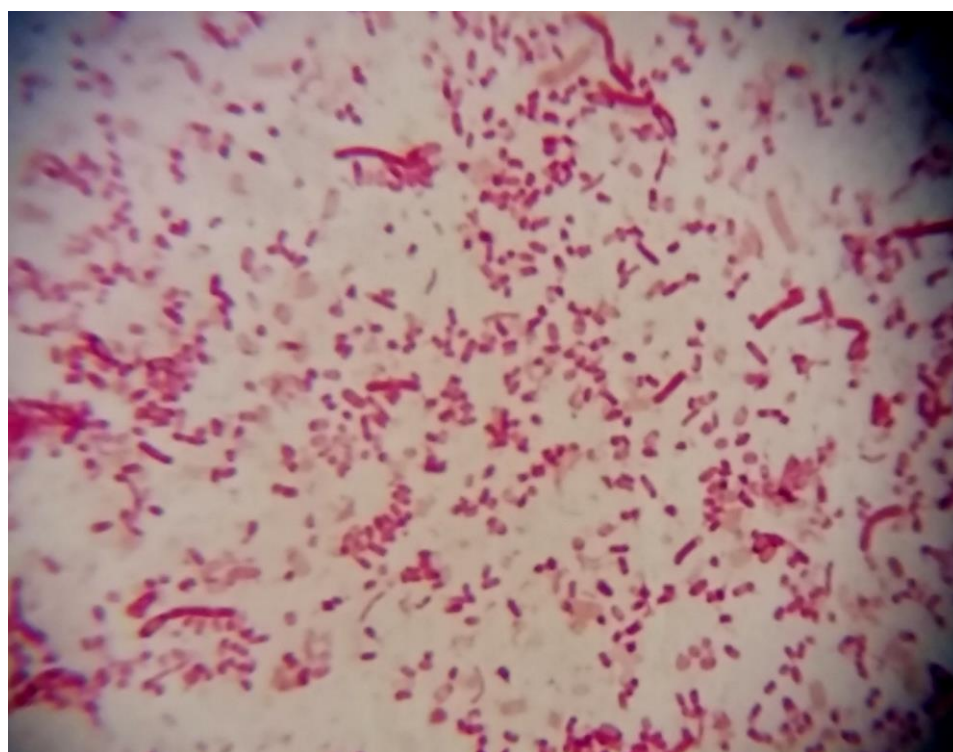


Рис. 4.56 – Окраска по Грамму. Грамм (-) кокки, диплококки и короткие, мелкие, расположенные одиночно палочки (bacillus). Образец № 42, состав 13

Результаты микробиологического исследования образцов, которые находились на площадке под открытым небом, позволили выявить наличие на их поверхности палочковидных бактерий рода bacillus, кокков, диплококков, тетракокков и стрептококков.

Рассмотрим более подробно бактерии шаровидные – кокки, выявленные на образцах.

Диплококки относятся и к грамотрицательным, и к грамположительным бактериям. Они патогенны. Примеры шаровидных бактерий, относящихся к диплококкам – это гонококки, пневмококки и менингококки. Они являются возбудителями гонореи, крупозной пневмонии и менингита.

Стрептококков множество в микрофлоре человека. При делении эти шаровидные бактерии создают бусы или цепочки микроорганизмов. Стрептококки могут стать причиной инфекционных и воспалительных процессов. Излюбленные места локализации – ротовая полость, ЖКТ, половые органы и слизистая дыхательных путей.

Тетракокки – кокки, которые делятся в двух взаимно перпендикулярных плоскостях и располагаются по четыре с образованием тетрад. Патогенные для человека виды встречаются редко.

Человек, сам того не подозревая, постоянно сталкивается в своей жизни с кокковидными микроорганизмами. Кокки находятся в воздухе, которым мы дышим, в земле, по которой мы ходим, в цветах, которые мы собираем, в воде рек и морей, в пище, которую мы едим, и даже в нашем организме. Одни виды кокков полезны для человека их используют в производстве молочных продуктов (кефир, масла, сыров), при приготовлении силоса; они участвуют в круговороте веществ в природе, разлагая различные отмершие остатки растений и животных и выполняя тем самым роль мусорщиков; они стимулируют рост культурных растений, снабжая их витаминами и гетероауксинами. Другие виды кокков наносят большой вред человеку (стрептококки, диплококки и др.).

					БР-02069964-08.03.01-36-18	Лист
Изм.	Лист	№ доквм.	Подпись	Да-		128

4.2.3 Видовой состав микроорганизмов, выявленных с поверхности образцов, находящихся под навесом

Отечественная и зарубежная статистика показывает, что из микроорганизмов наибольшее повреждающее воздействие на промышленные и строительные материалы оказывают микроскопические грибы [4, 16, 24, 39, 44, 60, 65, 66, 76], высокая деструктирующая активность которых обусловлена способностью адаптироваться к материалам различной химической природы, что связано прежде всего с наличием у них хорошо развитого и мобильного ферментного комплекса [73].

Большинство грибов, вызывающих повреждение и коррозию, обладают огромной энергией размножения. Многие из них размножаются спорами (конидиями), образуя в количестве, исчисляемом сотнями тысяч и миллионами на малую поверхность субстрата. Они способны распространяться потоком воздуха, оседать на частицах органической и минеральной пыли, а затем на различных поверхностях. При малых размерах (до 10 мкм) эти споры весьма устойчивы и длительное время могут сохраняться жизнеспособными в неблагоприятных условиях.

На рост грибов и их физиологическую активность влияют многие факторы внешней среды: температура, кислотность, степень аэробности, свет, влажность, давление и др.

Температура – один из главных факторов в распространении, регуляции роста и физиологической активности грибов. Большинство их видов растет при температуре в пределах 18 – 25 °С. По отношению к температуре грибы разделяются на психрофильные, растущие при температуре от –3 до +10 °С, мезофильные, растущие при температуре 10 – 38 °С; термофильные, растущие при температуре 10 – 50 °С и выше. Оптимальная температура для различных видов грибов неодинакова. Например, виды рода *Aspergillus* являются более теплолюбивыми по сравнению с типичными представителями мезофильных и психрофильных видов рода *Penicillium*.

Основным же фактором, способствующим развитию грибов на материале или конструкции, служит вода. Ее содержание в полимере является одним из решающих факторов предельного накопления биомассы и скорости роста на полимерном материале. Грибы начинают развиваться при влажности выше 75 %. Оптимум влажности для грибов – 90 % и выше. Однако известны случаи, когда споры грибов выдерживали высушивание в течение 20 лет, замораживание при температуре жидкого азота –190 °С в течение полугода, после чего в благоприятных условиях они прорастали [51]. Большое значение для роста грибов на конструкциях и изделиях имеет наличие влаги на поверхности субстрата. Если материал имеет незначительную влажность, то сначала появляются менее требовательные к влажности грибы, а уже затем – более влаголюбивые виды или грибы, для которых первые микромицеты являются питательной средой. Влага может вноситься за счет самих микробных клеток, которые содержат ее 80 % и более. Необходимо упомянуть и о группе тонофильных грибов, способных разрушать сухие субстраты при высокой влажности окружающей среды [12, 31].

Повреждение грибами начинается, как правило, с небольших участков. Даже на биостойких материалах могут наблюдаться мелкие колонии мицелиальных грибов, поселившихся на загрязнениях биологического происхождения. Особенно благоприятны для роста микромицетов условия повышенной влажности и затрудненного воздухообмена, нередко создающиеся при эксплуатации различного оборудования в закрытых помещениях. В этом случае рост грибов не прекращается до полного исчерпания источника питания, после чего погибшая колония служит источником питания для других микроорганизмов [14].

В качестве характеристики для оценки микробиологической стойкости материалов рассматривается степень обрастания грибами. Согласно ГОСТу она оценивается в баллах по шестибальной шкале: 0 – при осмотре под микроскопом рост плесневых грибов не виден; 1 – при осмотре под микроскопом видны проросшие споры и незначительно развитый мицелий в виде неветвящихся гиф; 2 – при осмотре под микроскопом виден мицелий в виде ветвящихся гиф, возможно спороношение; 3 – при осмотре невооруженным глазом рост грибов едва

заметен, но отчетливо виден под микроскопом; 4 – при осмотре невооруженным глазом отчетливо виден рост грибов, покрывающих до 25 % поверхности испытуемого образца; 5 – при осмотре невооруженным глазом отчетливо виден рост грибов, покрывающих более 25 % поверхности.

Микроорганизмы, выявленные с поверхности образцов, находившихся под навесом, представлены в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Смывы с поверхности образцов, находящихся под навесом

Номер пробы	Наименование питательной среды и способ окраски бактерий	Описание роста бактерий на питательной среде и описание окрашенных мазков
1	2	3
1 – 36	МПА	Рост гриба рода <i>Mucor</i>
	окраска по Грамму	—
2 – 36	МПА	Рост колоний сплошной, поверхность гладкая, прозрачность тусклая и матовая, колонии серо-белого цвета, структура однородная, консистенция плотная
	окраска по Грамму	Грамм (–) короткие, тонкие палочки (<i>bacillus</i>), расположенные одиночно
3 – 35	МПА	Рост колоний сплошной, поверхность гладкая, прозрачность тусклая, колонии серо-белого цвета, структура однородная, прозрачность матовая, консистенция плотная
	окраска по Грамму	Грамм (–) короткие, толстые, биполярные палочки (<i>bacillus</i>), расположенные одиночно
4 – 36	МПА	Рост колоний сплошной, поверхность гладкая, прозрачность тусклая, структура однородная, цвет колоний серо-белый, консистенция слизистая
	окраска по Грамму	Грамм (–) толстые крупные палочки (<i>bacillus</i>), расположенные парно и длинные, тонкие грамм (–) палочки (<i>bacillus</i>), расположенные парно и одиночно, короткие мелкие одиночные грамм (–) палочки
5 – 40	МПА	Рост колоний сплошной, поверхность гладкая, цвет колоний серо-белого, структура однородная, прозрачность тусклая, консистенция плотная
	окраска по Грамму	Грамм (–) короткие, тонкие палочки (<i>bacillus</i>), расположенные одиночно
6 – 41	МПА	Рост колоний одиночный, поверхность гладкая, форма неправильная, края неровные, прозрачность матовая, колонии серо-белого цвета, структура однородная, консистенция слизистая
	окраска по Грамму	Грамм (–) короткие, толстые палочки (<i>bacillus</i>), расположенные одиночно
7 – 36	МПА	Рост гриба рода <i>Mucor</i>
	окраска по Грамму	—
8 – 34	МПА	Рост колоний сплошной, поверхность гладкая, цвет колоний серо-белого цвета, структура однородная, прозрачность тусклая, консистенция плотная
	окраска по Грамму	Грамм (–) крупные, толстые, короткие палочки (<i>bacillus</i>), расположенные одиночно
9 – 35	МПА	Рост гриба рода <i>Mucor</i>
	окраска по Грамму	—
10 – 34	МПА	Рост колоний сплошной, поверхность гладкая, края неровные, колонии серо-белого цвета, структура однородная, прозрачность матовая, консистенция плотная
	окраска по Грамму	Грамм (–) длинные палочки (<i>bacillus</i>), расположенные одиночно

Окончание таблицы 4.5

1	2	3
11 – 36	МПА	Рост колоний одиночный, форма неправильная, колонии крупные (больше 5 мм) с неровными краями, поверхность гладкая, колонии серо-белого цвета, прозрачность мутная и матовая, консистенция слизистая
	окраска по Грамму	Гр (-) длинные, толстые палочки (bacillus), расположенные одиночно
12 – 36	МПА	Рост колоний сплошной, поверхность гладкая, профиль матовый, цвет колоний серо-белый, структура однородная, прозрачность тусклая, консистенция плотная
	окраска по Грамму	Грамм (-) длинные, тонкие, толстые палочки (bacillus), расположенные цепочкой, крупные грамм (-) палочки (bacillus)
13 – 36	МПА	Рост колоний сплошной, поверхность гладкая, профиль матовый, цвет колоний белый, структура однородная, прозрачность тусклая и матовая, консистенция слизистая
	окраска по Грамму	Грамм (-) короткие, толстые, биполярные палочки (bacillus)

Далее представлены фотографии микроорганизмов, выделенных с поверхности образцов, находящихся под навесом на МПА в чашках Петри и фотографии окраски по Грамму.

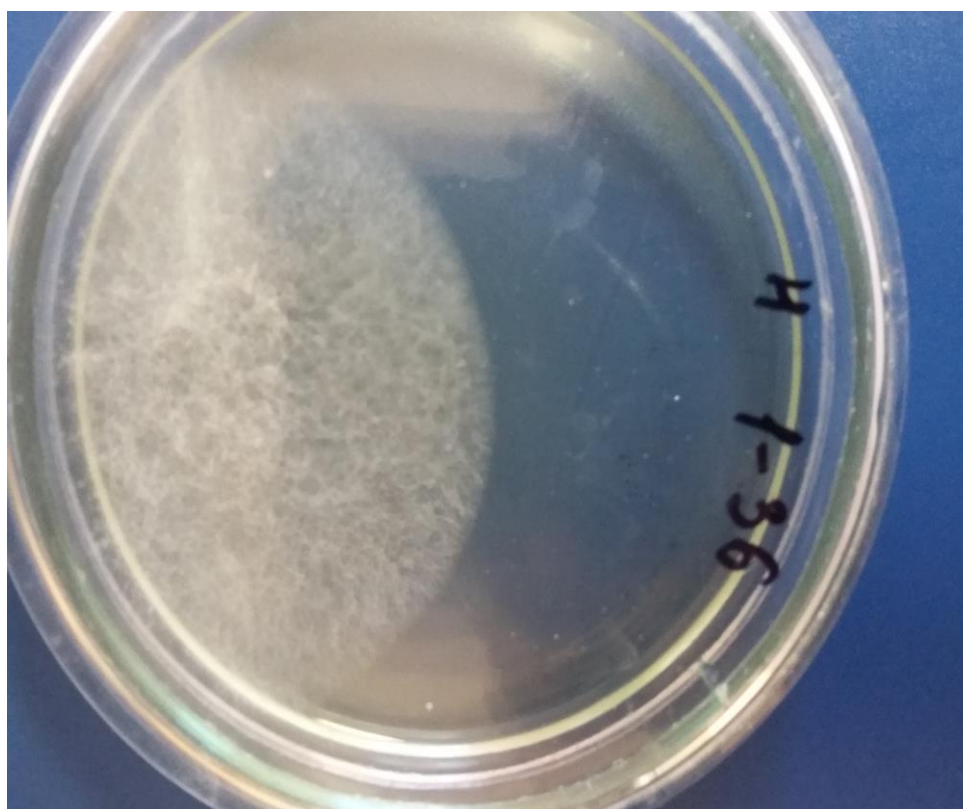


Рис. 4.57 – Рост колоний на МПА в чашке Петри. Смыв с поверхности образца № 36 состава 1, находящегося под навесом. Воздушный мицелий гриба рода *Mucor*, сем. *Mucoraceae*

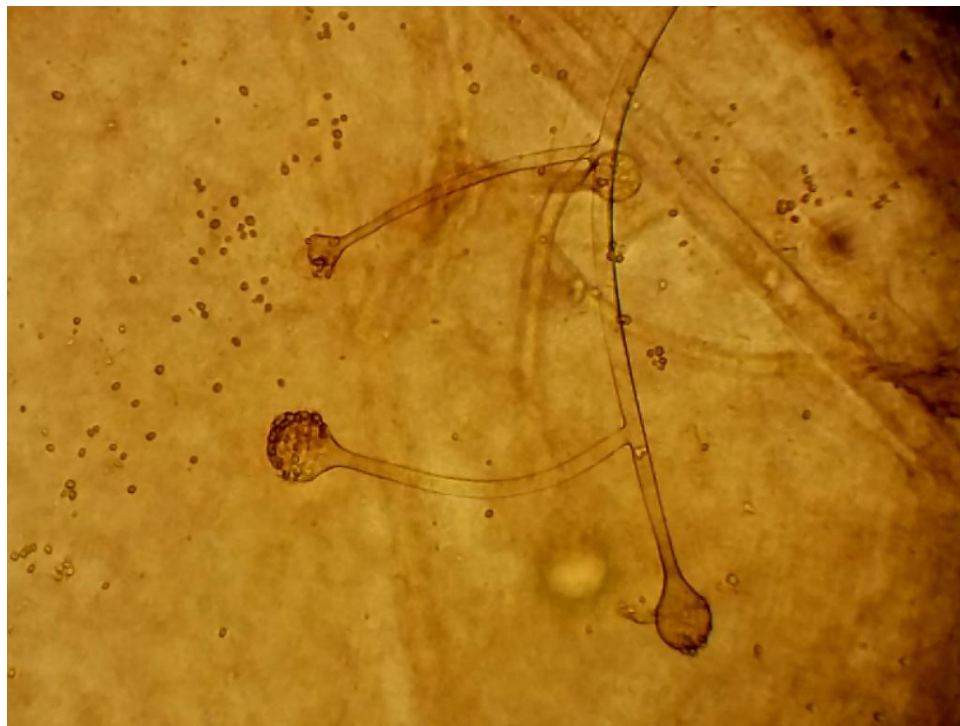


Рис. 4.58 – Прямостоящий спорангиеносец с выбросом из шаровидного спорангия спор гриба рода *Mucor*. Образец № 36, состав 1

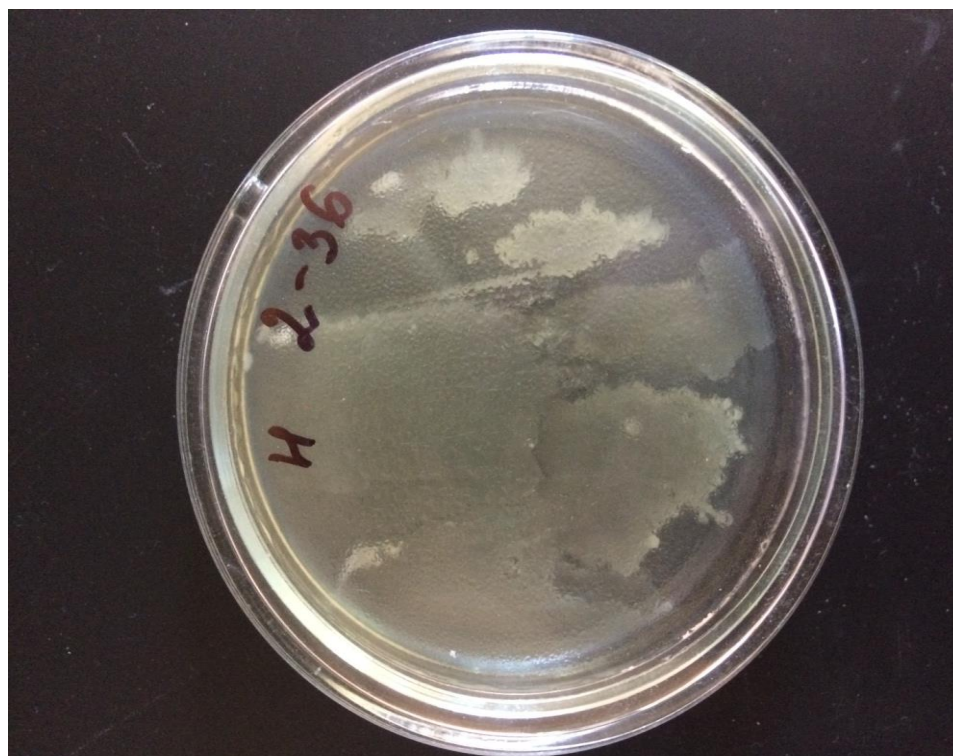


Рис. 4.59 – Рост колоний на МПА в чашке Петри. Смыв с поверхности образца № 36 состава 2, находящегося под навесом

