

**ОТКРЫТЫЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ КОНКУРС ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ  
И ПРОЕКТНЫХ РАБОТ ШКОЛЬНИКОВ  
«ВЫСШИЙ ПИЛОТАЖ - Пенза»**

Секция биологии «Авангард»

**ПОИСК МЕТАЛЛОУСТОЙЧИВЫХ ШТАММОВ ДЛЯ БИОРЕМЕДИАЦИИ  
ПОЧВ В ОКРЕСТНОСТЯХ ЗАВОДА УХО**

Автор работы:

ученица 8 «Б» класса

МБОУ «СОШ № 220»

г. Заречный Пензенской области

**Лазарева Вера Антоновна**

Научные руководители:

**Плюснина Л.А.**

**Самошина Ю.А.**

МБОУ «СОШ № 220»

г. Заречный Пензенской области.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	2
ГЛАВА 1. СТЕПЕНЬ ИЗУЧЕННОСТИ ВОПРОСА.....	3
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА.....	6
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ.....	9
СПИСОК ИСТОЧНИКОВ.....	15
ПРИЛОЖЕНИЕ 1.....	16
ПРИЛОЖЕНИЕ 2.....	16
ПРИЛОЖЕНИЕ 3.....	17
ПРИЛОЖЕНИЕ 4.....	19

## ВВЕДЕНИЕ

Биоремедиация<sup>1</sup> представляет собой стратегически важную междисциплинарную область, объединяющую достижения микробиологии, экологии, биотехнологии и инженерии для решения актуальных экологических проблем России и мира. В условиях возрастающего экологического давления и появления новых классов загрязнителей систематический поиск микроорганизмов с уникальными метаболическими способностями становится критически важным для обеспечения экологической безопасности и технологической независимости во всех отраслях промышленности и сельского хозяйства.

Исследовательская программа «Гражданская наука и генетические технологии для сельского хозяйства» реализуется Институтом химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН при поддержке Министерства науки и высшего образования России в 2025-2027 годах. МБОУ «СОШ №220» является участниками этой программы на конкурсной основе. Наставников выбирали по нескольким критериям, пройдя отбор, наша школа заключила договор с Фондом «Поддержка проектов в области образования» в рамках исследовательской программы «Гражданская наука и генетические технологии для сельского хозяйства».

Завод УХО находится всего в 7 км от Пензы в 5 км от Сурского водохранилища, которое является основным источником питьевой воды для жителей г. Заречного и Пензы. Контроль над обращением боеприпасов постоянно ведется международными наблюдателями. Мониторингом экологического состояния занимаются и местные службы. Именно в таких местах, уже безопасных для жителей можно встретить бактерии, устойчивые к металлам для восстановления загрязненных почв. На этом основании считаем данное исследование очень **актуальным** и интересным.

**Объектом исследования** выступают образцы почвы, взятые с берега «Мертвого озера», прилегающего леса, участка лесного массива вдоль дороги на с. Золотаревка и почвы по периметру ограждения в непосредственной близости УХО.

**Предметом исследования** являются бактерии, содержащиеся в почве, способные выживать и оказывать положительное влияние на растения в условиях нахождения в почве тяжелых металлов. Необходимо найти штаммы, которые будут оказывать положительное влияние на рост растений, сами при этом оставаться активными, способными к биоремедиации.

Мы предполагаем, что в почвенных образцах должно быть большое количество искомым штаммов, способность к биоремедиации будет ярко выражена. В этом состоит суть выдвинутой нами **гипотезы**.

В связи с этим, **целью** настоящего **исследования** является поиск штаммов, удовлетворяющих заявленным требованиям. Для достижения цели были поставлены следующие **задачи**:

- отобрать образцы почв в местах возможного нахождения искомым штаммов;

---

<sup>1</sup>Биоремедиация — это способ очистки загрязнённых территорий при помощи природных организмов, которые расщепляют и нейтрализуют вредные вещества. В качестве таких организмов могут выступать растения, бактерии, грибы.

