

ГБУ ДО «Белгородский областной Центр детского (Юношеского) технического творчества», Белгородский региональный детский Технопарк «Кванториум», Белгородская область, г. Белгород

**Творческое объединение «БИОКВАНТУМ»**

**СОЗДАНИЕ СТРОИТЕЛЬНОГО МАТЕРИАЛА,  
САМОСТОЯТЕЛЬНО ВОССТАНАВЛИВАЮЩЕГО МЕЛКИЕ  
ПОВРЕЖДЕНИЯ**

Авторы: Варавина Алиса, Ждамирова  
Арина, Климова Римма, Чернецова  
Анастасия, Ящина Яна, Старосельцев Михаил.  
Наставник: Давыдова Любовь Евгеньевна

Белгород, 2021

УДК 579.66

Л.Е. Давыдова\*, А.В. Варавина, А.Е. Ждамирова, Р.М. Климова, А.Е. Чернецова, Я.Д. Ящина, М.С. Старосельцев.

ГБУ ДО «Белгородский областной Центр детского (Юношеского) технического творчества», Белгородский региональный детский Технопарк «Кванториум»

*\*davydova.lyubochka@mail.ru*

#### Аннотация

Бетонные конструкции склонны к образованию трещин и избежать дорогостоящей реставрационной работы позволяет метод, основанный на биоминерализации в процессе жизнедеятельности микроорганизмов

**Ключевые слова:** *биоцемент; биоминерализация; уробактерии; сенная палочка; B. Subticis.*

## Содержание

Введение.....	4
ГЛАВА 1. Литературный обзор.....	6
1.1. Биологические особенности бактерий, позволяющие использовать их для биоминерализации.....	6
ГЛАВА 2. Материалы и методы исследования.....	7
2.1. Выделение и идентификация чистых культур микроорганизмов с желаемыми физиологическими и биохимическими характеристиками.....	7
2.2. Изготовление строительных блоков с использованием техники биоминерализации.....	7
2.3. Проверка качества полученных образцов биобетона.....	8
ГЛАВА 3. Результаты исследования.....	9
3.3. Прочность строительных материалов, изготовленных в технике биоминерализации.....	9
Список использованных источников.....	10

## Введение

В последнее время в научно-технической литературе стал чаще встречаться термин «биоминерализации» для разработки нового типа строительных материалов. Биоминерализация – это осаждение минеральных веществ, таких как  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ , и др. в результате жизнедеятельности микроорганизмов – бактерий и водорослей.

**Цель работы:** создать строительный материал, который будет сам восстанавливать мелкие повреждения.

### Задачи:

- 1) Найти микроорганизмы, которые в процессе жизнедеятельности выделяют соединения кальция (микрочастицы  $\text{CaCO}_3$ );
- 2) Выделение и культивирование микроорганизмов-продуцентов соединений кальция;
- 3) Изготовление строительного материала;
- 4) Проверка материала на прочность и самовосстановление.

**Актуальность.** При постройке новых домов люди заботятся об их долговечности и прочности. Бетон, используемый при постройке домов, имеет пористую структуру, способную образовывать микротрещины при проникновении газов и жидкостей в его поры.  $\text{CaCO}_3$ , являющийся одним из метаболитов уробактерий, способен восстанавливать микроповреждения.

**Научная новизна.** В 2021 году человечеству очень важно состояние экологии Земли. Наша планета подвержена негативному влиянию со стороны человека почти каждый день, а то и каждую секунду: начиная от огромных заводов с промышленными отходами и заканчивая прохожими, которые бесконтрольно и бессознательно засоряют условия внешней среды.

Многое в нашем мире зависит от каркаса. Начиная жилыми домами и заканчивая теми самыми промышленными производствами. Часто на улицах города можно заметить, что дома или многоквартирные постройки ухудшаются по своим внешним качествам. Это не только портит вид, но и



является значительной угрозой здоровью как прохожих, так и жильцов. Наше научное сообщество предлагает решение данной проблемы. Биобетон – прочный, безопасный, экологичный, необычный и первый в своем роде стройматериал. В его основе лежат компоненты обычного цемента, но в добавок они пропитываются питательной средой, годной для благоприятного развития и жизнедеятельности сенной палочки, а также туда заселяется сама бактерия. Свойства бактерии способствуют укреплению строительного материала и защищают постройки от мелких, но опасных повреждений. Любые трещинки с течением некоторого времени перерастают в более крупные трещины и проблемы. Если вовремя не заметить повреждение и не устранить его, это может привести к тяжелым последствиям. Наш Биобетон имеет ряд преимуществ, благодаря которым эта проблема становится менее сложной. Сенные бактерии имеют свойства переживать десятки лет без питания, а после, при его наличии, возобновлять свои жизненные функции. С их помощью, механические повреждения будут исправляться и исчезать.