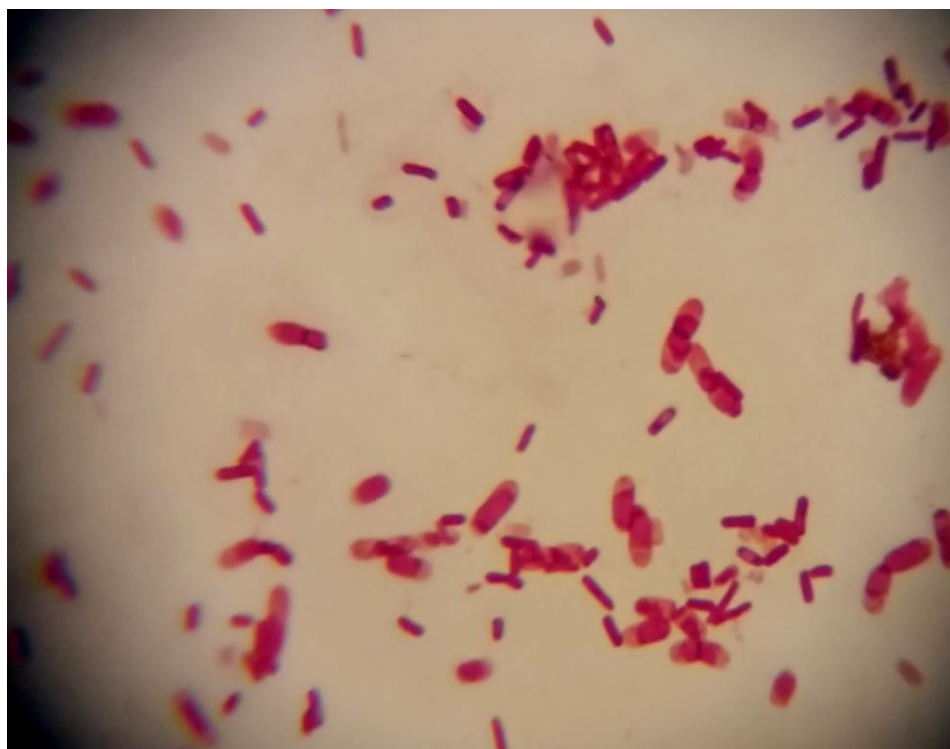


Рис. 4.60 – Окраска по Грамму. Грамм (-) короткие, тонкие палочки (bacillus), расположенные одиночно. Образец № 36, состав 2

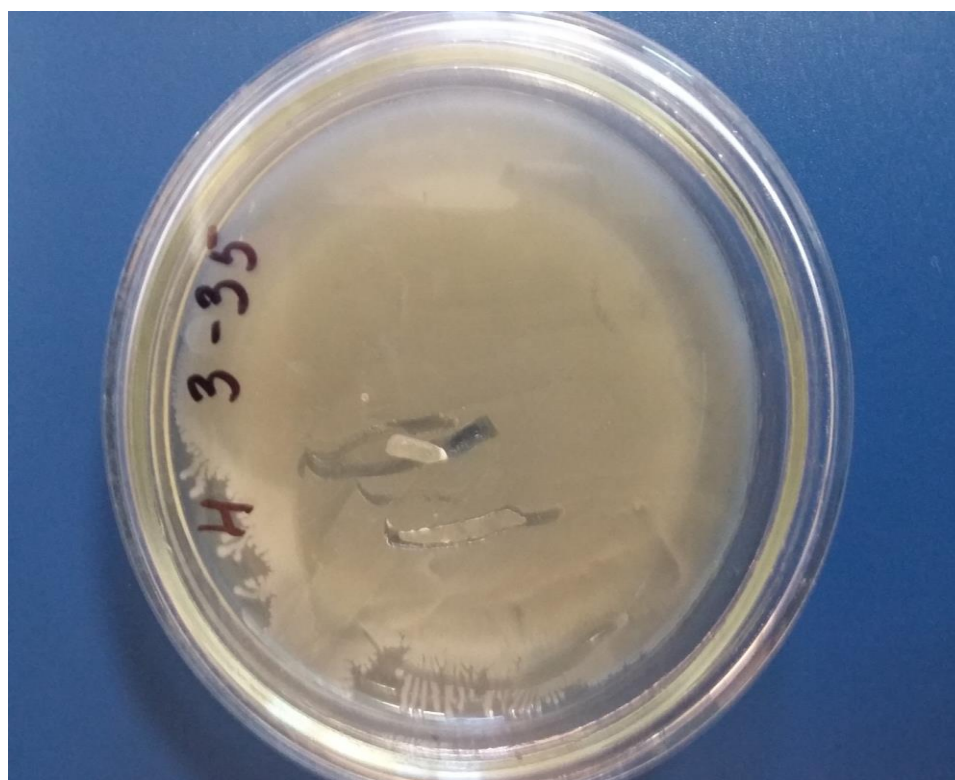


Рис. 4.61 – Рост колоний на МПА в чашке Петри. Смыв с поверхности образца № 35 состава 3, находящегося под навесом

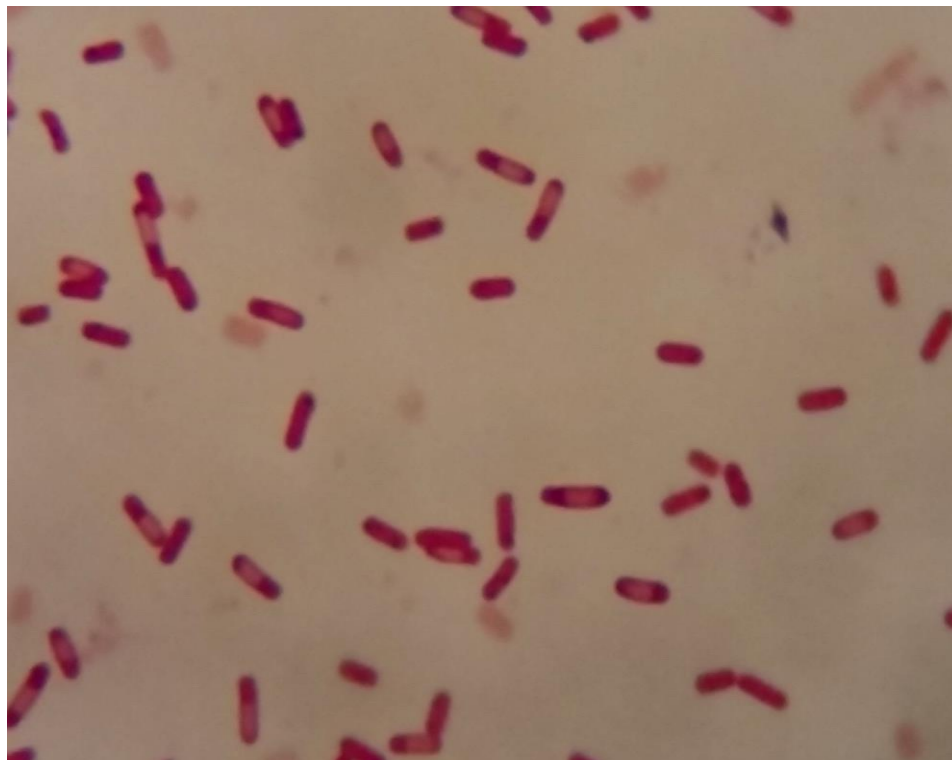


Рис. 4.62 – Окраска по Грамму. Грамм (-) короткие, толстые, биполярные палочки (bacillus), расположенные одиночно. Образец № 35, состав 3



Рис. 4.63 – Рост колоний на МПА в чашке Петри. Смыв с поверхности образца № 36 состава 4, находящегося под навесом

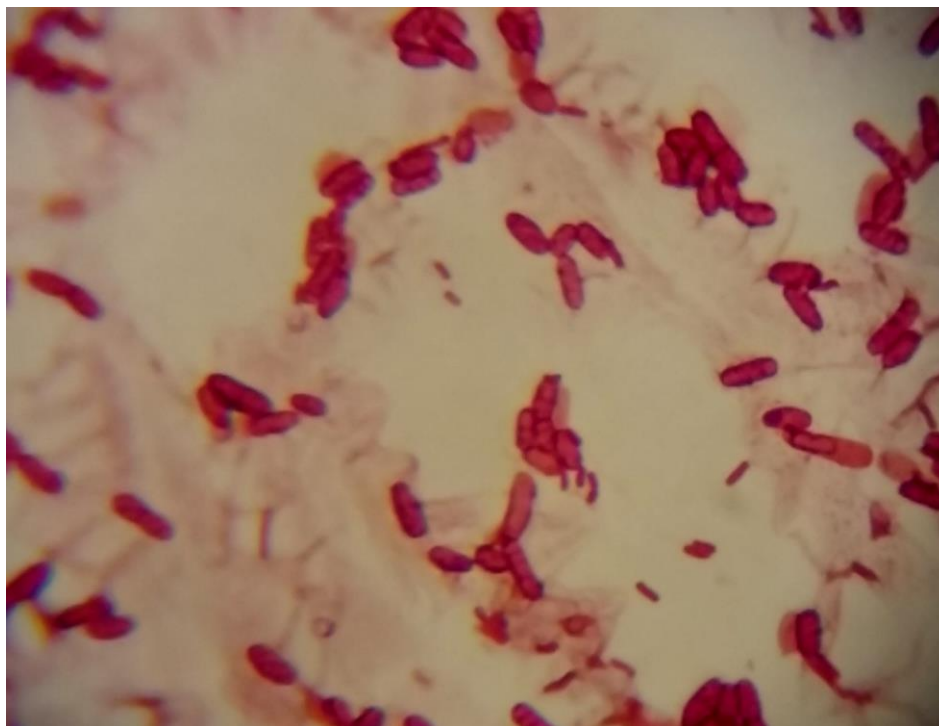


Рис. 4.64 – Окраска по Грамму. Грамм (-) короткие, толстые, палочки (bacillus), расположенные парно и длинные, тонкие Грамм (-) палочки (bacillus), расположенные парно и одиночно, короткие мелкие одиночные Грамм (-) палочки. Образец № 36, состав 4

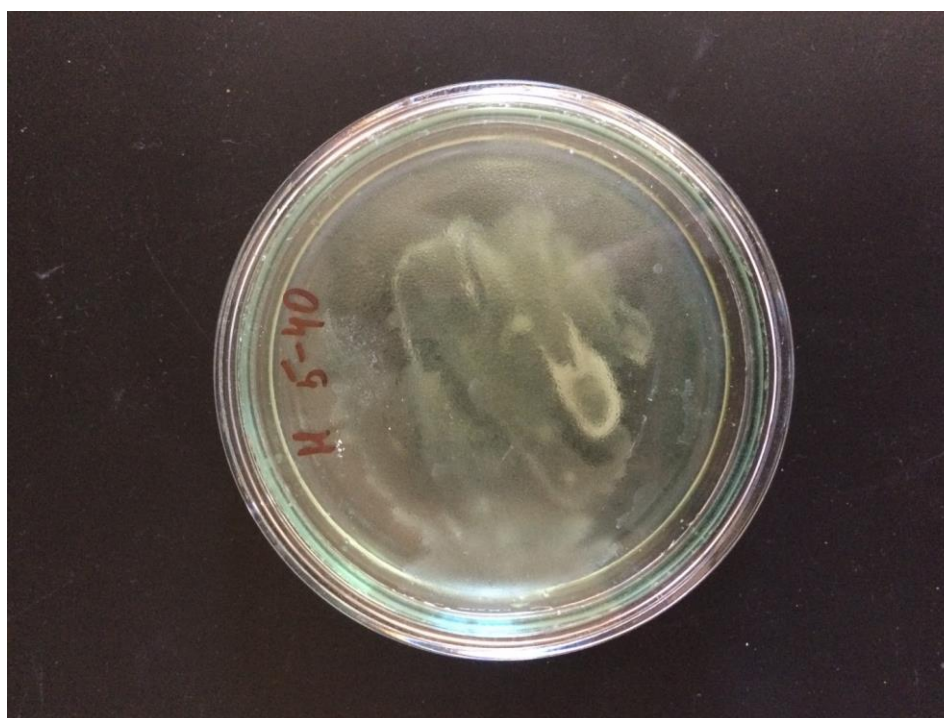


Рис. 4.65 – Рост колоний на МПА в чашке Петри. Смыв с поверхности образца № 40 состава 5, находящегося под навесом



Рис. 4.66 – Окраска по Грамму. Грамм (-) короткие, тонкие палочки (bacillus), расположенные одиночно. Образец № 40, состав 5



Рис. 4.67 – Рост колоний на МПА в чашке Петри. Смыв с поверхности образца № 41 состава 6, находящегося под навесом

Изм.	Лист	№ доквм.	Подпись	Да-

БР-02069964-08.03.01-36-18

Лист

137

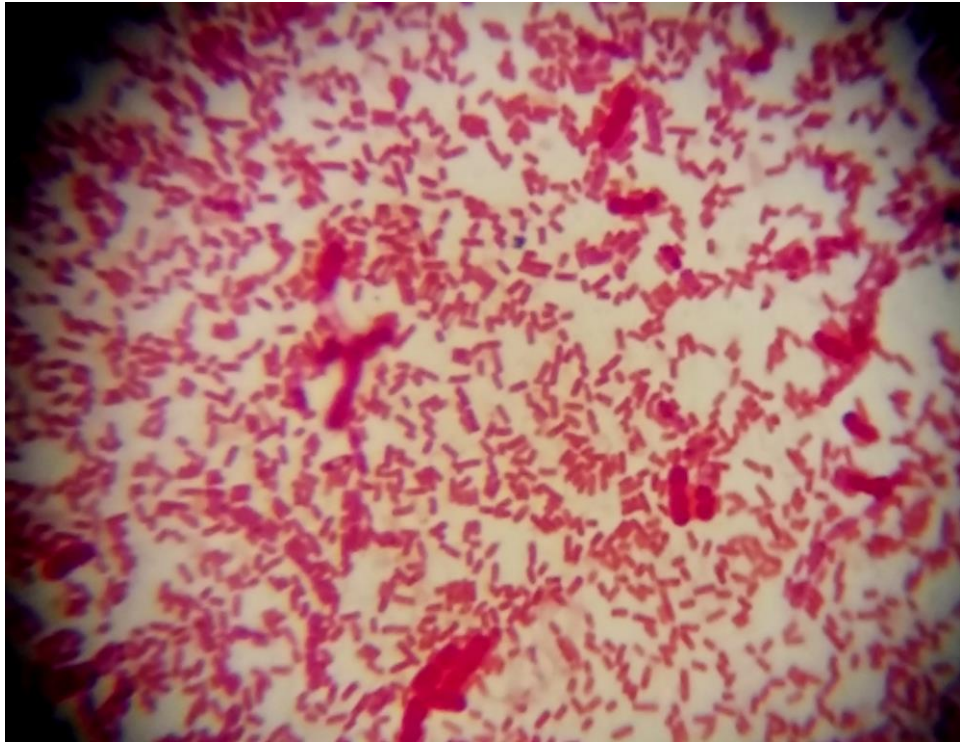


Рис. 4.68 – Окраска по Грамму. Грамм (-) короткие, тонкие палочки (bacillus), расположенные одиночно. Образец № 41, состав 6



Рис. 4.69 – Рост колоний на МПА в чашке Петри. Смыв с поверхности образца № 36 состава 7, находящегося под навесом

Изм.	Лист	№ доквм.	Подпись	Да-

БР-02069964-08.03.01-36-18

Лист

138



Рис. 4.70 – Прямостоящий спорангиеносец с шаровидным спорангием, внутри которого находятся спорангиоспоры. Гриб рода *Mucor*. Образец № 36, состав 7



Рис. 4.71 – Рост колоний на МПА в чашке Петри. Смыв с поверхности образца № 34 состава 8, находящегося под навесом

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Да-

БР-02069964-08.03.01-36-18

Лист

139

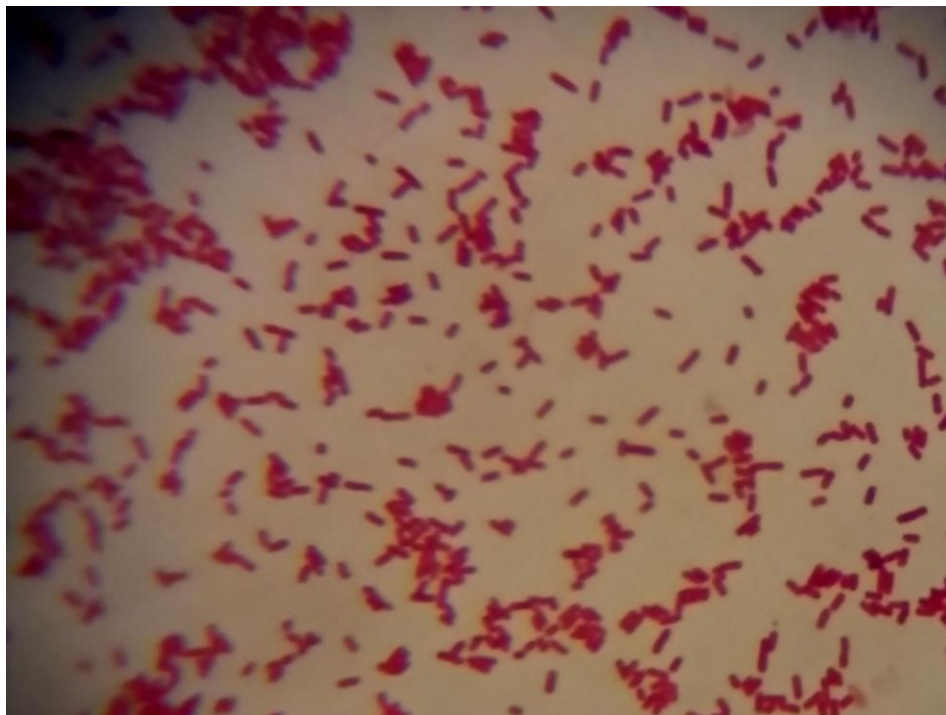


Рис. 4.72 – Окраска по Грамму. Грамм (-) крупные, толстые, короткие палочки (bacillus), расположенные одиночно. Образец № 34, состав 8

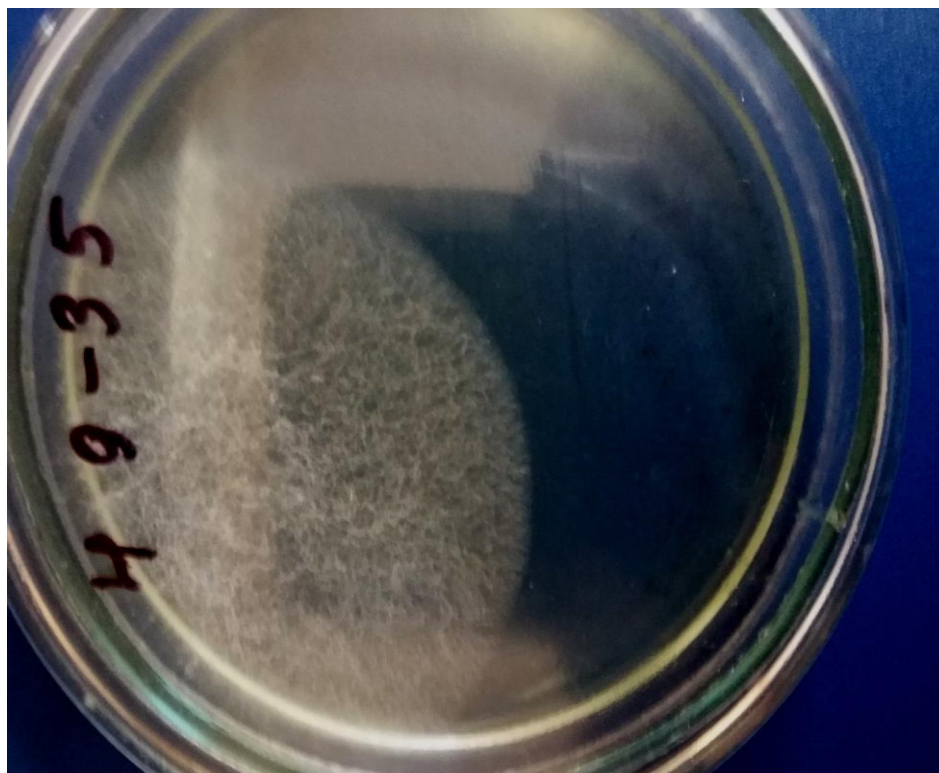


Рис. 4.73 – Рост колоний на МПА в чашке Петри. Смыв с поверхности образца № 35 состава 9, находящегося под навесом



Рис. 4.74 – Спорангиеносцы с освободившимися шаровидными спорангиями.