- протестировать полученные штаммы по предложенной методике и отобрать лучшие, найти бактерии резистентных популяций<sup>2</sup> без ущерба для почвенного плодородия;
- провести тест со штаммами «чемпионами» для подтверждения их эффективности на живых объектах, проверить гипотезу;
- отправить штаммы в транспортной среде ученым НГУ для дальнейшего изучения, заполнив базу данных на сайте <https://syncwoia.com/>;
- оценить экологическое состояние почв указанных территорий с учетом способности бактерий к биоремедиации.

**Практическое значение** данного исследования содержится в его цели. Гражданская наука способна приносить пользу, исследования проводятся по всей России, полученные штаммы будут протестированы учеными и среди них найдутся такие, которые будут в дальнейшем секвенированы<sup>3</sup> и улучшены, после чего их станет возможно применять для биоремедиации почв после экологических катастроф, техногенных аварий и др.

Каждый выделенный и охарактеризованный микроорганизм не только расширяет научное понимание биоремедиационного потенциала микробного мира, но и может стать основой для разработки инновационных российских технологий в области экологической биотехнологии. В условиях глобальных климатических изменений и появления новых экологических вызовов продолжение поиска новых биологических агентов является не только научной необходимостью, но и стратегическим императивом.<sup>4</sup>

**Новизна** данного исследования содержится в каждой задаче настоящей работы. Подобные исследования на почвах указанных территорий проводятся впервые.

## **ГЛАВА 1. СТЕПЕНЬ ИЗУЧЕННОСТИ ВОПРОСА**

Российская Федерация, обладая уникальными природными условиями и мощными научными традициями в области микробиологии, имеет исключительные возможности для ведущей роли в развитии биоремедиационных технологий. Территория страны, включающая арктические экосистемы, экстремальные биотопы и промышленные регионы с вековой историей антропогенного воздействия, представляет собой неисчерпаемый источник микроорганизмов с уникальными адаптациями.

### **1.1. История вопроса**

Завод УХО начал строиться еще в 1937 году. Изначально здесь был просто укрепленный склад боеприпасов. После войны сюда свозились химические авиационные бомбы вплоть до 1987 года. Потом боеприпасы пришли в негодность и перевозить их стало опаснее, чем хранить. На этом же месте в 2006 году и построили текущий завод по переработке химического оружия (УХО). Полное уничтожение химоружия в Леонидовке завершено в 2012 году [1].

С ноября 2001 г. объект в Леонидовке находится в подчинении Федерального управления по безопасному хранению и уничтожению химического оружия при Федеральном агентстве по промышленности. Здесь хранится 17,2% общего запаса химического оружия РФ. В середине XX века вся информация была закрыта. Многие из того,

<sup>2</sup> Резистентные популяции к тяжёлым металлам (ТМ) — это популяции, которые способны противостоять токсическому действию ТМ, несмотря на их токсичность.

<sup>3</sup> Секвенирование — это определение последовательности нуклеотидов или аминокислот в образцах ДНК или РНК.

<sup>4</sup> Стратегический императив — это критический, неизменяемый приоритет, который организация должна реализовать, чтобы оставаться конкурентоспособной, успешной, готовой к будущему.

что там происходило около складов с химоружием, описывалось только спустя десятилетия. Старожилы припоминают, что в 1963 году после дождя в селе Золотаревка начались аномальные явления: в местной речушке появились лещи размером с лопату, судаки по локоть. «Один год выпал розовый снег, в другой появились огромные, размером с ладонь лягушки, полосатые, как арбуз. Конечно, это все странно, но вряд ли связано с заводом», - рассказывает местная жительница Валерия.

Потом приехали военные и сказали, что рыба отравлена, а в водоеме купаться нельзя. Запрет был наложен из-за уничтожения складов с оружием (скриншот №1, приложение 1). Местные утверждают: тогда боевые отравляющие вещества уничтожали, просто сливая их на землю, в озеро Моховое, которое сейчас более известно под названием «Мертвое»[3].

Пенза получила (с опозданием) уникальное сооружение - путепровод через Суру, что придало новый импульс экономическому развитию области. Сам завод после завершения процесса уничтожения отравляющих веществ был подвергнут конверсии, и стал составной частью экономического потенциала области[2].