**Предмет исследования.** Образцы строительного материала в форме параллелепипеда, выполненные в разной технике

**Объект исследования.** Морфологические и механические особенности уробактерий (*Bacillus Subtilis*), используемых при постройке зданий и сооружений.

## ГЛАВА 1. Литературный обзор

### 1.1. Биологические особенности бактерий, позволяющие использовать их для биоминерализации

Для этой работы мы выбрали *Bacillus Subtillus* (сенная палочка), потому что данный вид уробактерий способен образовывать споры. Споры бактерий образуются при неблагоприятных условиях жизнедеятельности. При попадании споры обратно в благоприятную (влажную, с нормальным давлением и температурой) среду, она выходит из состояния покоя, тем самым продолжая процесс активной жизнедеятельности, в ходе которой вырабатывается  $\text{CaCO}_3$ , который способен участвовать в процессе реставрации мелких повреждений [6].

*Bacillus Subtillus* (или Сенная палочка) – вид грамположительных спорообразующих факультативно аэробных почвенных бактерий. Название «Сенная палочка» появилось из-за того, что накопительные культуры, откуда получают эти бактерии, получают из сеного экстракта. Данный вид широко распространен в природе. Сенная палочка обладает удивительной способностью: при попадании в условия, где ее успешному «пропитанию» что-то грозит, бактерия может уйти на покой и образовать эндоспору, и в таком состоянии пребывать десятилетиями. При этом, несмотря на такой длинный срок, бактерия выживает без ущерба себе и выдерживает даже высокие температуры и радиоактивное облучение (что, в свою очередь, несомненно бы погубило обычные вегетативные бактерии). Так же, проводя время в смертельных условиях, сенная палочка не просто ни капельки не страдает, но и расходует ничтожную часть своего наследственного материала: для нормальной жизни ей хватает 271 гена. По сравнению с общим количеством (4100 гена) это крайне мало. Остальные гены помогают «основным» в экстренных ситуациях: либо дублируют их, либо активируются сами. Возвращение в вегетативное состояние достигается путем помещения клетки в благоприятные условия [6].

## ГЛАВА 2. Материалы и методы исследования

### 2.1. Выделение и идентификация чистых культур микроорганизмов с желаемыми физиологическими и биохимическими характеристиками

1) Необходимо приготовить универсальную питательную среду для бактерий – ГМФ-агар и заселить туда сенную палочку (*Bacillus Subtillis*);

2) Далее нужно выделить чистую биологическую культуру интересующего микроорганизма [3, 8];

3) Провести идентификацию микроорганизмов. Морфологические признаки выделенной чистой культуры *B. Subtillis*: колония должна быть жёлтого матового цвета, гладкая, размер которой приблизительно 0,5 см. физиологические признаки данного вида бактерий — положительный результат теста на уреазу [6, 8].

### 2.2. Изготовление строительных блоков с использованием техники биоминерализации

Из пенопласта нужно сделать форму для обычного и испытываемого бетона и залить растворы в нее. Размер блоков: 1x1x3 см [2].

На рисунке 1.1 изображен процесс изготовления формы для залива образцов бетона (вырезка ножом пенопласта по указанным размерам, сделанным ранее, склейка деталей в единую герметичную форму).

На рисунке 1.2 изображена уже готовая герметичная пенопластовая форма, которой осталось досохнуть перед заливкой в нее образцов бетона.

На рисунке 1.3 изображена пенопластовая форма в которую уже залиты образцы В и Г. На самой форме маркером написана дата заливки образцов в формочки.

Для исследования были взяты 3 опытных образца и 1 контрольный. В ходе эксперимента в образцах менялись время выдержки блоков в питательных средах и непосредственный состав цементных блоков (Таблица 1) [4, 7].





Рис.1.1



Рис.1.2

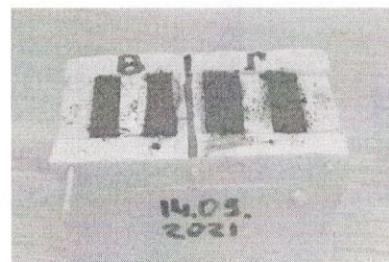


Рис.1.3

Рисунок 1.1-1.3: Процесс создания блоков

Таблица 1

### Образцы блоков биобетона

Образец	Состав	Время экспозиции в среде с <i>B.Subtillis</i> (сут)
А	Вода + цемент + песок (контроль)	0
Б	Раствор <i>B. Subtillis</i> + цемент + песок	0
В	Вода + цемент + песок выдерживать в суспензии <i>B. Subtillis</i> в течение	3
Г	Вода + цемент + песок выдерживать в суспензии <i>B. Subtillis</i> в течение	7

Впоследствии блоки обжигают в сухожаровом шкафу при 100°C на протяжении 2 часов (рис.2).