Гриб рода *Mucor*. Образец № 35, состав 9



Рис. 4.75 – Рост колоний на МПА в чашке Петри. Смыв с поверхности образца

№ 34 состава 10, находящегося под навесом

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Да-

БР-02069964-08.03.01-36-18

Лист

141



Рис. 4.76 – Окраска по Грамму. Грамм (-) длинные палочки (bacillus), расположенные одиночно. Образец № 34, состав 10



Рис. 4.77 – Рост колоний на МПА в чашке Петри. Смыв с поверхности образца № 36 состава 11, находящегося под навесом

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Да-

БР-02069964-08.03.01-36-18

Лист

142



Рис. 4.78 – Окраска по Грамму. Грамм (-) длинные, толстые палочки (bacillus), расположенные одиночно. Образец № 36, состав 11



Рис. 4.79 – Рост колоний на МПА в чашке Петри. Смыв с поверхности образца № 36 состава 12, находящегося под навесом

Изм.	Лист	№ доквм.	Подпись	Да-

БР-02069964-08.03.01-36-18

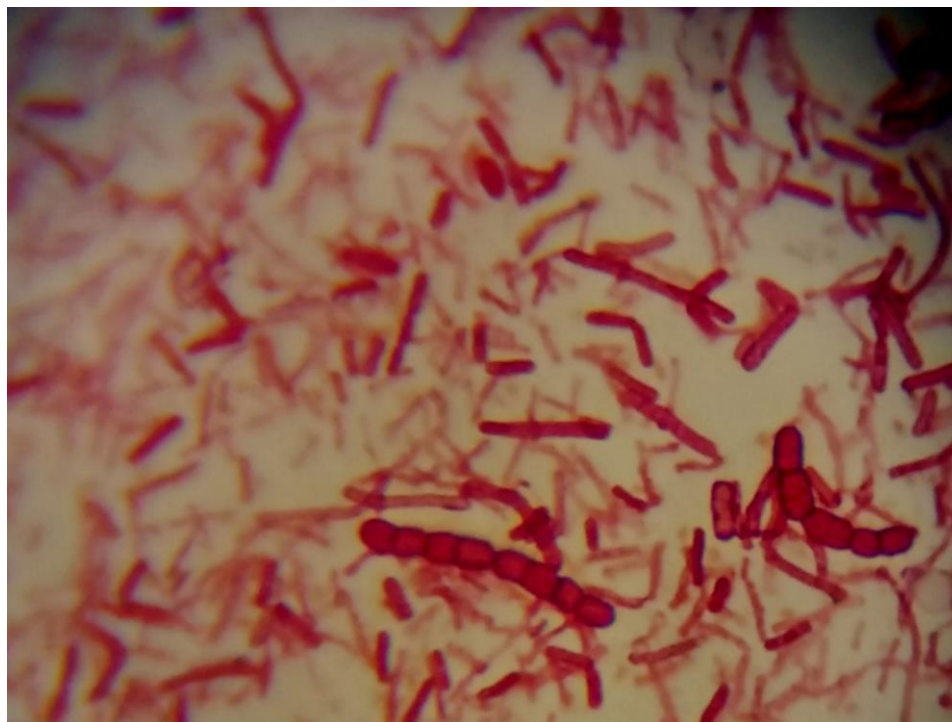


Рис. 4.80 – Окраска по Грамму. Грамм (-) длинные, тонкие, толстые палочки (bacillus), расположенные цепочкой, крупные грамм (-) палочки (bacillus).

Образец № 36, состав 12



Рис. 4.81 – Рост колоний на МПА в чашке Петри. Смыв с поверхности образца № 36 состава 13, находящегося под навесом

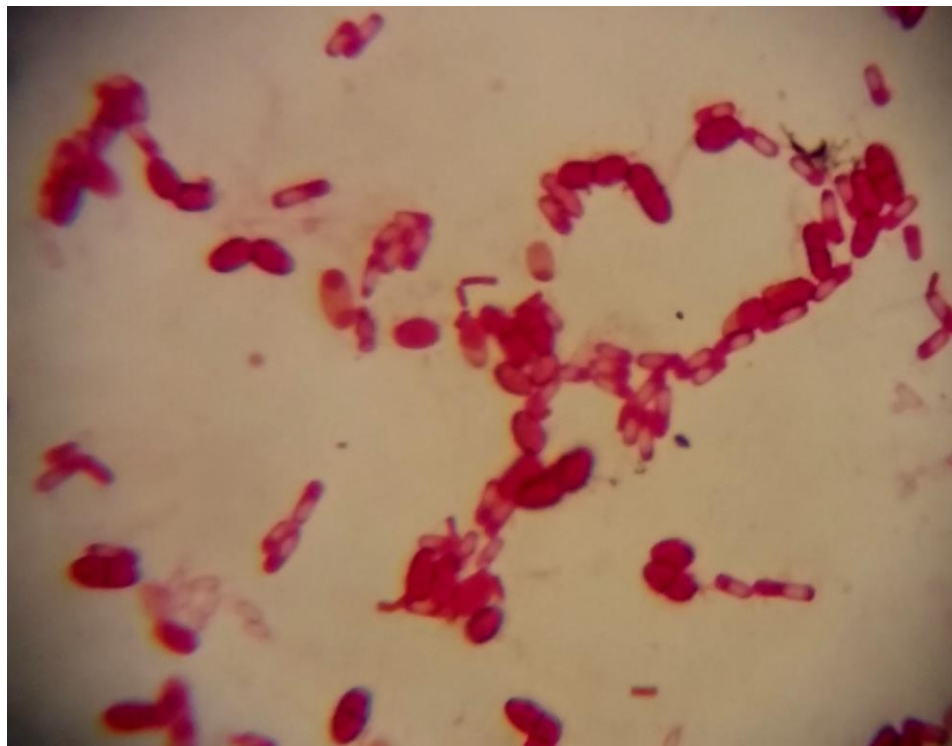


Рис. 4.82 – Окраска по Грамму. Грамм (–) короткие, толстые, биполярные палочки (bacillus). Образец № 36, состав 13

Результаты микробиологического исследования образцов из траншеи позволили выявить наличие на их поверхности представителей палочковидных бактерий рода bacillus и гриб Mucor.

Мукор – род плесневых грибов с развитым мицелием, характеризующимся отсутствием плодовых образований (как, например, шляпка у гриба) и имеющим непостоянную толщину. Другое название мукора – белая плесень.

Эти грибы, выделяют в среду ничтожно малое количество кислот.

Белая плесень может встречаться в верхнем слое почвы. Также считается паразитом, так как образуется на органических поверхностях (таких как пищевые продукты, продукты жизнедеятельности животных, остатки растений, древесина) и живет за их счет. Мукор состоит из мицелия (грибницы), головки со спорами и гифов (ножек). Головки со спорами – спорангии – черные; именно из-за их большого количества белая плесень на хлебе постепенно чернеет.

Споры белой плесени легко разносятся по воздуху, благодаря чему постоянно присутствуют в окружающей среде. Для своего образования и последующего разрастания предпочтительно выбирают сырые и темные места.

Некоторые виды мукора очень опасны для здоровья животных и человека. Могут вызывать болезнь мукоромикоз, которая представляет собой быстро прогрессирующую грибковую инфекцию, поражающую абсолютно любые ткани и органы живого организма (органы ЖКТ, кровеносные сосуды, кожу и т.д.).

Этот гриб не боится агрессивных химических веществ, низких температур и даже воздействия радиации. Плесень может разрушить даже кирпич, бетон и штукатурку.

Однако, мукоры имеют и полезные функции и, таким образом, приносят колоссальную пользу человеку.

Можно выделить следующие полезные функции белой плесени:

- используются для получения антибиотиков (рамицин);
- применяются как закваска для получения пищевых продуктов;
- благодаря высокой активности ферментов используются для получения одноатомного спирта (этанола) из картофеля.

4.2.4 Видовой состав микроорганизмов, выявленных в результате исследования обсемененности воздуха над образцами под навесом, в траншеи и на площадке под открытым небом

Воздух как среда обитания для микроорганизмов менее благоприятен, чем почва и вода, так как в нем содержится очень мало или не содержится совсем питательных веществ для размножения микроорганизмов. Тем не менее, попадая в воздух, многие микроорганизмы могут сохраняться в нем относительно долго. В воздухе микроорганизмы распределены неравномерно. В пыльном и грязном воздухе микроорганизмов больше, чем в чистом, так как они адсорбируются на поверхности твердых частиц. Воздух особенно загрязнен вблизи земной поверхности, а по мере удаления от нее он становится все более чистым. В воздухе центра

					БР-02069964-08.03.01-36-18	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Да-</i>		146

города микроорганизмов больше, а на окраинах меньше. Летом микроорганизмов в воздухе содержится больше, зимой меньше [9, 30].

В естественных условиях в воздухе обнаруживаются сотни видов сапрофитных микроорганизмов, представленных кокками (в том числе сарцинами), спор ообразующими бактериями и мицелиальными грибами, отличающимися большой устойчивостью к ультрафиолетовым лучам и к другим неблагоприятным воздействиям внешней среды. Воздух открытых пространств относительно чист, а воздух закрытых помещений загрязнен значительно больше. В воздухе закрытых помещений при плохом проветривании накапливаются микроорганизмы.

Воздух является естественной средой распространения микроорганизмов. Споры микромицетов, могут отделяться с помощью пассивного рассеивания, под действием милы тяжести и конвекционных потоков воздуха, переноситься насекомыми. С помощью ветра почвенная пыль с различной по составу микробиотой может переноситься на большие расстояния и проникать в негерметизированные помещения или конструкции, контаминируя их.

Микроорганизмы, выявленные из воздуха, находящегося над поверхностью образцов в траншее, под навесом и на площадке под открытым небом представлены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Пробы из воздуха, находящегося над образцами

Номер пробы	Наименование питательной среды и способ окраски бактерий	Описание роста бактерий на питательной среде и описание окрашенных мазков
1 (открытая площадка)	МПА	Рост колоний обильный, одиночный, поверхность гладкая, края ровные местами неровные, профиль матовый, цвет колоний серо-белый и желтый, структура однородная, прозрачность матовая, консистенция слизистая местами плотная, присутствует рост гриба <i>Aspergillus flavus</i> .
	окраска по Грамму	Грамм (–) короткие палочки (<i>bacillus</i>) и крупные грамм (–) палочки (<i>bacillus</i>), располагающиеся парно, одиночно и цепочками.
	Чапека	Колонии на среде беловатого цвета, со временем приобрели розоватый оттенок, от серо-коричневого до черного, покрыты слизистым экссудатом. Идентификация: грибы <i>Aureobasidium pullulans</i>

Окончание таблицы 4.1

1	2	3
2 (в траншее)	МПА	Рост колоний одиночный, поверхность гладкая, края ровные местами неровные, профиль матовый, цвет колоний серо-белый и желтый, структура однородная, прозрачность матовая, консистенция слизистая местами плотная, присутствует рост гриба <i>Aspergillus flavus</i>
	окраска по Грамму	Грамм (–) короткие палочки (<i>bacillus</i>) и крупные палочки (<i>bacillus</i>), располагающиеся парно и одиночно.
	Чапека	Колонии на среде белого и сероватого цвета, белые колонии со временем приобрели розоватый оттенок, а сероватые приобрели черный оттенок, покрыты слизистым экссудатом. Идентификация: грибы <i>Aureobasidium pullulans</i>
3 (под навесом)	МПА	Рост колоний обильный, одиночный, поверхность гладкая, края ровные местами неровные, профиль матовый, цвет колоний серо-белый и желтый, структура однородная, прозрачность матовая, консистенция слизистая местами плотная,
	окраска по Грамму	Грамм (–) длинные, крупные палочки (<i>bacillus</i>), располагающиеся парно и одиночно и грамм (–) кокки и диплококки
	Чапека	Колонии на среде белого и сероватого цвета, белые колонии со временем приобрели розоватый оттенок, и серо-коричневые приобрели черный оттенок, покрыты слизистым экссудатом. Идентификация: грибы <i>Aureobasidium pullulans</i>

Далее представлены фотографии микроорганизмов, выявленных из воздуха, находящегося над поверхностью образцов под навесом



Рис. 4.83 – Рост колоний на МПА в чашке Петри. Навес

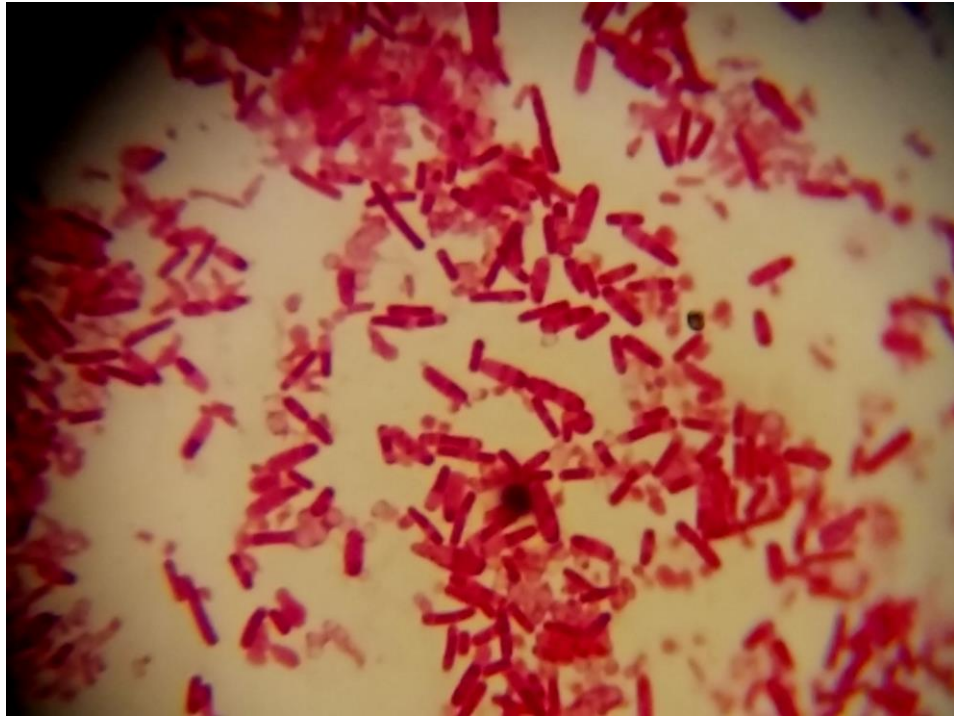


Рис. 4.84 – Грамм (-) длинные, крупные палочки (bacillus), располагающиеся парно и одиночно. Навес



Рис. 4.85 – Рост колоний на среде Чапека в чашке Петри. Навес

Изм.	Лист	№ доквм.	Подпись	Да-

БР-02069964-08.03.01-36-18

Лист

149



Рис. 4.86 – *Aureobasidium pullulans* – дрожжеподобный почкующийся гриб. Навес

Далее представлены фотографии микроорганизмов, выявленных из воздуха, находящегося над поверхностью образцов в траншее.



Рис. 4.87 – Рост колоний на МПА в чашке Петри в траншее. Траншея

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Да-

БР-02069964-08.03.01-36-18

Лист

150



Рис. 4.88 – Грамм (–) короткие палочки (bacillus) и крупные палочки (bacillus), располагающиеся парно и одиночно. Граншея



Рис. 4.89 – Прямостоящие конидиеносцы *Aspergillus flavus*. Граншея

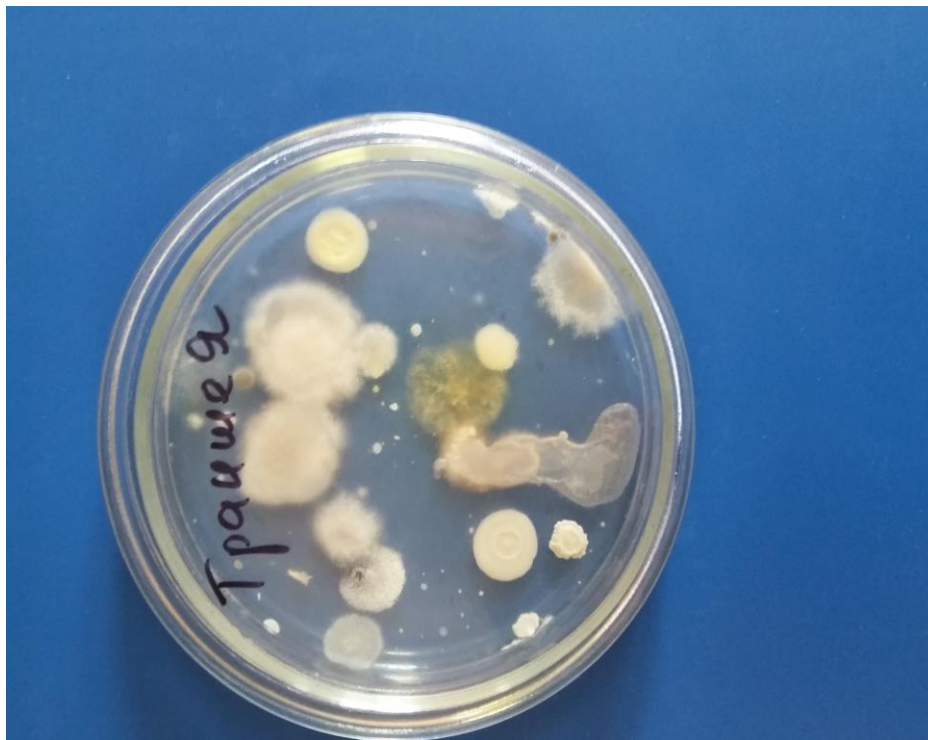


Рис. 4.90 – Рост колоний на среде Чапека в чашке Петри. Траншея



Рис. 4.91 – *Aureobasidium pullulans* – дрожжеподобный почкующийся гриб.
Траншея

Далее представлены фотографии микроорганизмов, выявленных из воздуха, находящегося над поверхностью образцов на площадке под открытым небом.



Рис. 4.92 – Рост колоний на МПА в чашке Петри на площадке под открытым небом. Площадка под открытым небом

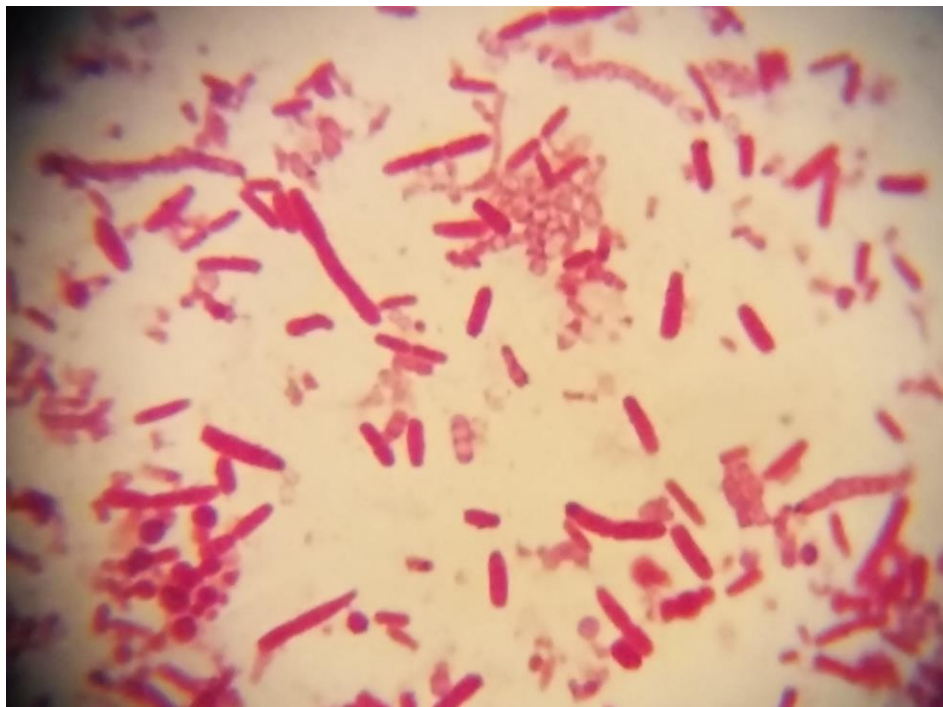


Рис. 4.93 – Грамм (-) короткие палочки (bacillus) и крупные палочки (bacillus), располагающиеся парно, одиночно и цепочками. Площадка под открытым небом