В 2013 году в журнале «Известия высших учебных заведений. Поволжский регион» было опубликовано исследование авторства пяти пензенских ученых - д.м.н. Людмилы Курашвили, д.м.н. завкафедры «Педиатрия» Виллория Струкова, главы тогдашней пензенской ЦРБ Александра Лаврова, заведующей клинико-диагностической лаборатории Елены Кирякиной и педиатра Ольги Фролкиной. Медики изучили группу детей из трех населенных пунктов Пензенского района, обозначенных «Северный», «Центральный» и «Южный» на наличие онкологических заболеваний. Предполагается, что «Северным» являлась Леонидовка, а остальные - Золотаревка и Алферьевка. После обследования УЗИ у детей выявляются отклонения со стороны щитовидной железы без клинических признаков заболевания, эти отклонения негативно влияют на здоровье детей.

«Жалоб на экологию не было, - утверждает глава администрации Леонидовского сельсовета Ольга Булатова. - У нас много жителей старше 80 лет и какого-то «повального» заболевания онкологическими или подобными заболеваниями не наблюдается. Тем более что тогда бы село уже не существовало: все бы попросту разъехались, и Леонидовки не осталось.

По «Мертвому» озеру тоже нет особых проблем. Оно находится очень далеко от нас, как таковой дороги к нему не имеется, и человек «просто так» туда не забредет. Путь знают только ученые, которым необходимо делать замеры». А вот многие экологи-эксперты, когда их спрашивали о том, не опасно ли проживать в Леонидовке и в Золотаревке, на вопрос подробно не отвечали, ограничиваясь общими словами[4].

## **1.2. Современное состояние территории**

Состояние территории на сегодняшний день вполне удовлетворительное. Но есть факты, которые признаются. «На территории Засурско-Леонидовского участкового лесничества остался полигон прошлого уничтожения химического оружия, почвы которого сильно загрязнены. На основе обследования характера загрязнения Институтом промышленной экологии Росприроднадзора разрабатывались проекты рекультивации этих земель. Получается, что под открытым небом находится сильно загрязненный грунт, который можно считать отходом I класса опасности, - рассказывает Александр Иванов. - В основе проекта рекультивации наземного полигона прошлого уничтожения ХО лежит создание влагоизолирующего саркофага, но не бетонного, а с использованием современных полимерных материалов и глины, а также восстановление растительности. Делается это,

чтобы блокировать внутрпочвенный гравитационный сток, чтобы полностью исключить возможность выноса вредных веществ за пределы полигонов»[4].

«Изучением проблемы прошлого уничтожения химического оружия занималось Пензенское отделение общественной организации «Зеленый Крест» в 1998 году под руководством его председателя В.М.Панкратова, - рассказывает доктор биологических наук, профессор ПГАУ Александр Иванов. – Отравляющие вещества представляют собой агрессивную среду, со временем стала возникать опасность, что снаряды могут «потечь». В конце 1940-х годов было организовано их уничтожение. Утилизация происходила с минимальными вложениями и ясно, что система безопасности была не на таком высоком уровне, как сейчас».

Реабилитации подлежит и озеро Моховое. Именно сюда и сливали боевые отравляющие вещества. Рассказывают, что одно время здесь даже купались. Но потом отдыхающим «все быстро объяснили», и заплывы прекратились.

«Проект экологической реабилитации озера «Моховое» также разработан. В его основе лежит химическая мелиорация водоема с помощью известкования для восстановления благоприятных для живых организмов показателей кислотности среды. Вторым этапом экологической реабилитации экосистемы является восстановление типичной для озер флоры и фауны, т.к. в настоящее время озеро населяет довольно специфичный набор живых организмов, не характерных для водоемов подобного типа», - продолжает Александр Иванов. Тамара Стойко (профессор кафедры «Зоология и экология» ПГУ) считает по-другому (скриншот №2, приложение 1).

В региональном Минлесхозе не предоставили информацию о том, что участки уничтожения химоружия могут войти в какую-либо федеральную программу по экологической реабилитации. В ведомстве лишь отметили, что это - зона ответственности Министерства природных ресурсов и экологии РФ[4]. - Завод УХО принес огромную пользу жителям Пензенской области: на нем фактически уничтожена большая половина отравляющих веществ, хранившихся на складах в Леонидовке и угрожавших жизни и здоровью населения, - сообщил на «прямой линии» заместитель председателя правительства Пензенской области, начальник регионального Управления ЖКХ Николай Ащеулов[5].