Отдельные образцы (В и Г) после обжига погружают в раствор, обогащенный источником мочевины, кальция и питательных элементов для сенной палочки, также «заражают» данный субстрат изучаемой культурой микроорганизмов и выдерживают в этом растворе строительные блоки определенный промежуток времени [1, 2, 4, 7].

### 2.3. Проверка качества полученных образцов биобетона

В ручные металлические тиски, приводимые в движение вращением ручки на боковой стороне тисков, с двух сторон металлических губ кладем ДСП высотой 2мм (для распределения давления по всей поверхности образца), а между ними – исследуемый образец. Далее, зафиксировав маркером исходное положение вращаемой ручки, записываем количество вращений, которое он выдержал до полного разрушения.



## ГЛАВА 3. Результаты исследования

### 3.3. Прочность строительных материалов, изготовленных в технике биоминерализации

В результате исследования мы добились повышения прочности строительных материалов, изготовленных в технике биоминерализации (Таблица 2).

Таблица 2

Прочность исследуемых образцов блоков, выполненных в технике биобетона

Образец	Количество полных оборотов ручки тисков
А	0,75
Б	0,65
В	1,6
Г	1,725

Исходя из результатов, образец Б, уступает по прочности в 0,87 раз по сравнению с контролем;

Если посмотреть на образец В, мы видим, что он прочнее контроля в 2,13 раз;

Протестировав образец Г, мы вычислили, что он оказался прочнее контроля в 2,3 раза.

Сделаем из этих вычислений вывод, что образец Г, который изготовлен из воды, цемента и песка, а также выдержанный в суспензии *B. Subticis* в течение 7 суток, в 2,3 раза лучше, эффективней и прочнее контроля.

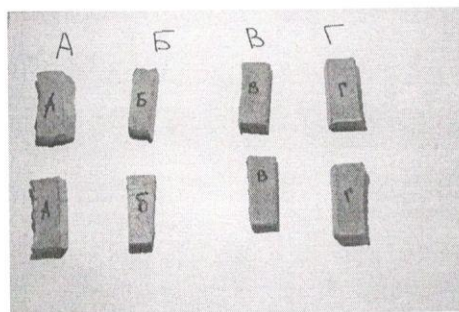


Рис.2. Образцы бетонных блоков после обжига

## Список использованных источников

1. Александрова А.К. Синтез карбонатных блоков с использованием биоцементов / А.К. Александрова, С.П. Сивков // Успехи в химии и химической технологии. Том XXXII. – 2018. – №2 – С. 16-19.
2. Курманбаев А.А. Выделение уреолитических бактерий, перспективных для микробиологического осаждения кальцита / А.А. Курманбаев, Г.Ж. Нагметова, Л.Ж. Бижанова и др. // РГП «Национальный центр биотехнологии», г.Астана. – 2017, 5 с.
3. Лабораторный практикум по микробиологии / Е.И. Кострова, Е.В. Журавко. – М.: Московская государственная технологическая академия., 2003. – 124 с.
4. Логвинова Т.В. Исследование свойств бактериальных цементов / Т.В. Логвинова, С.П. Сивков // Успехи в химии и химической технологии. Том XXXI. – 2017. – №1 – С. 15-16.
5. Логвинова Т.В. Улучшение свойств затвердевшего гипсового камня методами биотехнологии / Т.В. Логвинова, А.К. Мырмина, Н.А. Сергеева и др. // Успехи в химии и химической технологии. Том XXXX. – 2015. – №7 – С. 53-55.
6. Микробиология : учебник для студ.высш.уч.заведений / А.И. Нетрусов, И.Б. Котова. – М.: Издательский центр «Академия». 2006. – 352 с.
7. Мырмина А.К. Применение биоминерализации для поверхностного упрочнения бетонов / А.К. Мырмина, С.П. Сивков // Успехи в химии и химической технологии. Том XXX. – 2016. – №7 – С. 72-73.
8. Руководство к практическим занятиям по микробиологии: Учеб. Пособие / под ред. Егорова Н.С. – М.: Изд-во МГУ, 1995. – 224 с.