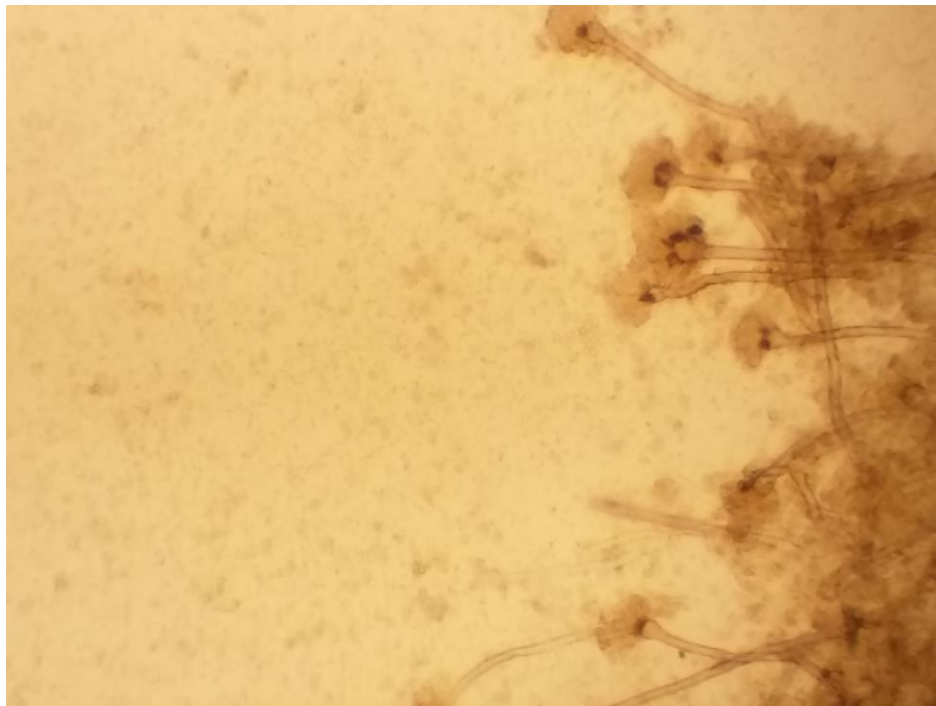


Рис. 4.94 – Прямостоящие конидиеносцы *Aspergillus flavus*. Площадка под открытым небом



Рис. 4.95 – Рост колоний на среде Чапека в чашке Петри на площадке под открытым небом

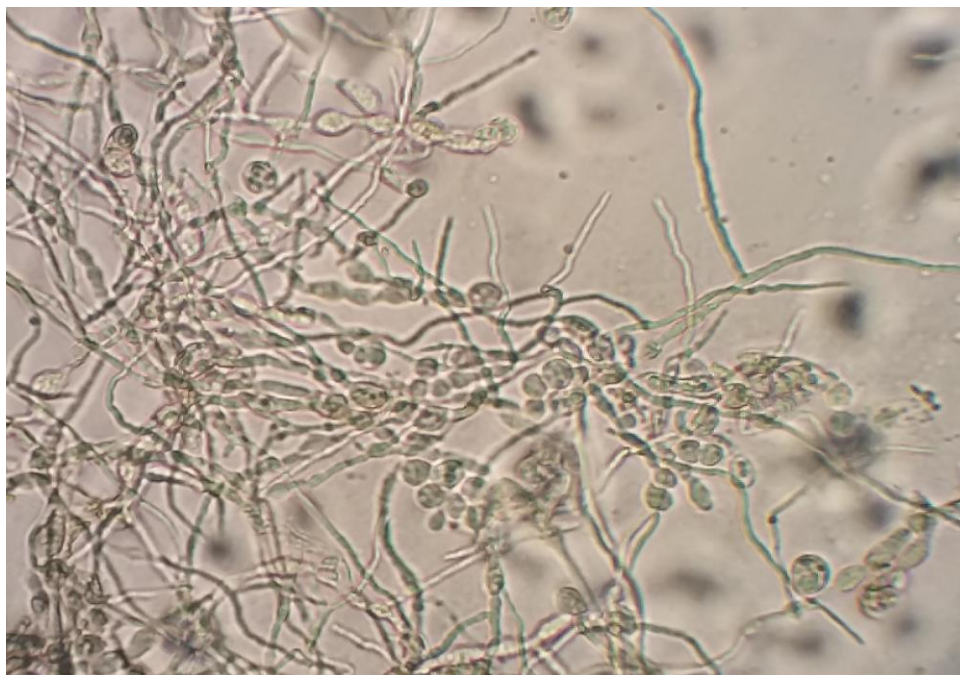


Рис. 4.96 – *Aureobasidium pullulans* – дрожжеподобный почкующийся гриб.

Площадка под открытым небом

Результаты микробиологической обсемененности воздуха позволили выявить палочковидные бактерии рода *Bacillus*, а также грибы *Aureobasidium pullulans*, *Aspergillus flavus*.

Aureobasidium pullulans – представитель группы дрожжеподобных грибов аскомицетового аффинитета, характеризующихся образованием черных или бурых колоний, или чернеющих со временем колоний за счет синтеза меланинов.

Из культуральной жидкости дрожжей *Aureobasidium pullulans* получают в микробиологической промышленности пуллулан.

Пуллулан – разветвленный полисахарид. Это белый мелкодисперсный порошок. Обладает хорошими пленкообразующими свойствами. Не токсичный и не канцерогенный полимер, обладающий свойством биodeградировать под действием микроорганизмов

Пуллулан применяется в пищевой промышленности в качестве упаковочного материала, пленочного покрытия пищевых продуктов (например, сыров или колбас) для их защиты от высыхания и порчи. Перспективность применения материалов на основе пуллулана связана с его биоразрушаемостью микроорга-

низмами, что значительно облегчает утилизацию отходов использованной продукции из пуллулана в сравнении с синтетическими и некоторыми искусственными материалам

Пуллулан обладает свойством пребиотика – вещества, стимулирующего рост и развитие микроорганизмов нормофлоры кишечника. Используется для селективной стимуляции роста нормальной микрофлоры кишечника.

В последнее время полисахарид пуллулан стал широко использоваться в косметологической промышленности.

Каталаза (фермент) ускоряет реакцию разложения перекиси водорода на воду и молекулярный кислород, слабо катализирует окисление перекисями различных спиртов и других соединений. Активными продуцентами каталазы являются некоторые виды *Aureobasidium pullulans*.

Aspergillus flavus – патогенный гриб-сапрофит из рода *Aspergillus*. Распространен повсеместно – в почве, воздухе, старых книгах, перьевых подушках, кондиционерах и увлажнителях воздуха. Большие колонии *Aspergillus flavus* находятся в зернах пшеницы и бобовых. Они образуются во время сбора урожая, хранения и перевозки этих культур. Инфекции *Aspergillus flavus* подвержены рабочие предприятий по изготовлению сыров, мукомольных, заводов, фермеры.

Aspergillus flavus наряду с другими грибами рода *Aspergillus* – причина аспергиллеза – микоза, который чаще всего (в 90% случаев) поражает дыхательные пути. Реже страдают сердечно-сосудистая система, центральная нервная система (абсцессы головного мозга, менингит).

Заражение *Aspergillus flavus* у лиц с иммуносупрессией – причина тяжелых заболеваний. Основными причинами снижения иммунологической реактивности являются ВИЧ-инфекция, лейкоз, прием цитостатиков и системных кортикостероидов. Диссеминированный (распространенный) аспергиллез у такой категории больных может привести к летальному исходу. Иммунокомпетентные, то есть с достаточным иммунным ответом, лица могут быть носителями инфекции без активной симптоматики. Длительное воздействие антигенов *Aspergillus flavus* вы-

зывает аллергическую реакцию, которая приводит к аллергическому риниту, аллергическому бронхолегочному аспергиллезу или бронхиальной астме.

Одно из самых опасных заболеваний, сопряженных с *Aspergillus flavus*, – аспергиллема легких, при котором колония гриба поселяется в полости легких. По мере прогрессирования микоза мицелий гриба прорастает в сосудистые стенки, образуя участки некроза (омертвения). Возможно развитие острого инвазивного аспергиллеза, острого легочного аспергиллеза, аспергиллезного трахеобронхита.

Анализ обнаруживает наличие и определяет количество антител класса IgE в сыворотке крови к аллергену плесневого гриба *Aspergillus flavus*. Анализ помогает диагностировать причину дыхательной аллергии, а также используется для диагностики бронхолегочного аспергиллеза.

Опираясь на исследования воздуха, мы можем предположить, что возможно появление гриба *Aspergillus flavus* и на образцах. Большинство вида рода *Aspergillus* продуцируют небольшое количество кислот. Янтарная кислота образуются большинством плесневых грибов, выращиваемых на средах, содержащих углеводы. Относительно большое ее накопление характерно для некоторых представителей родов *Aspergillus*. Щавелевая кислота. Для нее характерно широкое разнообразие исходных веществ для синтеза – это углеводы, аминокислоты, глицерин, различные органические кислоты. Щавелевую кислоту активно продуцируют грибы родов *Aspergillus* [30].

Появление на бетоне *Aspergillus flavus* может привести к следующим последствиям: разрастаясь по поверхности строительного материала, грибы образуют бархатистые, войлокообразные и ватообразные налеты различной окраски, чем вызывают его функциональную деградацию. В тех случаях, когда мицелий внедряется в глубь материала, образуя в нем различной величины полости, наступает снижение механической прочности камня [32]. Например, Э. З. Коваль и др. [43] из разрушающихся участков бетонных и железобетонных конструкций хлебозавода и мясокомбината выделили 23 вида микромицетов, среди которых доминировали представители *Aspergillus flavus*. Доказано их участие в процессе деструкции, которое проявлялось в снижении поверхностной прочности бетона на 35 – 43 %.

					БР-02069964-08.03.01-36-18	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ доквм.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Да-</i>		157

4.3 Биологическая стойкость

Биостойкость бетона – стойкость против разрушения смесей под воздействием живых организмов (грибков, плесени, микроорганизмов, насекомых)

Проблема исследования биодegradации и биосопротивления материалов и конструкций является комплексной и многоотраслевой. Многообразие методов исследования связано с широким кругом биологических организмов (бактерии, микроскопические грибы, актиномицеты, насекомые, грызуны, птицы, морские обитатели и др.), являющихся агентами биоразрушений самих объектов биоповреждений (древесина, бетоны, природные камни, клеи и герметики, металлы, сплавы, лакокрасочные материалы и т. д.).

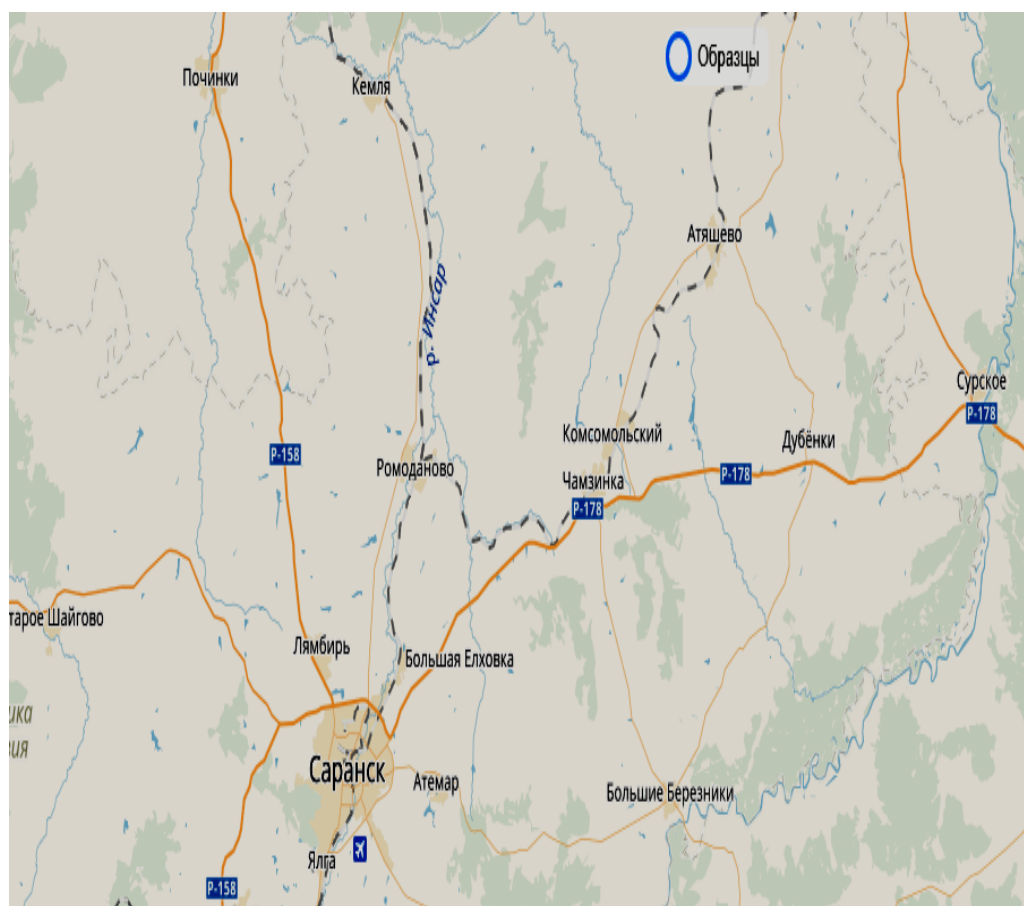


Рис. 4.97 – Расположение населенного пункта, где испытываются образцы

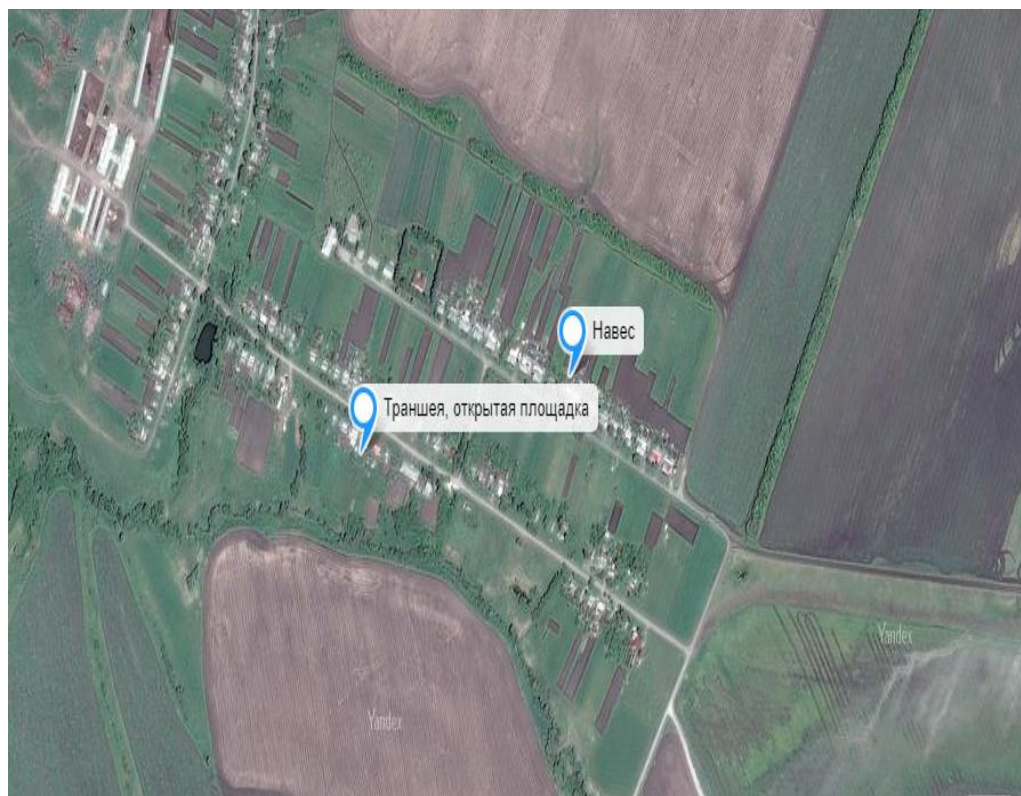


Рис. 4.98 – Расположение образцов, находящихся под навесом, в траншее и на площадке под открытым небом

Далее представлены данные образцов, находящихся в траншее, на площадке под открытым небом и под навесом, в возрасте 181 с.

Таблица 4.7 – Изменение массы выдержанных в разных условиях образцов

№ п/п	$\Delta G_{181}^H, \%$	$\Delta G_{181}^{o.п.}, \%$	$\Delta G_{181}^T, \%$
1	2	3	4
1	6,89	6,40	7,55
2	5,00	5,89	6,84
3	2,74	3,25	1,88
4	1,71	2,11	0,65
5	5,17	6,37	6,40
6	3,41	4,21	4,79
7	1,93	2,97	3,23
8	0,93	2,58	2,06
9	3,64	3,90	4,65
10	2,47	2,36	3,31
11	0,35	1,21	1,87
12	0,35	0,96	1,82
13	6,97	5,20	5,52

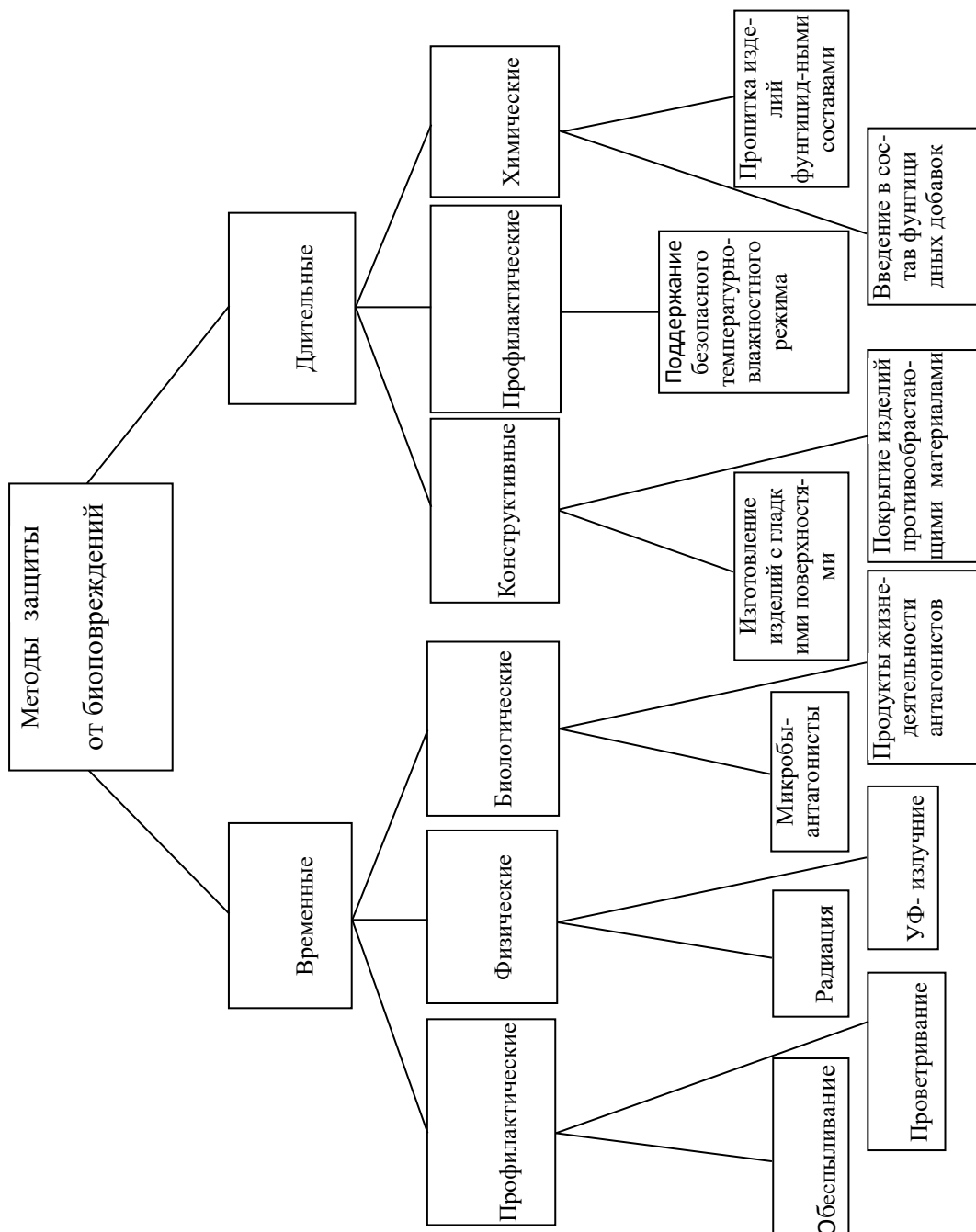
Таблица 4.8 – Относительные прочность (K_R), модуль упругости (K_ϵ) и скорость прохождения ультразвука в бетоне (K_V) исследуемых составов (траншея)

№ п/п	K_R , %	K_ϵ , %	K_V , %
1	78,32	86,17	99,03
2	103,28	90,03	100,39
3	104,19	100,17	108,86
4	104,08	100,30	107,11
5	98,40	100,91	102,19
6	97,98	104,01	103,40
7	121,98	104,50	104,91
8	124,27	103,88	105,60
9	97,11	93,08	100,85
10	103,78	94,20	104,82
11	104,66	94,62	105,84
12	106,39	94,69	105,21
13	97,08	100	98,37

Таблица 4.9 – Относительные прочности (K_R), модуль упругости (K_ϵ) и скорость прохождения ультразвука в бетоне (K_V) исследуемых составов (открытая площадка)

№ п/п	K_R , %	K_ϵ , %	K_V , %
1	2	3	4
1	99,03	89,64	101,08
2	100,39	111,82	102,28
3	108,86	123,11	102,75
4	107,11	119,19	103,27
5	102,19	105,11	100,92
6	103,40	121,62	101,97
7	104,91	144,39	102,62
8	105,60	131,39	102,76
9	100,85	93,59	98,86
10	104,82	96,90	100,26
11	105,84	103,17	101,61
12	105,21	102,09	101,06
13	98,37	100	99,91

Далее в таблице 4.99 представлена классификация методов защиты бетона от биоразрушений.



Р и с. 4.99. Классификация методов защиты [30]

4.4 Выводы по главе 4

1. Было установлено, что масса образцов, находившихся в разных условиях (траншея, навес, площадка под открытым небом) увеличилась в следующей закономерности: навес – «Эдванс Ультра» – 0,057 – 0,744 л, $\Delta G = 6,89 - 1,71 \%$, «Суперпласт Прима» – 0,044 – 0,220 л, $\Delta G = 5,17 - 0,98 \%$, «Суперпласт Стандарт» – 0,098 – 0,293 л, $\Delta G = 3,64 - 0,35 \%$; открытая площадка – «Эдванс Ультра» – 0,057 – 0,744 л, $\Delta G = 6,40 - 2,11 \%$, «Суперпласт Прима» – 0,044 – 0,220 л,

Изм.	Лист	№ доквм.	Подпись	Да-
------	------	----------	---------	-----

БР-02069964-08.03.01-36-18

Лист

161

$\Delta G = 6,37 - 2,58 \%$, «Суперпласт Стандарт» – 0,098 – 0,293 л, $\Delta G = 3,90 - 0,96 \%$; траншея – «Эдванс Ультра» – 0,057 – 0,744 л, $\Delta G = 7,55 - 0,65 \%$, «Суперпласт Прима» – 0,044 – 0,220 л, $\Delta G = 6,40 - 2,06 \%$, «Суперпласт Стандарт» – 0,098 – 0,293 л, $\Delta G = 4,65 - 1,82 \%$.

2. Было выявлено, что относительные прочность (K_R), модуль упругости (K_ϵ), и скорость прохождения ультразвука в бетоне (K_V) исследуемых составов, находящихся под открытым небом и в траншее с увеличением концентрации пластификатора (комплексной добавки) увеличиваются, что можно подтвердить следующей закономерностью: открытая площадка – «Эдванс Ультра» – 0,057 – 0,744 л, $K_R = 99,03 - 107,11 \%$; $K_\epsilon = 89,64 - 119,19 \%$; $K_V = 101,08 - 103,27 \%$; «Суперпласт Прима» – 0,044 – 0,220 л, $K_R = 102,19 - 105,60 \%$; $K_\epsilon = 105,11 - 131,39 \%$; $K_V = 100,92 - 102,76 \%$; «Суперпласт Стандарт» – 0,098 – 0,293 л, $K_R = 100,85 - 105,21 \%$; $K_\epsilon = 93,59 - 102,09 \%$; $K_V = 98,86 - 101,06 \%$. Траншея – «Эдванс Ультра» – 0,057 – 0,744 л, $K_R = 78,32 - 104,08 \%$; $K_\epsilon = 89,17 - 100,30 \%$; $K_V = 99,03 - 107,11 \%$; «Суперпласт Прима» – 0,044 – 0,220 л, $K_R = 98,40 - 124,27 \%$; $K_\epsilon = 100,91 - 103,88 \%$; $K_V = 102,19 - 105,60 \%$; «Суперпласт Стандарт» – 0,098 – 0,293 л, $K_R = 97,11 - 106,39 \%$; $K_\epsilon = 93,08 - 94,69 \%$; $K_V = 100,85 - 105,21 \%$.

3. В результате микробиологического исследования были выявлены микроорганизмы: палочковидные бактерии рода bacillus с поверхности образцов из траншеи, а также в воде и почве; кокки, диплококки, тетрококки, стрептококки и палочковидные бактерии рода bacillus с поверхности образцов, находящихся на площадке под открытым небом; гриб рода Mucor и палочковидные бактерии рода bacillus с поверхности образцов под навесом; Aureobasidium pullulans, Aspergillus flavus и палочковидные бактерии рода bacillus из воздуха в разных условиях.

4. В ходе микробиологического исследования выявили гриб рода Mucor в образцах 1–36, 7–36, 9–35, выдержанных полгода под навесом, а в бездобавочных образцах он не обнаружен. Пластификатор «Эдванс Ультра» и комплексные добавки: «Суперпласт Прима» и «Суперпласт Стандарт» с одной стороны увеличивают прочность бетона, а с другой способствуют заселению и росту плесневых грибов.

					БР-02069964-08.03.01-36-18	Лист
Изм.	Лист	№ доквм.	Подпись	Да-		162

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Представлен обзор научной отечественной и зарубежной литературы и имеющийся практический опыт в области получения мелкозернистых бетонов с использованием добавок.

2. Сформулированы цель и задачи исследований. Изучены основные характеристики: местного заполнителя месторождения карьера с. Морга Дубенского района Республики Мордовия, а также пластификатора «Эдванс Ультра» и комплексных добавок: «Суперпласт Прима», «Суперпласт Стандарт». Разработаны составы мелкозернистых бетонов с применением местного мелкого песка и оптимизированы по физико-механическим показателям.

3. Изготовлены образцы размером 10×10×10 см в количестве 780 шт. с использованием пластификатора – «Эдванс Ультра» и комплексных добавок: «Суперпласт Прима» и «Суперпласт Стандарт» и распределены в различных климатических условиях Республики Мордовия: траншея, навес и площадка под открытым небом.

4. Приведены рациональные пределы содержания пластификатора (комплексных добавок). Наибольшая прочность при сжатии ($R_{сж} = 21,693$ МПа) была достигнута при введении пластификатора «Эдванс Ультра» в количестве 0,515 л на 10 кг портландцемента. Бетоны с Комплексными добавками имеют следующую наибольшую прочность при сжатии: с «Суперпласт Прима» в количестве 0,176 л на 10 кг портландцемента – ($R_{сж} = 14,040$ МПа), а с «Суперпласт Стандарт» в количестве 0,228 л на 10 кг портландцемента – ($R_{сж} = 14,169$ МПа). Введение большего количества пластификатора (комплексной добавки) нерационально, т.к. происходит снижение прочности и увеличение стоимости конечного продукта.

5. Получены классы и марки мелкозернистых бетонов по прочности с добавками: «Эдванс Ультра» от В 7,5 – В15 (М100 – М200); «Суперпласт Прима» от В 7,5 – В10 (М100 – М150); «Суперпласт Стандарт» от В 7,5 – В10 (М100 – М150).

					БР-02069964-08.03.01-36-18	Лист
Изм.	Лист	№ доквм.	Подпись	Да-		163

6. Выявлено, что изменение массы образцов, находившихся в разных условиях (траншея, навес, площадка под открытым небом) уменьшается в зависимости от увеличения в составе пластифицирующей добавки в следующей закономерности: навес – с увеличением содержания «Эдванс Ультра» от 0,057 до 0,744 л, ΔG уменьшается с 6,89 до 1,71 %, «Суперпласт Прима» от 0,044 до 0,220 л, ΔG уменьшается с 5,17 до 0,98 %, «Суперпласт Стандарт» от 0,098 до 0,293 л, ΔG уменьшается с 3,64 до 0,35 %; открытая площадка – «Эдванс Ультра» от 0,057 до 0,744 л, ΔG уменьшается с 6,40 до 2,11 %, «Суперпласт Прима» от 0,044 до 0,220 л, ΔG уменьшается с 6,37 до 2,58 %, «Суперпласт Стандарт» от 0,098 до 0,293 л, ΔG уменьшается с 3,90 до 0,96 %; траншея – «Эдванс Ультра» от 0,057 до 0,744 л, $\Delta G = 7,55 - 0,65$ %, «Суперпласт Прима» – 0,044 – 0,220 л, ΔG уменьшается с 6,40 до 2,06 %, «Суперпласт Стандарт» от 0,098 до 0,293 л, ΔG уменьшается с 4,65 до 1,82 %.

7. Установлено, что прочность (K_R), модуль упругости (K_ϵ), и скорость прохождения ультразвука в бетоне (K_V) исследуемых составов, находящихся под открытым небом и в траншее с увеличением концентрации пластификатора (комплексной добавки) увеличиваются. Для образцов экспонируемых на открытой площадке с добавкой «Эдванс Ультра» в количестве от 0,057 до 0,744 л на 10 кг портландцемента, K_R увеличивается с 99,03 до 107,11 %; K_ϵ с 89,64 до 119,19 %; K_V с 101,08 до 103,27 % по сравнению с прочностью образцов выдержанных в НВУ; «Суперпласт Прима» в количестве от 0,044 до 0,220 л на 10 кг портландцемента, K_R увеличивается с 102,19 до 105,60 %; K_ϵ с 105,11 до 131,39 %; K_V с 100,92 до 102,76 % по сравнению с прочностью образцов выдержанных в НВУ; «Суперпласт Стандарт» в количестве от 0,098 до 0,293 л на 10 кг портландцемента, K_R увеличивается с 100,85 до 105,21 %; K_ϵ с 93,59 до 102,09 %; K_V с 98,86 до 101,06 % по сравнению с прочностью образцов выдержанных в НВУ. Для образцов экспонируемых в траншее с добавкой «Эдванс Ультра» в количестве с 0,057 до 0,744 л, K_R увеличивается с 78,32 до 104,08 %; K_ϵ с 89,17 до 100,30 %; K_V с 99,03 до 107,11 % по сравнению с прочностью образцов выдержанных в НВУ; «Суперпласт При-

ма» в количестве от 0,044 до 0,220 л на 10 кг портландцемента, K_R увеличивается с 98,40 до 124,27 %; K_ϵ с 100,91 до 103,88 %; K_V с 102,19 до 105,60 % по сравнению с прочностью образцов выдержанных в НВУ; «Суперпласт Стандарт» в количестве от 0,098 до 0,293 л на 10 кг портландцемента, K_R увеличивается с 97,11 до 106,39 %; K_ϵ с 93,08 до 94,69 %; K_V с 100,85 до 105,21 % по сравнению с прочностью образцов выдержанных в НВУ.

8. Изучена биологическая стойкость составов. Выявлены палочковидные бактерии рода *bacillus* с поверхности образцов из траншеи, а также в воде и почве; кокки, диплококки, тетрококки, стрептококки и палочковидные бактерии рода *bacillus* с поверхности образцов, находящихся на площадке под открытым небом; гриб рода *Mucor* и палочковидные бактерии рода *bacillus* с поверхности образцов под навесом; *Aureobasidium pullulans*, *Aspergillus flavus* и палочковидные бактерии рода *bacillus* из воздуха в разных условиях. Установлено, что выявленные микроорганизмы в настоящее время не нанесли образцам биоповреждений. Используемые комплексные добавки (пластификаторы) не являются защитой от биоповреждения образцов.

9. Установлено, что для изготовления мелкозернистых бетонов из протестированных в данной работе пластифицирующих добавок целесообразнее использовать «Эдванс Ультра», т.к. с ним достигнута наибольшая прочность при сжатии.

10. Выявили в ходе исследования гриб рода *Mucor* на образцах 1–36, 7–36, 9–35, выдержанных полгода под навесом, а в бездобавочных образцах он не обнаружен. Пластификатор «Эдванс Ультра» и комплексные добавки: «Суперпласт Прима» и «Суперпласт Стандарт» с одной стороны увеличивают прочность бетона, а с другой способствуют заселению и росту плесневых грибов.

					БР–02069964–08.03.01–36–18	Лист
Изм.	Лист	№ доквм.	Подпись	Да-		165

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Авилов Б.И., Данюшевский В.С., Тарнавский А.П. Сероводородная коррозия цементного камня в затрубном пространстве газовых скважин // Газовая промышленность. 1981. – № 1 – С. 43.
2. Алексеев С. Н., Розенталь Н. К. Коррозионная стойкость конструкций в агрессивной промышленной среде. М.: Стройиздат, 1976.–205 с.
3. Ананенко А. А. Мелкозернистые бетоны с комплексными модификаторами /А. А. Ананенко, В. В. Нижевясов, А. С. Успенский // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2005. – №5. – С. 16–27.
4. Андреюк Е. И., Билай В. И., Коваль Э. З., Козлова И. А. Микробная коррозия и ее возбудители. Киев: Наук. думка, 1980. 287 с.
5. Арав Р. И. Повышение сульфатостойкости бетона применением дробленых карбонатных песков // Строительные материалы. 1976. – № 10. – С. 8–9.
6. Баженов Ю. М. Высококачественный тонкозернистый бетон / Ю. М. Баженов// Строительные материалы. 2000. – №2. – С. 15–16.
7. Баженов Ю. М. Новому веку новые бетоны / Ю. М. Баженов // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века – 2000. – №2. – С.10–11.
8. Баженов Ю. М. Технология бетона / Ю. М. Баженов – М.: Изд. АСВ, 2003. – 500 с.
9. Баженов, Ю.М. Многокомпонентные мелкозернистые бетоны /Ю.М. Баженов // Строительные материалы, оборудование и технологии XXI века. 2001. – №10. – С. 24–25.
10. Баженов, Ю.М. Технология бетонных и железобетонных изделий /Ю.М. Баженов, А.Г. Комар.– М.: Стройиздат, 1985.– 672 с.
11. Барбакадзе Е.О., Грачева О.И. Влияние минералогического состава на устойчивость асбестоцемента в средах, содержащих сероводород // Тр. НИИАсбестоцемент. М., 1964. – Вып. 17. – С. 14–35.

					БР-02069964-08.03.01-36-18	Лист
Изм.	Лист	№ доквм.	Подпись	Да-		166

12. Билай В. И., Коваль Э. З. Грибы, вызывающие коррозию // Биологические повреждения строительных и промышленных материалов. Киев, 1978. С. 19–21.

13. Биологическое сопротивление полимерных композитов /В. Т. Ерофеев, В. И. Соломатов, В. П. Селяев [и др.] // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 1993 – № 10 – С. 44–49.

14. Биоповреждения: Учеб. пособие для биолог. спец. вузов / Под ред. В. Ф. Ильичева. М.: Высш. шк., 1987. 352 с.

15. Биосопротивление композиционных материалов В. Т. Ерофеев, В. И. Соломатов, В. П. Селяев, М. С. Фельдман // Снижение материалоемкости продукции строительной индустрии : тез. докл. IМеждунар. науч.-техн. конф. – Ташкент, 1992 – С. 30–31.

16. Благник Р., Занова В. Микробиологическая коррозия: Пер. с чеш. М.; Л.: Химия, 1965. 222 с.

17. Блугарева, Т.И. Особенности технологии мелкозернистых жаростойких бетонов / Т.И. Блугарева // Промышленное и гражданское строительство.-2005.- №4.- С. 6–8

18. Бутт Ю. М., Сычев М.М., Тимашев В.В. Химическая технология вяжущих материалов: Учеб. для вузов. М.: Высшая школа, 1980. – 472 с.

19. Васильева Н. И., Подчуфаров В. С., Наумова С. Д. Исследование влияния некоторых органических добавок на прочность цементного камня // Микробиол. журн. 1990. № 231. С. 66–69.

20. Ванштейн М.З. Малясова Л.А., Изучение коррозиустойчивости легких бетонов на пористых заполнителях // Известия вузов. Строительство и архитектура. 1973. – № 3. – С. 18–20

21. Виноградов Б. Н. Влияние заполнителей на свойства бетонов. М.: Стройиздат, 1979. – 224 с.

22. Власов В. К. Механизм повышения прочности бетона при введении микрозаполнителя / В.К. Власов // Бетон и железобетон. 1988. – №10. – С. 9–11.

23. Влияние сероводородосодержащих пластовых вод на коррозионную стойкость цементного камня / А.И. Булатов, Н.А. Иванова, Д.Ф. Новохатский и др. // Нефтяное хозяйство, 1981. № 7 – С. 17–20.

24. Горленко М. В. Микробное повреждение промышленных материалов // Микроорганизмы и низшие растения – разрушители материалов и изделий. М., 1979. С. 10–16.

25. Горленко М. В. Некоторые биологические аспекты биодеструкции материалов и изделий // Биоповреждения в строительстве. М., 1984. С. 9–17.

26. Горшин С. Н. Актуальные направления исследований в области защиты древесины // Биоповреждения и защита материалов биоцидами. М., 1988. С. 13–20.

27. Горшин С. Н. Аналитическое рассмотрение основных положений химической защиты деревянных конструкций жилых и общественных зданий // Биоповреждения в строительстве. М., 1984. С. 18–35.

28. Горшин С. Н. Грибные поражения древесины и способы борьбы с ними // Микроорганизмы и низшие растения – разрушители материалов и изделий. М., 1979. С. 154–163.

29. Горшин С. Н. О состоянии дела защиты древесины в стране и мерах по ее улучшению // Защита древесины и целлюлозосодержащих материалов от биоповреждений: Тез. докл. Всесоюз. конф. Рига, 1989. С. 7–11.

30. Ерофеев В. Т., Фельдман М. С., Шаров В. Г. Биостойкость и биодegradация строительных материалов // Вестн. Морд. ун-та. 1991. № 4. С. 9–12.

31. Защита от коррозии, старения и биоповреждений машин, оборудования и сооружений. Справ.: В 2 т. / Под ред. А. А. Герасименко. М.: Машиностроение, 1987. 688 с.

32. Злочевская И. В. Биоповреждения каменных строительных материалов микроорганизмами и низшими растениями в атмосферных условиях // Биоповреждения в строительстве. М., 1984. С. 257–271.

33. Зоткин, А. Г. Микронаполняющий эффект минеральных добавок в бетоне / А. Г. Зоткин // Бетон и железобетон. 1994. – №3. – С. 7–9.

					БР-02069964-08.03.01-36-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Да-		168

34. Иванов Ф. М. Саввина Ю. А., Шаровар М. К. Бетоны для строительных конструкций предприятий химической промышленности // Сб. тр. Защита строительных конструкций, оборудования, трубопроводов химических предприятий от коррозии. Минск: Полымя. – С. 30–38.

35. Иванов Ф. М. Основы эффективного использования суперпластификаторов / Ф.М. Иванов // Исследование и применение бетонов с суперпластификаторами.– М.: НИИЖБ, 1982.– С 3–6.

37. Использование отходов переработки горных пород при производстве нерудных строительных материалов / Харо О. Е., Левкова Н. С., Лопатников М. И., Горностаева Т. А. // Строительные материалы. – 2003. №9. – С. 18–19.

38. Камолов Г. Р., Атакузиев Г. А., Канцепольский И. С. Волластонит как заполнитель цементных растворов при сернокислотной агрессии // Тр. Ташкент, политех, ин-та, 1970. Вып. 72. – С. 235–248.

39. Каневская И. Г. Биологическое повреждение промышленных материалов. Л.: Наука, 1984. 230 с.

40. Касторных Л. И. Добавки в бетоны и строительные растворы: учебно-справочное пособие /Л. И. Касторных.– Ростов н/Д.: Феникс, 2005.– 221

41. Кафтаева М. В. // Сооружения, конструкции, технологии и строительные материалы XXI века. Сборник докладов.– Белгород, 1999.–Ч.2.– С. 188–192.

42. Кинд В.В. Коррозия цементов и бетона в гидротехнических сооружениях. – М.: Л.: Госинергоиздат, 1955. 320 с.

43. Коваль Э. З., Серебреник В. А., Рогинская Е. Л., Иванов Ф. М. Микодеструкторы строительных конструкций внутренних помещений предприятий пищевой промышленности // Микробиол. журн. 1991. Т. 53, № 4. С. 96–103.

44. Кондратюк Т. А., Коваль Э. З., Рой А. А. Поражение микромицетами различных конструкционных материалов // Микробиол. журн. 1986. Т. 48, № 5. С. 57–60.

45. Коррозия и стойкость железобетона в агрессивных средах // Сб. науч. тр. под ред. Москвина В.М. М., 1980. – 536 с.

					БР–02069964–08.03.01–36–18	Лист
Изм.	Лист	№ доквм.	Подпись	Да-		169

46. Краснов А. М. Морозостойкость и ползучесть высоконаполненного высокопрочного мелкозернистого песчаного бетона / А. М. Краснов // Бетон и железобетон. 2003. – №5. – С. 17–18.

47. Краснов А. М. Усадочные деформации высоконаполненного высокопрочного мелкозернистого песчаного бетона / А.М. Краснов // Бетон и железобетон. 2003. – №3. – С. 24–26.

48. Красный И. М. О механизме повышения прочности бетона при введении микронаполнителей / И.М. Красный // Бетон и железобетон. – 1987. – №5. – С.10–11.

49. Куликов Д. В., Мекалова Н. В., Закирничная М. М. Физическая природа разрушения: Учеб. Пособие / Под общ. ред. проф. И. Р. Кузеева. – Изд. 2-е, перераб., испр. и доп. Уфа, 1999.– 395 с.

50. Кунцевич О. В., Макарович О. С. О влиянии химически активных заполнителей на прочностные свойства растворяемых композиций // Исследование бетонов повышенной прочности, водопроницаемости и долговечности. Л., 1976. – Вып. 398. – С. 114–121.

51. Курс низших растений / Под ред. М. В. Горленко. М.: Высш. шк., 1981. 504 с.

52. Лаврега Л. Я., Бориславская И. В., Байза А. И., Унчик С. Я. Повышение долговечности бетона при воздействии органических кислотных сред // Бетон и железобетон. 1989. № 3. С. 20–22.

53. Ланге, Ю.Г. Применение очень мелких и мелких песков в дорожном бетоне: Дис. . канд. техн. наук /Ю.Г. Ланге.- Москва, 1986,– 233 с.

54. Микробиологическая стойкость строительных материалов / Дергунова А. В., Светлов Д. А., Ерофеев В. Т., Смирнов В. Ф. // Приволжский научный журнал – Н.Новгород: ННГАСУ, №2(10), 2009. – С. 108–113

55. Микульский В. Г. Строительные материалы / В. Г. Микульский. М.: Изд. АВС, 2000. –536 с.

					БР–02069964–08.03.01–36–18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Да-		170

56. Миронов В. Д., Ратинов В. Б. Кинетика развития коррозии цементного камня при длительном воздействии агрессивных сред // Журнал прикладной химии. 1970. Т. XLIII. – Вып. 8. – С. 1861–1863.

57. Москвин В. М. Коррозия бетонов. М.: Стройиздат, 1952. – 342 с.

58. Мчедлов-Петросян О. П. Химия неорганических строительных материалов. М.: Стройиздат, 1988. – 303 с.

59. Пащенко А. А., Повзик А. И., Свицерская Л. П., Утеченко А. У. Биостойкие облицовочные материалы // Биоповреждения: Тез. докл. 2-й Всесоюз. конф. по биоповреждениям: В 2 ч. Горький, 1981. Ч. 1. С. 70.

60. Пащенко А. А., Сербии В. П., Старчевская Е. А. Вяжущие материалы. Киев: Высшая школа, 1985. – 439 с.

61. Писанко Г. Н. Физико-механические свойства высокопрочных вибровакуумштампованных бетонов / Т. Н. Писанко, Э. З. Юдович, А. Е. Голиков // Транспортное строительство. – 1967. – № 3. С. 18–20.

62. Повышение стойкости бетона и железобетона при воздействии агрессивных сред. / Под ред. Москвина В. М. М.: Стройиздат, 1975. – 236 с.

63. Ратинов В. Б. Комплексные добавки для бетонов / В. Б. Ратинов, Т. И. Розенберг, Г. Д. Кучерова / Бетон и железобетон. – 1981. – №9. – С. 9

64. Рахимбаев Ш. М. Кинетика переноса в гетерогенных процессах технологии строительных материалов // Сб. тр. Физико-химия строительных и композиционных материалов. Белгород, 1989. – 160 с.

65. Ребрикова Н. Л., Назарова О. Н., Дмитриева М. Б. Микромицеты, повреждающие строительные материалы в исторических зданиях, и методы контроля // Конференция «Биологические проблемы экологического материаловедения»: Материалы конф. Пенза, 1995. С. 59–63.

66. Ребрикова Н. Л., Назарова О. Н., Дмитриева М. Б. Микромицеты, повреждающие строительные материалы в исторических зданиях, и методы контроля // Конференция «Биологические проблемы экологического материаловедения»: Материалы конф. Пенза, 1995. С. 59–63.

					БР-02069964-08.03.01-36-18	Лист
Изм.	Лист	№ доквм.	Подпись	Да-		171

67. Родин А. И. Исследование прочности модифицированных цементных композитов, подвергнутых воздействию биологических агрессивных сред / А. И. Родин, Н. Г. Родина, Кварацхелия М. Е. // Известия ТулГУ. Технические науки. – Вып. 7. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2012. – Ч. 2. – 309 с.

68. Самохвалов З. Н., Мощанский Н. А. Щелочестойкие бетоны и защитные мастики. М.: Стройиздат, 1967. – 128 с.

69. Симонов М. З. Применение высокопрочных мелкозернистых бетонов для предварительно напряжений конструкций /М.З. Симонов// Бетон и железобетон. – 1956. —№2. – С. 10-13.

70. СНИП 2.03.П–85. Защита строительных конструкций от коррозии. М.: ЦНИИТМ Госстроя СССР, 1986. – 48 с.

71. Соломатов В. И., Ерофеев В. Т. Биодegradация и биологическое сопротивление композиционных строительных материалов // Материалы Международной конференции «Инженерные проблемы современного бетона и железобетона». Минск, 1997. С. 190–195

72. Соломатов В. И., Ерофеев В. Т., Смирнов В. Ф., Семичева А.С., Морозов Е.А. Биологическое сопротивление материалов.. Саранск: Изд-во Мордовского ун-та, 2001. 194 с. 103.

73. Тарасова Н. А., Машкова И. В., Шарова Л. Б. Устойчивость эластичных покрытий к разрушающему действию микроскопических грибов // Биохимические основы защиты промышленных материалов от биоповреждений. Горький, 1989. С. 53–59.

74. Товаров В. В. Влияние удельной поверхности компонентов на механическую прочность цементов с микронаполнителями / В. В. Товаров // Цемент. –1949. –№3. –С.7–11.

75. Торвальдсон Т. Солестойкость растворов и бетонов // III Международный конгресс по химии цемента. М.: Стройиздат, 1958. – 598 с.

					БР–02069964–08.03.01–36–18	Лист
Изм.	Лист	№ доквм.	Подпись	Да-		172

76. Ускова Е. Н., Осипов А. К., Ерофеев В. Т. Коррозионно электрохимические свойства стали Ст 3 в условиях бактериального заражения // Материалы научной конференции Мордовского госуниверситета. Саранск, 1999. С. 84.

77. Федьнин Н. И., Диамант М. И. Высокопрочный мелкозернистый шлакобетон. М.: – Стройиздат, 1975. – 176 с.

78. Ферранская А. В. Высококачественный мелкозернистый бетон дорожных покрытий / А.В. Ферранская // Строительные материалы. 2005. – №4. – С. 25–26.

79. Хархардин А. Н. Структурно-топологические основы разработки эффективных композиционных материалов и изделий: автореферат на соискание уч. степени докт. техн. наук: 05.23.05 / А. Н. Хархардин. Белгород, 1999. –48 с.

80. Хархардин А. Н. Расчет гранулометрического состава наполнителя высокоплотной упаковки. // Пласт, массы, — 197. №10. – С. 22–23.

81. Чаус К. В. Мелкозернистые вакуумбетоны / К.В. Чаус // Строительные материалы, оборудование и технологии XXI века. 2004. – №12. – С. 18–19.

82. Чекунова Л. Н., Бобкова Т. С. К вопросу о грибостойкости строительных материалов и мерах ее повышения // Биоповреждения: Тез. докл. 2-й Всесоюз. конф. по биоповреждениям: В 2 ч. Горький, 1981. Ч. 1. С. 68–69.

83. Шаповалов Н. А. Эффективность вяжущих низкой водопотребности / Н. А. Шаповалов, Я. Ханнаши, В. А. Ломаченко // Сб. тез. докл. международного студенческого форума. Белгород: Изд. БелГТАСМ, 2002. – ч.2. - С. 1516.

84. Шейнин А. М. Применение мелкозернистых бетонов в дорожном строительстве / А. М. Шейнин, А. Н. Рвачев // Мелкозернистые бетоны и конструкции из них.– М.: НИИЖБ Госстроя СССР, 1985.– С 55–58.

85. Coretzki J. Microbiologische Einflüsse auf nichtmetallischorganische Baustoffe // Bauzeitung. 1988. Vol. 42, № 3. S. 109–112.

86. Fraderio G., Albo S., Zanardini E., Sorlini C. Research on chromatic alternation of marbles from the fountain of Villa Litta // 6th Int. Symp. Microb. Ecol. Barcelona, 1992. P. 291.

87. Pirt S. J. Microbial degradation of synthetic polymers // Chem. Technol. and Biotechnol. 1980. Vol. 30, № 4. P. 176–179.

					БР-02069964-08.03.01-36-18	Лист
Изм.	Лист	№ доквм.	Подпись	Да-		173

88. Ronay Dezzo. A biological es ezen belül a mikokorrosio nemzetgazdasadi je-
lentosege // Magy. Kem. Lap. 1991. Vol. 46, № 1. P. 7–8.

89. Walraven C. Beton mit hoher Festigkeit. Высокопрочный бетон. // Bet-
onwerk+Festigieil–Techn. 1991. – V57. – pp. 61–69.

					БР–02069964–08.03.01–36–18	Лист
Изм.	Лист	№ докв.	Подпись	Да-		174

Цель исследований: оптимизация составов и изучение физико-механических свойств мелкозернистых бетонов на основе местной минерально-сырьевой базы, а также исследование их биологической стойкости в климатических условиях Республики Мордовия.

Задачи для реализации поставленной цели:

1. Выполнить анализ отечественной и зарубежной литературы и имеющийся практический опыт в области разработки мелкозернистых бетонов на основе мелкозернистого песка с применением пластификатора - "Эдванс Ультра" и комплексных добавок: "Суперпласт Прима", "Суперпласт стандарт";
2. Изучить основные характеристики местного заполнителя месторождения карьера с. Морга Дубенского района Республики Мордовия, а также их запасы;
3. Изучить основные характеристики пластификатора - "Эдванс Ультра" и комплексных добавок: "Суперпласт Прима", "Суперпласт Стандарт";
4. Разработать составы мелкозернистого бетона с применением местного мелкого песка, а также оптимизировать их по основным физико-механическим показателям;
5. Изучить кинетические особенности гидратационного твердения мелкозернистых бетонов с использованием пластификатора - "Эдванс Ультра" и комплексных добавок: "Суперпласт Прима", "Суперпласт Стандарт" на основе местной минерально сырьевой базы и технологические свойства бетонных смесей;
6. Изучить биологическую стойкость разработанных составов;
7. Дать характеристику микроорганизмов, выявленных на поверхности образцов, в воздухе, земле и воде с которыми они контактировали;
8. Дать рекомендации по составам мелкозернистых бетонов с использованием местной минерально-сырьевой базы Республики Мордовия, отвечающих требованиям действующих нормативных документов.

						БР-02069964-НИ1			
						ФГБОУ ВО "МГУ им. Н. П. Огарева"			
Имя	Класс	Адрес	Должность	Подпись	Дата	Исследование физико-механических свойств и биологической стойкости мелкозернистых бетонов на основе минерально сырьевой базы РМ	Специал.	Лист	Листов
Заб. кар.	Серебряк В.Т.						БР	1	10
Руковод.	Родив А.И.								
Контакт.	Родив А.И.								
Должность	Ледякина О.В.								
И. номер	Мельник С.А.					Цель и задачи исследования	АСФ, ПГС 403 стр., д/о		

Характеристики цемента производства ООО
"Сенгилеевский цементный завод" (Россия, Ульяновская
область, Сенгилеевский р-н, р.н. Цементзавод)

Показатели	Норматив ГОСТ 31108–2016 ГОСТ 30515–2013	Значение
1. Строительно-технические свойства цемента		
Предел прочности при сжатии, МПа в возрасте 2 суток	не менее 20,0	24,1 ± 1,6
28 суток	не менее 42,5 не более 62,5	52,5 ± 3,0
Начало схватывания, мин	не ранее 60	150 ± 20
Конец схватывания, мин	не нормируется	210 ± 30
Удельная поверхность, м ² /кг	не нормируется	370 ± 30
Тонкость помола, проход через сито № 009, %	не нормируется	97,0 ± 1,0
Нормальная плотность цементного теста, %	не нормируется	27,5 ± 1,5
Ложное схватывание	не нормируется	отсутствует
Равномерность изменения объема, мм	не более 10,0	1,0 ± 1,0
Потеря массы при прокаливании, %	не более 5,0	1,5 ± 0,3
Нерастворимый остаток, %	не более 5,0	0,51 ± 0,01
Содержание оксида серы (VI) SO ₃ , %	не более 3,5	2,78 ± 0,2
Содержание хлорид-ионов Cl ⁻ , %	не более 0,10	0,01 ± 0,002
2. Химический состав клинкера, %		
Оксид кальция	CaO/SiO ₂ > 2,0	66,0 ± 0,5
Оксид кремния		22,0 ± 0,5
Оксид алюминия	не нормируется	4,37 ± 0,15
Оксид железа (III)	не нормируется	3,98 ± 0,05
Оксид магния	не более 5,0	0,86 ± 0,07
Оксид серы (VI)	не нормируется	0,36 ± 0,1
Щелочные оксиды (в пересчете на Na ₂ O)	не нормируется	0,82 ± 0,02
3. Минералогический состав клинкера (расчетный), %		
Трехкальциевый силикат (C ₃ S)	C ₃ S + C ₂ S > 67,0	60,0 ± 4
Двухкальциевый силикат (C ₂ S)		15,0 ± 3
Трехкальциевый алюминат (C ₃ A)	не нормируется	4,7 ± 0,3
Четырехкальциевый флюмоферит (C ₄ AF)	не нормируется	12,3 ± 0,4
4. Санитарно-эпидемиологические свойства цемента		
Удельная эффективная активность есте- ственных радионуклидов A _{эфф.} , Бк/кг	не более 370	59 ± 10

Заполнитель.

В качестве заполнителя для подбора состава мелкозернистого бетона на основе минерально-сырьевой базы Республики Мордовия использовался:

Кварцевый песок Моргинского песчаного карьера. Влажность - 0,1 %. Истинная и насыпная плотности песка равны 2,7 г/см³ и 1 300 кг/м³ соответственно. Модуль крупности Mk = 1,8. По зерновому составу относятся к группе Мелких песков. Содержание пылевидных и глинистых частиц - 2,2 %. Коэффициент фильтрации - 2,1 м/сут. Содержание глины в комках - 0,3 %. Зерновой состав кварцевого песка приведен в табл.

№ п/п	Остатки на ситах	Размер сит, мм							Менее 0,071
		5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	0,071	
1.	Частные	0	0	0,5	0,3	81,1	17,5	0,5	0,1
2.	Полные	0	0	0,5	0,8	81,9	99,4	99,9	100

Физико-химические показатели пластификатора -
"Эдванс Ультра"

№ п/п	Наименование показателей	Значения показателей	Установлено испытанием
1	Внешний вид	Жидкость коричневого цвета	соответствует
2	Плотность при 20°С, не менее, г/см ³	1,12	1,165
3	Массовая доля воды, не более, %	Не нормируется	—
4	Активность водородных ионов (рН) 2,5 % водного раствора	3 – 6	соответствует
5	Массовая доля ионов хлора в сухом веществе, не более, %	0,1	соответствует
6	Содержание воздуха в бетонной смеси по объему, не более, %	3	соответствует
7	Марка по удобоукладываемости	От П1 до П2 – 4	соответствует

Физико-химические комплексной добавки -
"Суперпласт Прима"

№ п/п	Наименование показателей	Значения показателей				Установлено испытанием
		В форме водного раствора		В форме порошка		
		с ионным воздуховывлечением	с тонким воздуховывлечением	с ионным воздуховывлечением	с тонким воздуховывлечением	
1	Внешний вид	Однородная жидкость темно-коричневого цвета. Допускается осадок		Порошок от светло- до темно-коричневого цвета. Допускается испачкивание		соответствует
2	Плотность при 20°С, не менее, г/см ³	1,14		—		1,157
3	Насыпная плотность в абсолютно сухом виде, не менее, кг/м ³	—		300		—
4	Массовая доля воды, не более, %	70		10		65,5
5	Активность водородных ионов (рН) 2,5 % водного раствора	8,0 – 3,0		8,0 – 3,0		6,5
6	Массовая доля ионов хлора в сухом веществе, не более, %	0,1		0,1		соответствует
7	Содержание воздуха в бетонной смеси по объему, не более, %	—		3		соответствует
8	Марка по удобоукладываемости	От П1 (ОК = 2 – 4 см) до П5		От П1 (ОК = 2 – 4 см) до П5		соответствует

Физико-химические показатели комплексной добавки -
"Суперпласт Стандарт"

№ п/п	Наименование показателей	Значения показателей				Установлено испытанием
		В форме водного раствора		В форме порошка		
		с ионным воздуховывлечением	с тонким воздуховывлечением	с ионным воздуховывлечением	с тонким воздуховывлечением	
1	Внешний вид	Однородная жидкость темно-коричневого цвета. Допускается осадок		Порошок от светло- до темно-коричневого цвета. Допускается испачкивание		соответствует
2	Плотность при 20°С, не менее, г/см ³	1,15		—		—
3	Насыпная плотность в абсолютно сухом виде, не менее, кг/м ³	—		400		600
4	Массовая доля воды, не более, %	70		10		5,5
5	Активность водородных ионов (рН) 2,5 % водного раствора	8,0 – 3,0		8,0 – 3,0		6,4
6	Массовая доля ионов хлора в сухом веществе, не более, %	0,1		0,1		соответствует
7	Содержание воздуха в бетонной смеси по объему, не более, %	—		3		соответствует
8	Марка по удобоукладываемости	От П1 (ОК = 2 – 4 см) до П5		От П1 (ОК = 2 – 4 см) до П5		соответствует

						БР-02069964-НИ2		
						ФГБОУ ВО "МГУ им. Н. П. Огарева"		
						Исследование физико-химических свойств и биологической стойкости микрокристаллической добавки на основе минерально-сырьевой базы РМ		
Исп.	Кол.	Лист	Дет.	Подпись	Дата	Семин	Лист	Листов
Зайцев						др	2	10
						Применение материалов АСФ, ПГС 403 ар., др/о		

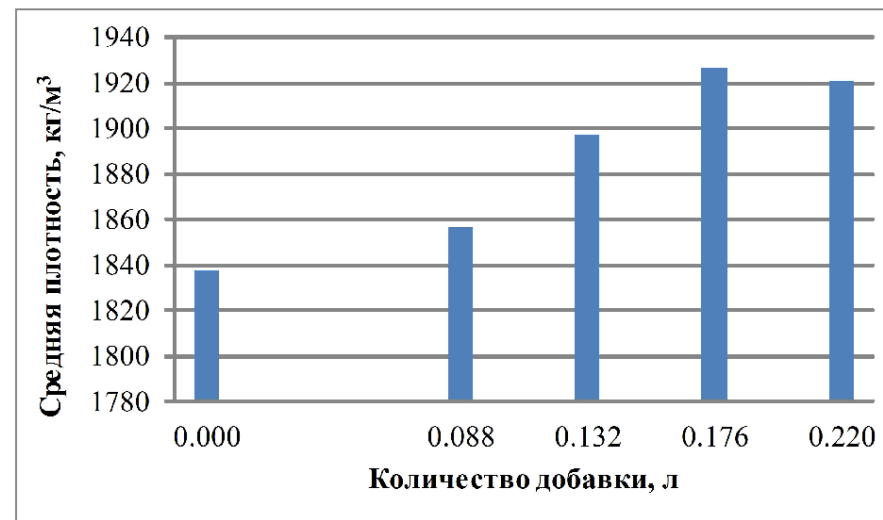
Составы бетонов, испытанные в работе

№ состава	Пластификатор (комплексная добавка)	Количество пластификатора (комплексной добавки), %	Количество цемента %	Количество песка, %	Количество воды, %
1	Эдванс Ультра	0,120	21,094	63,282	15,504
2	Эдванс Ультра	0,603	21,094	63,282	15,021
3	Эдванс Ультра	1,086	21,094	63,282	14,538
4	Эдванс Ультра	1,569	21,094	63,282	14,055
5	Суперпласт Прима	0,187	21,237	63,710	14,866
6	Суперпласт Прима	0,280	21,236	63,709	14,774
7	Суперпласт Прима	0,374	21,236	63,708	14,686
8	Суперпласт Прима	0,467	21,236	63,709	14,587
9	Суперпласт Стандарт	0,208	21,278	63,834	14,681
10	Суперпласт Стандарт	0,346	21,278	63,834	14,543
11	Суперпласт Стандарт	0,486	21,307	63,921	14,284
12	Суперпласт Стандарт	0,623	21,248	63,744	14,385
13	Контрольный	—	20,833	62,499	16,666

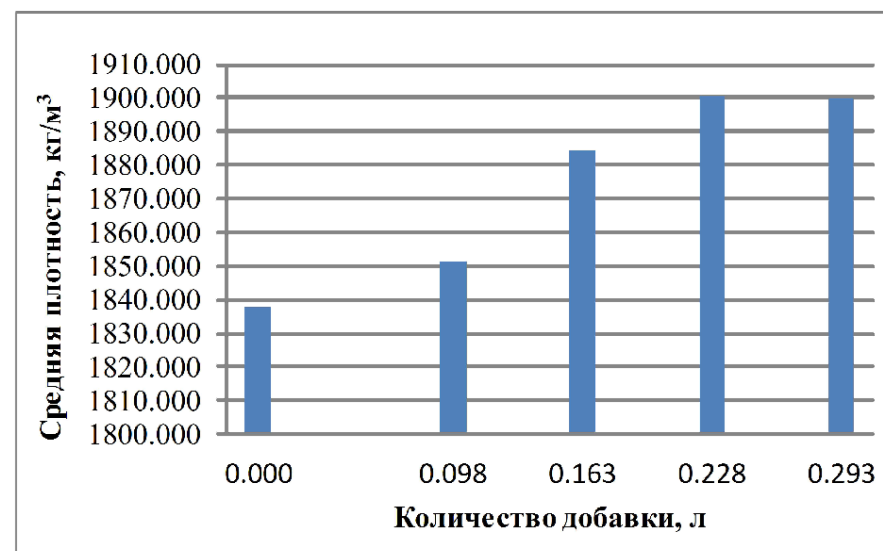
Зависимость изменения средней плотности бетона от количества пластификатора - "Эдванс Ультра"



Зависимость изменения средней плотности бетона от количества комплексной добавки - "Суперпласт Прима"

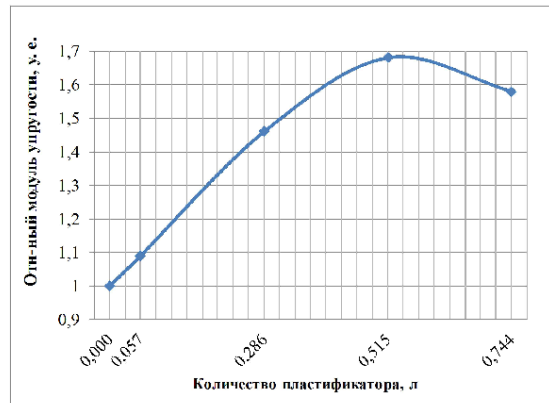


Зависимость изменения средней плотности бетона от количества комплексной добавки - "Суперпласт Стандарт"

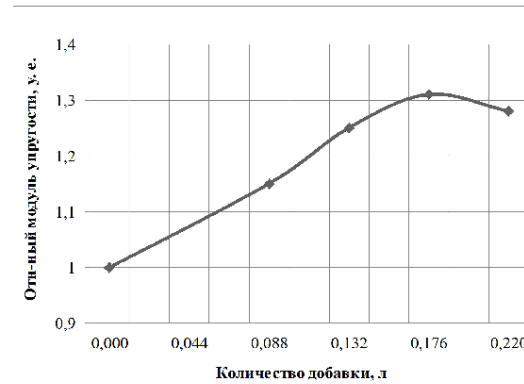


						БР-02069964-НИЭ		
						ФГБОУ ВО "МГУ им. Н. П. Огарева"		
						Исследование физико-механических свойств и биологической стойкости неметаллических бетонов на основе неметаллической сырьевой базы РН		
Исп. №	Код	Лист	Док.	Подпись	Дата	Стр.	Лист	Листов
Зав. кат.	Борисов В.Т.					БР	3	10
Руковод.	Рыбин А.И.							
Комплек.	Рыбин А.И.							
Диспетчер	Ледянская О.В.							
К. контр.	Николаев С.А.					Составы бетонов, испытанные в работе		АСФ, ПГС 403 стр., д/о
						Средняя плотность бетонов		

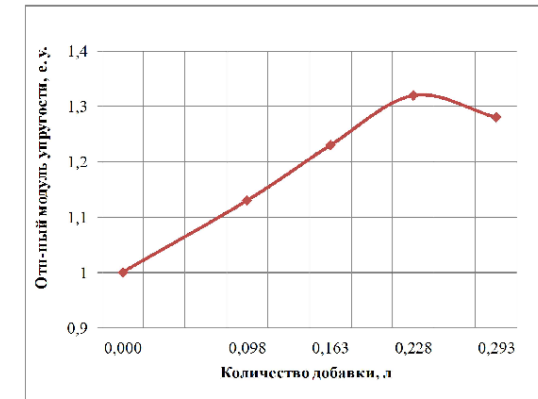
Зависимость изменения относительного модуля упругости бетона от количества пластификатора - "Суперпласт Прима"



Зависимость изменения относительного модуля упругости бетона от количества комплексной добавки - "Суперпласт Прима"



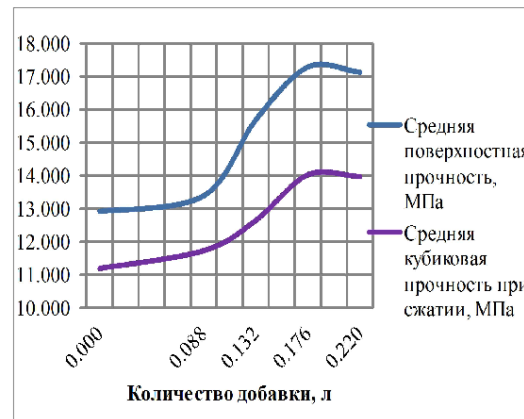
Зависимость изменения относительного модуля упругости бетона от количества комплексной добавки - "Суперпласт Стандарт"



Зависимость изменения средней поверхностной прочности и средней кубиковой прочности бетона от количества пластификатора - "Эдванс Ульра"



Зависимость изменения средней поверхностной прочности и средней кубиковой прочности бетона от количества комплексной добавки - "Суперпласт Прима"



Зависимость изменения средней поверхностной прочности и средней кубиковой прочности бетона от количества комплексной добавки - "Суперпласт Стандарт"



					БР-02069964-НИ4				
					ФГБОУ ВО "МГУ им. Н. П. Огарева"				
Исх. №	Кол. листов	Док.	Подпись	Дата	Разработка проектной документации с применением компьютерных технологий с использованием материально-сырьевой базы Республики Мордовия				
Зад. кар.	Боровей В.Т.				Специал.	Лист	10		
Рисунки	Рудин А.И.				БР	4			
Калькулы	Рудин А.И.				Относительный модуль упругости бетона, Поверхностная прочность и кубиковая прочность бетона при сжатии				
Деталировка	Резниченко О.В.				АСФ, ЛГС 403 гр., д/о				
И. номер	Мельник С.А.								

Образцы на площадке под открытым небом в зимний период



Образцы на площадке под открытым небом в весенний период



Образцы на площадке под открытым небом в летний период



Образцы в траншее в зимний период



Образцы в траншее в весенний период



Образцы под навесом



Микробиологические методы исследования:

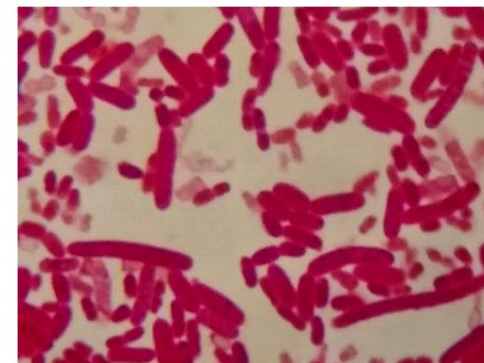
- 1) Метод изъятия проб;
- 2) Метод бактериологического исследования смывов с поверхности образцов;
- 3) Седиментационный метод (чашечный метод, метод Коха);
- 4) Бактериологический метод исследования воды из траншей;
- 5) Бактериологический метод исследования почвы в траншее.

						БР-02069964-НИ5					
						ФГБОУ ВО "МГУ им. Н. П. Огарева"					
Иск.	Кол.	Лист	Док.	Подпись	Дата	Исследование физико-химических свойств и биологической стойкости нежелезистых бетонов на основе минерально-сырьевой базы РМ					
Зав. каф.	Борисов В.Г.								Семин	Лист	Листов
Руковод.	Родив А.И.								БР	5	10
Кандидат.	Родив А.И.										
Докладчик	Лейкина О.В.					Климатические испытания разработанных составов. Микробиологические методы исследования					
И. контр.	Мельник С.А.								АСФ, ЛПС 403 ар., д/о		

Пробы из воздуха, находящегося над образцами

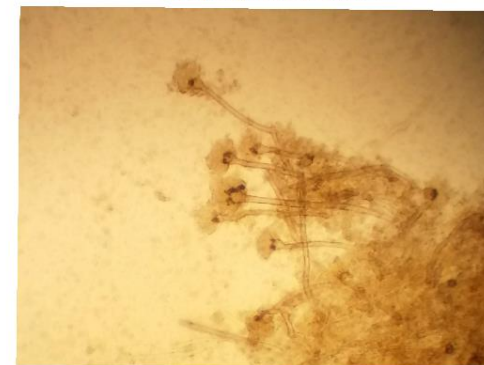
Номер пробы	Наименование питательной среды и способ окраски бактерий	Описание роста бактерий на питательной среде и описание окрашенных мазков
1 (открытая площадка)	МПА	Рост колоний обильный, одиночный, поверхность гладкая, края ровные местами неровные, профиль матовый, цвет колоний серо-белый и желтый, структура однородная, прозрачность матовая, консистенция слизистая местами плотная, присутствует рост гриба <i>Aspergillus flavus</i> .
	окраска по Грамму	Грамм (-) короткие палочки (bacillus) и крупные грамм (-) палочки (bacillus), располагающиеся парно, одиночно и цепочками.
	Чапека	Колонии на среде беловатого цвета, со временем приобрели розоватый оттенок, от серо-коричневого до черного, покрыты слизистым экссудатом. Идентификация: грибы <i>Aureobasidium pullulans</i>
2 (в траншее)	МПА	Рост колоний обильный, одиночный, поверхность гладкая, края ровные местами неровные, профиль матовый, цвет колоний серо-белый и желтый, структура однородная, прозрачность матовая, консистенция слизистая местами плотная, присутствует рост гриба <i>Aspergillus flavus</i>
	окраска по Грамму	Грамм (-) короткие палочки (bacillus) и крупные палочки (bacillus), располагающиеся парно и одиночно.
	Чапека	Колонии на среде белого и сероватого цвета, белые колонии со временем приобрели розоватый оттенок, а сероватые приобрели черный оттенок, покрыты слизистым экссудатом. Идентификация: грибы <i>Aureobasidium pullulans</i>
3 (под навесом)	МПА	Рост колоний обильный, одиночный, поверхность гладкая, края ровные местами неровные, профиль матовый, цвет колоний серо-белый и желтый, структура однородная, прозрачность матовая, консистенция слизистая местами плотная,
	окраска по Грамму	Грамм (-) длинные, крупные палочки (bacillus), располагающиеся парно и одиночно и грамм (-) кокки и диплококки
	Чапека	Колонии на среде белого и сероватого цвета, белые колонии со временем приобрели розоватый оттенок, и серо-коричневые приобрели черный оттенок, покрыты слизистым экссудатом. Идентификация: грибы <i>Aureobasidium pullulans</i>

Окраска по Грамму. Палочковидные бактерии рода bacillus



(выявлены в воздухе в траншее, под навесом и на площадке под открытым небом)

Питательная среда МПА. Прямостоящие конидиеносцы *Aspergillus flavus*.



(выявлены в воздухе в траншее, под навесом и на площадке под открытым небом)

Питательная среда - Чапека. *Aureobasidium pullulans* - дрожжеподобный почкующийся гриб



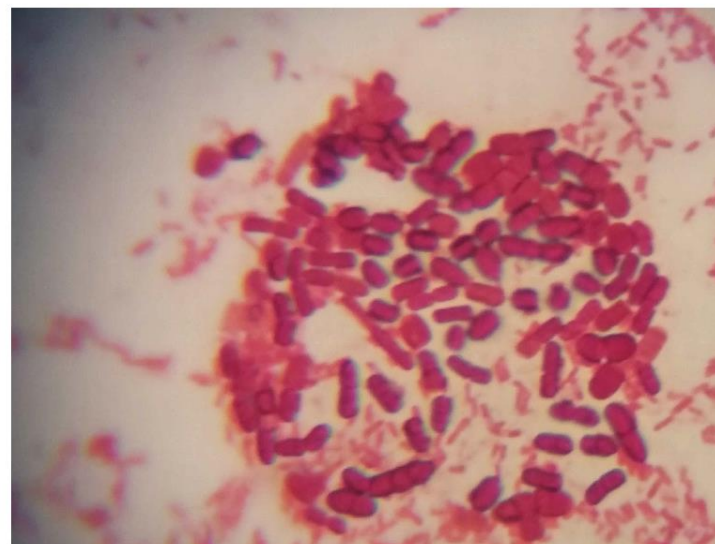
(выявлены в воздухе в траншее, под навесом и на площадке под открытым небом)

						БР-02069964-НИ6		
						ФГБОУ ВО "МГУ им. Н. П. Огарева"		
Имя	Кол.	Лист	Док.	Подпись	Дата	Исследования выполняются в соответствии с требованиями стандарта государственной безопасности на основе непереработанной сырьевой базы РМ		
Зав. кат.	Огарев В.Г.					Степан	Лист	Листов
Директор	Рыбин А.И.					БР	6	10
Композитор	Рыбин А.И.							
Директор	Авдеев О.В.					Пробы из воздуха, находившегося над образцами в разных количествах упробав		
И. номер	Мельник С.А.					АСФ, ЛГС 403 ар., д/о		

Смывы с поверхности образцов, находящихся в траншее

Окраска по Грамму. Палочковидные бактерии рода bacillus.

Номер пробы	Наименование питательной среды и способ окраски бактерий	Описание роста бактерий на питательной среде и описание окрашенных мазков
1 – 51	МПА	Рост колоний одиночный, размер от мелких (0,1 – 0,5 мм) до крупных (больше 5 мм), поверхность гладкая, цвет колоний серо-белый, края колоний ровные, прозрачность матовая, консистенция слизистая
	окраска по Грамму	Грамм (-) толстые палочки (bacillus), расположенные парно и грамм (-) тонкие мелкие палочки (bacillus), расположенные одиночно
2 – 51	МПА	Рост колоний сплошной, поверхность гладкая, прозрачность тусклая, колонии серо-белого цвета, структура однородная, консистенция плотная
	окраска по Грамму	Грамм (-) длинные, тонкие палочки (bacillus), расположенные одиночно
3 – 32	МПА	Рост колоний сплошной, поверхность гладкая, профиль матовый, цвет колоний серо-белого цвета, структура однородная, прозрачность тусклая, консистенция слизистая
	окраска по Грамму	Грамм (-) короткие, биполярные палочки (bacillus)
4 – 51	МПА	Рост колоний сплошной, поверхность гладкая, прозрачность тусклая и матовая, цвет колоний прозрачного и серо-белого цвета, консистенция плотная
	окраска по Грамму	Грамм (-) толстые крупные палочки (bacillus), расположенные парно и длинные, тонкие грамм (-) палочки (bacillus), расположенные одиночно
5 – 63	МПА	Рост колоний сплошной, поверхность гладкая, прозрачность тусклая и матовая, колонии серо-белого цвета, структура однородная, консистенция плотная
	окраска по Грамму	Грамм (-) короткие палочки (bacillus), расположенные одиночно
6 – 64	МПА	Рост колоний сплошной, поверхность шероховатая, цвет колоний серо-белого и белого цвета, структура однородная, прозрачность матовая, консистенция плотная
	окраска по Грамму	Грамм (-) толстые, крупные палочки (bacillus), расположенные одиночно
7 – 57	МПА	Рост колоний одиночный, форма округлая, диаметр колоний крупный (больше 5 мм), поверхность гладкая, цвет колоний бесцветный и пигментированный желтый, края колоний ровные, структура крупнозернистая, прозрачность матовая, консистенция слизистая
	окраска по Грамму	Грамм (-) крупные палочки (bacillus), расположенные одиночно
8 – 51	МПА	Рост колоний сплошной, поверхность гладкая, цвет колоний серо-белого цвета, структура однородная, прозрачность тусклая, консистенция плотная
	окраска по Грамму	Грамм (-) толстые, крупные палочки (bacillus), расположенные одиночно и гр (-) короткие, мелкие палочки (bacillus) расположенные одиночно
9 – 53	МПА	Рост колоний сплошной, местами одиночный, форма одиночных колоний округлая с неровными краями, структура однородная крупно и мелкозернистая, прозрачность матовая и тусклая, консистенция слизистая
10 – 51	МПА	Рост колоний сплошной, поверхность гладкая, прозрачность тусклая, цвет колоний серо-белый, структура однородная, консистенция плотная
	окраска по Грамму	Грамм (-) короткие крупные палочки (bacillus), расположенные одиночно и грамм (-) мелкие, короткие палочки (bacillus), расположенные одиночно и парно
11 – 56	МПА	Рост колоний сплошной, поверхность гладкая, цвет колоний серо-белый, структура однородная, прозрачность матовая, консистенция слизистая
	окраска по Грамму	Грамм (-) длинные, крупные палочки (bacillus), расположенные одиночно и парно
12 – 53	МПА	Рост колоний сплошной и одиночный, поверхность гладкая, цвет колоний серо-белого цвета, структура однородная и мелкозернистая, диаметр колоний среднего размера (3 – 5 мм), края колоний ровные, прозрачность матовая, консистенция слизистая
	окраска по Грамму	Грамм (-) крупные, толстые, короткие палочки (bacillus), расположенные парно и одиночно
13 – 51	МПА	Рост колоний сплошной, поверхность гладкая, профиль матовый, цвет колоний серо-белого цвета, структура однородная, прозрачность тусклая, край колоний изогнутой, консистенция плотная
	окраска по Грамму	Грамм (-) длинные и грамм (-) короткие палочки (bacillus), расположенные одиночно



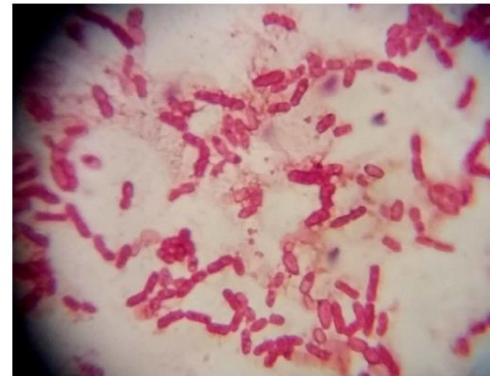
(выявлены с поверхности образцов с 1-51 по 13-51, находящихся в траншее)

						БР-02069964-НИ 7		
						ФГБОУ ВО "МГУ им. Н. П. Огарева"		
Имя	Класс	Лист	Дан	Подпись	Дата	Исследование физико-механических свойств и биологической стойкости неметаллических бетонов на основе микролитно-серьезной базы		
Заб. код	Бюджет	В. Г.				Среды	Лист	Листов
Ручебод	Рейс	И.И.				БР	7	10
Специаль	Рейс	И.И.				Смывы с поверхности образцов, находящихся в траншее		
Дисциплин	Лекция	О.В.				АСФ, ПГС 403 зр., 0/0		
И. номер	Инициалы	С.А.						

Смывы с поверхности образцов, находящихся на площадке под открытым небом

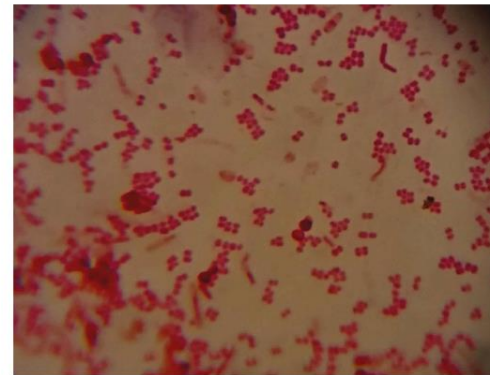
Номер пробы	Наименование питательной среды и способ окраски бактерий	Описание роста бактерий на питательной среде и описание окрашенных мазков
1 – 48	МПА	Рост колоний сплошной, поверхность гладкая, профиль матовый, цвет колоний серо-белого цвета, структура однородная, прозрачность тусклая, консистенция плотная
	окраска по Грамму	Грамм (-) крупные, толстые палочки (bacillus), расположенные парно и одиночно
2 – 47	МПА	Рост колоний одиночный, форма колоний неправильная, диаметр колоний крупный (больше 5 мм), поверхность гладкая, цвет колоний серо-белый, края колоний неровные, структура крупнозернистая, прозрачность тусклая и матовая, консистенция плотная
	окраска по Грамму	Грамм (-) расположенные парно кокки
3 – 40	МПА	Рост колоний сплошной, поверхность гладкая, профиль матовый, цвет колоний серо-белый, структура однородная, прозрачность тусклая, консистенция слизистая
	окраска по Грамму	Грамм (-) длинные, мелкие, биполярные палочки (bacillus), расположенные одиночно
4 – 41	МПА	Рост колоний одиночный, форма округлая, размер очень мелкий (0,1 – 0,5 мм), края ровные, поверхность гладкая, цвет колоний серо-белый, структура мелкозернистая, прозрачность матовая, консистенция мягкая
	окраска по Грамму	Грамм (-) длинные палочки (bacillus), расположенные одиночно
5 – 53	МПА	Рост колоний одиночный, форма округлая, размер очень мелкий (0,1 – 0,5 мм) и средний (0,5 – 3 мм), края ровные, поверхность гладкая, цвет колоний серо-белый, структура мелко и крупнозернистая, прозрачность матовая, консистенция мягкая
	окраска по Грамму	Грамм (-) крупные, толстые палочки (bacillus), расположенные парно и цепочками
6 – 50	МПА	Рост колоний сплошной, поверхность гладкая, цвет колоний серо-белый, структура однородная, местами мелкозернистая, прозрачность тусклая колонии мелкие (0,1 – 0,5 мм) края колоний ровные, прозрачность матовая, консистенция плотная
	окраска по Грамму	Грамм (-) расположенные одиночно и парно кокки, тетракокки и мелкие, короткие, тонкие грамм (-) палочки (bacillus)
7 – 42	МПА	Рост колоний одиночный, форма округлая, размер очень мелкий (0,1 – 0,5 мм), края ровные, поверхность гладкая, цвет колоний прозрачно-серый, структура мелко зернистая, прозрачность тусклая, консистенция мягкая
	окраска по Грамму	Грамм (-), расположенные одиночно кокки
8 – 46	МПА	Рост колоний одиночный, форма неправильная, размер крупный (больше 5 мм), поверхность гладкая, цвет колоний серо-белый, прозрачность матовая, консистенция плотная
	окраска по Грамму	Грамм (-) короткие, тонкие, мелкие палочки (bacillus), расположенные одиночно
9 – 40	МПА	Колонии неправильной формы, крупные (больше 5 мм), поверхность шероховатая, серо-белого цвета, профиль матовый, мелкозернистая структура, прозрачность мутная
	окраска по Грамму	Грамм (-) короткие, мелкие, тонкие палочки (bacillus), грамм (-) длинные, тонкие палочки (bacillus)
10 – 46	МПА	Колонии мелкие, желтого цвета, среднего размера (0,5 – 3 мм), шаровидной формы, белого цвета, поверхность морщинистая, структура крупнозернистая
	окраска по Грамму	Гр (-) диплококки и тетракокки, стрептококки расположенные одиночно
11 – 42	МПА	Очень мелкие колонии (0,1 – 0,5 мм), образующие большую округлую форму на периферии, поверхность шероховатая, мелкозернистая, прозрачность тусклая
	окраска по Грамму	Грамм (-) длинные, тонкие палочки (bacillus), расположенные одиночно
12-46	МПА	Колонии амбовидной формы, белого цвета, поверхность гладкая, прозрачность матовая, консистенция плотная
	окраска по Грамму	Грамм (-) длинные, тонкие палочки (bacillus), расположенные одиночно
13 – 42	МПА	Колонии неправильной формы, крупные, поверхность шероховатая, профиль блестящий, структура мелкозернистая, прозрачность матовая
	окраска по Грамму	Грамм (-) кокки, диплококки и короткие, мелкие, расположенные одиночно палочки (bacillus)

Окраска по Грамму. Палочковидные бактерии рода bacillus



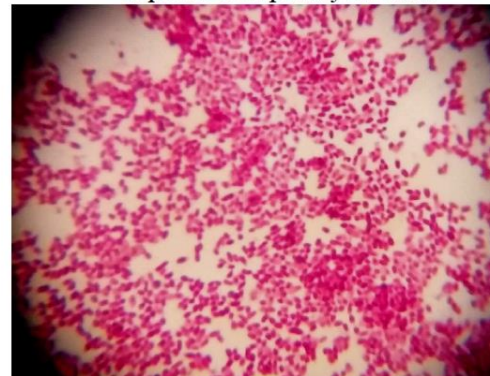
(выявлены с поверхности 1-48, 3-40, 4-41, 5-53, 8-46, 9-40, 11-42, 12-46 образцов, находящихся на площадке под открытым небом)

Окраска по Грамму. Тетракокки и стрептококки



(выявлены с поверхности 6-50, 10-46, 13-42 образцов, находящихся на площадке под открытым небом)

Окраска по Грамму. Кокки



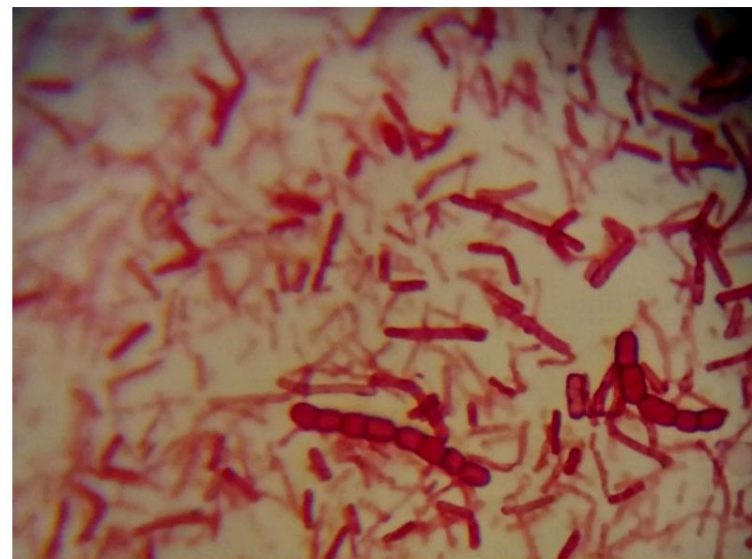
(выявлены с поверхности 2-47, 7-42, 13-42 образцов, находящихся на площадке под открытым небом)

						БР-02069964-НИВ		
						ФГБОУ ВО "МГУ им. Н. П. Огарева"		
Имя	Кол	Иван	Док	Подпись	Дата	Исследование физико-механических свойств и биологической стойкости нежелезистых бетонов на основе минерально-сырьевой базы РН		
Зав. кафедрой	Сорокин В.Т.					Специальность	Автоматизация	Информационные системы
Руководитель	Рыбин А.И.					Бр	В	ИФ
Кандидат	Рыбин А.И.					Смывы с поверхности образцов, находящихся на площадке под открытым небом		
Докладчик	Ледякина О.В.					АСФ, ЛГС 403 ар., в/о		
И. номер	Иванов С.А.							

Смывы с поверхности образцов, находящихся под навесом

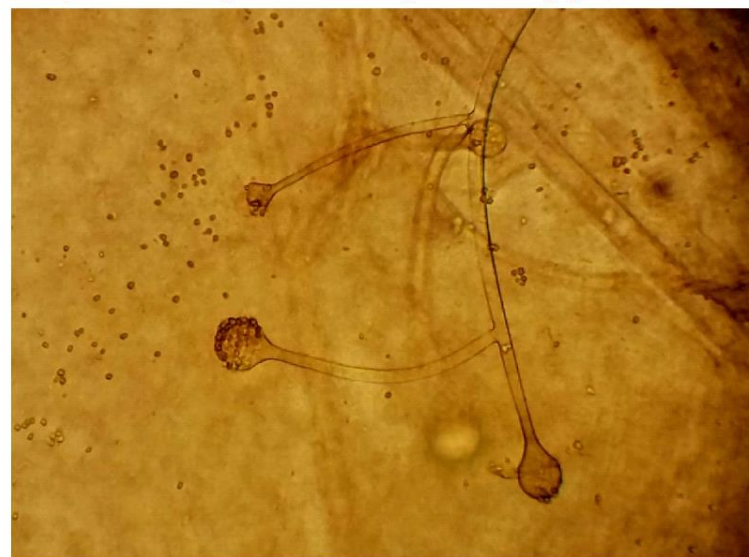
Номер пробы	Наименование питательной среды и способ окраски бактерий	Описание роста бактерий на питательной среде и описание окрашенных мазков
1 – 36	МПА окраска по Грамму	Рост гриба рода <i>Mucor</i> —
2 – 36	МПА	Рост колоний сплошной, поверхность гладкая, прозрачность тусклая и матовая, колонии серо-белого цвета, структура однородная, консистенция плотная
	окраска по Грамму	Грамм (-) короткие, тонкие палочки (<i>bacillus</i>), расположенные одиночно
3 – 35	МПА	Рост колоний сплошной, поверхность гладкая, прозрачность тусклая, колонии серо-белого цвета, структура однородная, прозрачность матовая, консистенция плотная
	окраска по Грамму	Грамм (-) короткие, толстые, биполярные палочки (<i>bacillus</i>), расположенные одиночно
4 – 36	МПА	Рост колоний сплошной, поверхность гладкая, прозрачность тусклая, структура однородная, цвет колоний серо-белый, консистенция слизистая
	окраска по Грамму	Грамм (-) толстые крупные палочки (<i>bacillus</i>), расположенные парно и длинные, тонкие грамм (-) палочки (<i>bacillus</i>), расположенные парно и одиночно, короткие мелкие одиночные грамм (-) палочки
5 – 40	МПА	Рост колоний сплошной, поверхность гладкая, цвет колоний серо-белого, структура однородная, прозрачность тусклая, консистенция плотная
6 – 41	окраска по Грамму	Грамм (-) короткие, тонкие палочки (<i>bacillus</i>), расположенные одиночно
	МПА	Рост колоний одиночный, поверхность гладкая, форма неправильная, края неровные, прозрачность матовая, колонии серо-белого цвета, структура однородная, консистенция слизистая
7 – 36	окраска по Грамму	Грамм (-) короткие, толстые палочки (<i>bacillus</i>), расположенные одиночно
	МПА	Рост гриба рода <i>Mucor</i> —
8 – 34	МПА	Рост колоний сплошной, поверхность гладкая, цвет колоний серо-белого цвета, структура однородная, прозрачность тусклая, консистенция плотная
	окраска по Грамму	Грамм (-) крупные, толстые, короткие палочки (<i>bacillus</i>), расположенные одиночно
9 – 35	МПА	Рост гриба рода <i>Mucor</i> —
	окраска по Грамму	—
10 – 34	МПА	Рост колоний сплошной, поверхность гладкая, края неровные, колонии серо-белого цвета, структура однородная, прозрачность матовая, консистенция плотная
	окраска по Грамму	Грамм (-) длинные палочки (<i>bacillus</i>), расположенные одиночно
11 – 36	МПА	Рост колоний одиночный, форма неправильная, колонии крупные (больше 5 мм) с неровными краями, поверхность гладкая, колонии серо-белого цвета, прозрачность мутная и матовая, консистенция слизистая
	окраска по Грамму	Гр (-) длинные, толстые палочки (<i>bacillus</i>), расположенные одиночно
12 – 36	МПА	Рост колоний сплошной, поверхность гладкая, профиль матовый, цвет колоний серо-белый, структура однородная, прозрачность тусклая, консистенция плотная
	окраска по Грамму	Грамм (-) длинные, тонкие, толстые палочки (<i>bacillus</i>), расположенные цепочкой, крупные грамм (-) палочки (<i>bacillus</i>)
13 – 36	МПА	Рост колоний сплошной, поверхность гладкая, профиль матовый, цвет колоний белый, структура однородная, прозрачность тусклая и матовая, консистенция слизистая
	окраска по Грамму	Грамм (-) короткие, толстые, биполярные палочки (<i>bacillus</i>)

Окраска по Грамму. Палочковидные бактерии рода *bacillus*.



(выявлены с поверхности образцов с 1-36 по 13-36, находящихся под навесом)

Питательная среда - МПА. Прямостоящий спорангиеносец с выбросом из шаровидного спорангия спор рода *Mucor*.



(выявлены с поверхности 1-36, 7-36, 9-35 образцов, находящихся под навесом)

						БР-02069964-НИ9			
						ФБГУ ВО "ИГУ им. Н. П. Огарева"			
Имя	Класс	Лист	Док.	Подпись	Дата	Исследования биологической стойкости микроорганизмов белковой на основе минерально-сырьевой базы ИИ	Стелли	Лист	Листов
Зав. кафедрой	Борисов В.Т.					Исследования биологической стойкости микроорганизмов белковой на основе минерально-сырьевой базы ИИ	БР	9	10
Грибы	Рылов А.К.								
Конспект	Рылов А.К.								
Дисциплина	Левочкина О.В.								
И. контр.	Мельник С.А.					Смывы с поверхности образцов, находящихся под навесом	АСФ, ЛГС 403 ар., д/о		

Изменение массы образцов, выдержанных в различных условиях, %

№ п/п	$\Delta G_{181}^H, \%$	$\Delta G_{181}^{0.п.}, \%$	$\Delta G_{181}^T, \%$
1	6,89	6,40	7,55
2	5,00	5,89	6,84
3	2,74	3,25	1,88
4	1,71	2,11	0,65
5	5,17	6,37	6,40
6	3,41	4,21	4,79
7	1,93	2,97	3,23
8	0,93	2,58	2,06
9	3,64	3,90	4,65
10	2,47	2,36	3,31
11	0,35	1,21	1,87
12	0,35	0,96	1,82
13	6,97	5,20	5,52

Изменение прочности K_R , модуля упругости K_E и скорости прохождения ультразвука K_V исследуемых составов (траншея)

№ п/п	$K_R, \%$	$K_E, \%$	$K_V, \%$
1	78,32	86,17	99,03
2	103,28	90,03	100,39
3	104,19	100,17	108,86
4	104,08	100,30	107,11
5	98,40	100,91	102,19
6	97,98	104,01	103,40
7	121,98	104,50	104,91
8	124,27	103,88	105,60
9	97,11	93,08	100,85
10	103,78	94,20	104,82
11	104,66	94,62	105,84
12	106,39	94,69	105,21
13	97,08	100	98,37

Изменение прочности K_R , модуля упругости K_E и скорости прохождения ультразвука K_V исследуемых составов (площадка под открытым небом)

№ п/п	$K_R, \%$	$K_E, \%$	$K_V, \%$
1	99,03	89,64	101,08
2	100,39	111,82	102,28
3	108,86	123,11	102,75
4	107,11	119,19	103,27
5	102,19	105,11	100,92
6	103,40	121,62	101,97
7	104,91	144,39	102,62
8	105,60	131,39	102,76
9	100,85	93,59	98,86
10	104,82	96,90	100,26
11	105,84	103,17	101,61
12	105,21	102,09	101,06
13	98,37	100	99,91

						БР-02069964-НИ10		
						ФГБОУ ВО "МГУ им. Н. П. Огарева"		
						Исследование физико-механических свойств и биологической стойкости легковязкости бетонов на основе микроалма-сырьевой базы РФ		
Имя	Кол.	Лист	Доп.	Подпись	Дата	Страна	Лист	Листов
Зав. кафедрой		Евфимов В.Г.				БР	10	10
Директор		Рылов А.И.						
Консультант		Рылов А.И.						
Директор ИС		Ледвинец О.В.						
И. отв.		Рылов С.А.				Биологическая стойкость	АСФ, ПГС 403 ар., д/о	

ОТЗЫВ

на выпускную квалификационную работу (бакалаврскую работу)
«Исследование физико-механических свойств и биологической стойкости
мелкозернистых бетонов на основе минерально-сырьевой базы РМ»
выпускника архитектурно-строительного факультета МГУ им. Н. П. Огарева
направления подготовки 08.03.01 «Строительство»,
профиль «Промышленное и гражданское строительство»
очной формы обучения Ледайкиной Оксаны Васильевны

Работа выполнена Ледайкиной О.В. в полном объеме в соответствии с заданием и содержит графическую часть – 10 листов формата А1; пояснительную записку – 174 листа формата А4.

Бакалаврская работа посвящена оптимизации составов и изучению физико-механических свойств мелкозернистых бетонов на основе местной минерально-сырьевой базы, а также исследованию их биологической стойкости в климатических условиях Республики Мордовия.

Изучены физико-механические свойства мелкозернистых бетонов на основе мелкого заполнителя месторождения карьера с. Морга Дубёнского района Республики Мордовия, пластификатора - «Эдванс Ультра» и комплексных добавок: «Суперпласт Прима», «Суперпласт Стандарт».

Получены кинетические зависимости гидратационного твердения мелкозернистых бетонов с использованием пластификатора - «Эдванс Ультра» и комплексных добавок: «Суперпласт Прима», «Суперпласт Стандарт» на основе местной минерально-сырьевой базы.

Определен видовой состав микроорганизмов, выделенных с поверхности образцов разработанных бетонов, находящихся в траншее, на открытой площадке и под навесом, а также из среды экспонирования образцов: воды, грунта и воздуха.

Получены количественные зависимости биологической стойкости разработанных мелкозернистых бетонов.

Во время работы над проектом Ледайкина О.В. проявила самостоятельность и усердие в решении научных и технических задач, показала умение грамотно использовать научную и нормативно-справочную литературу и применять полученные знания при проведении экспериментальных исследований.

В целом по объему и содержанию выпускная квалификационная работа (бакалаврская работа) соответствует требованиям, предъявляемым к выпускным работам, и заслуживает высокой оценки, а ее автор Ледайкина О.В. присвоения квалификации «бакалавр» по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство».

Руководитель бакалаврской работы
доцент кафедры строительных
материалов и технологий, к.т.н.



А.И. Родин

РЕЦЕНЗИЯ

на выпускную квалификационную работу (бакалаврскую работу)
«Исследование физико-механических свойств и биологической стойкости
мелкозернистых бетонов на основе минерально-сырьевой базы РМ»
выпускника архитектурно-строительного факультета МГУ им. Н. П. Огарева
направления подготовки 08.03.01 «Строительство»,
профиль «Промышленное и гражданское строительство»
очной формы обучения Ледайкиной Оксаны Васильевны

В последние годы все больше используются мелкозернистые бетоны, в основном песчаные. Мелкозернистый бетон используется в жилищном, промышленном, дорожном, гидротехническом строительстве. Из практики известно, что мелкозернистые бетоны наиболее экономичными. Мелкозернистые бетоны, по сравнению с обычным тяжёлым, отличаются более высоким отношением прочности при изгибе к прочности при сжатии, повышенной призмной прочностью, долговечностью, водонепроницаемостью, трещиностойкостью, а также удобной транспортабельностью по бетоноводам и, как следствие, высокой механизацией работ по укладке бетонных смесей и получение гладкой поверхности готовых изделий. Безусловно, оптимизация структуры и свойств мелкозернистых строительных композиционных материалов является основной задачей современного строительного материаловедения. Является известным, что во время эксплуатации в зданиях и сооружениях с агрессивными биологическими средами природного и техногенного происхождения у строительных материалов и конструкций снижаются прочностные и другие свойства. Биологическое сопротивление усиливается при повышенной влажности, циклически действующих температур и других факторов окружающей среды. Ежегодный экономический ущерб от биоповреждений в мире достигает десятков миллиардов долларов. Ухудшается внешний вид зданий и экологическая ситуация в них, а также расширяется перечень заболеваний людей, вызванных микроскопическими организмами.

Следовательно, исследования, представленные в бакалаврской работе Ледайкиной О.В., посвященные оптимизации составов и изучению физико-механических свойств мелкозернистых бетонов на основе местной минерально-сырьевой базы, а также исследовании их биологической стойкости в климатических условиях Республики Мордовия имеют большой научный и практический интерес.

Результатом проведенных исследований стали: разработанные составы мелкозернистых бетонов на основе местной минерально-сырьевой базы и добавок-пластификаторов – «Эдванс Ультра», «Суперпласт Прима» и «Суперпласт Стандарт», удовлетворяющие нормативным требованиям; изучен видовой состав микроорганизмов, заселяющихся на поверхности разработанных составов, и их стойкость в различных климатических условиях Республик мордовия.

Замечание: в работе автором не приведен видовой состав микроорганизмов с поверхности образцов, выращенных в среде Чапека-Докса.

Приведенное замечание не снижает общего высокого уровня работы. На основании вышеизложенного считаю, что бакалаврская работа заслуживает высокой оценки, а ее автор Ледайкина О.В. присвоения квалификации «бакалавр» по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство».

Рецензент,
доцент кафедры инженерной
и компьютерной графики, к.т.н.



Е.В. Завалишин