- Санация бывшего объекта по уничтожению химического оружия «Леонидовка» в Пензенской области завершилась в 2021 году, после чего площадка предоставлена для дальнейшего освоения нескольким инвесторам, сообщил агентству «Интерфакс-Поволжье» глава региона Иван Белозерцев[6].

В настоящее время в селе Леонидовка Пензенского района продолжают работу по созданию предприятия по переработке и хранению лубяных культур<sup>5</sup>. Оно займет производственную площадку, которая занималась ранее уничтожением химоружия. Об этом проинформировал подписчиков губернатор Пензенской области Олег Мельниченко в своем официальном Telegram-канале.

---

<sup>5</sup> Лубяные культуры — растения, возделываемые для получения лубяного волокна, которое используется в текстильной промышленности. Лубяные волокна могут происходить из: лубяного слоя коры стеблей однолетних и многолетних видов, таких как лён, конопля, кенаф, канатник, рами, кендырь, джут, кроталария, мальва, сесбания, сида, листьев однодольных растений, таких как агава, юкка, новозеландский лен, прядильный банан, драцена, дазилирион и другие.

Глава региона рассказал, что встретился с руководителем федерального управления по безопасному хранению и уничтожению химического оружия при Минпромторге РФ Михаилом Чернышовым. Они обсудили будущее данного объекта. Шла речь о проекте по производству и хранению лубяных культур, сырья и продукции из них. Инвестор продолжает работу в этом направлении[7].

### **1.3. Теоретическая база эксперимента (обязательная часть для поиска штаммов)**

#### **ПАВ-продуценты (поверхностно-активные вещества)**

Микроорганизмы данной группы синтезируют биосурфактанты - природные эмульгаторы, способные разрушать нерастворимые в воде соединения. Эти бактерии производят вещества, облегчающие биодоступность нефтепродуктов для дальнейшей деградации. Они превосходят синтетические аналоги по биоразлагаемости и экологической безопасности.

#### **ПАУ-деструкторы (полициклические ароматические углеводороды)**

Эта группа микроорганизмов обладает специализированными ферментативными системами для расщепления стойких ароматических соединений. Данные штаммы незаменимы для очистки территорий, загрязненных продуктами сгорания, каменноугольными смолами, креозотом и другими источниками ПАУ.

#### **Гербицид-деструкторы**

Микроорганизмы этой категории специализируются на деградации синтетических пестицидов и гербицидов. Они обладают ферментативными системами, способными расщеплять фосфорорганические соединения, хлорорганические пестициды, триазины<sup>6</sup> и глифосат<sup>7</sup>. Эти штаммы важны для восстановления сельскохозяйственных земель после интенсивного применения пестицидов и для очистки стоков химических предприятий.

#### **Металлоустойчивые микроорганизмы**

Данная группа бактерий выработала специфические механизмы детоксикации тяжелых металлов. Металлоустойчивые штаммы способны выживать и функционировать в присутствии токсичных концентраций меди, цинка, свинца, кадмия и других тяжелых металлов. Они применяются для биоремедиации промышленных территорий.

#### **Лакказа-продуценты**

Микроорганизмы этой группы секретируют лакказы - медьсодержащие оксидазы широкого спектра действия, способные окислять разнообразные ароматические и фенольные соединения. Продуценты лакказ эффективны против лигнина, синтетических красителей, фенольных соединений и некоторых пестицидов.

## **ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА**

**Материалом** в данном исследовании выступают образцы штаммов почвенных бактерий, способных к биоремедиации собранные в 4 точках окрестностей завода УХО. В качестве **контрольных образцов** выступают штаммы, полученные из лесной почвы Золотаревского массива. В эксперименте участвуют штаммы, полученные с берега «Мертвого» озера, лесного массива рядом с берегом (20м от воды) и почвенные образцы территории близ охраняемого периметра УХО. Образцы отбирались с глубины 5см верхнего

---

<sup>6</sup>Триазины-нелетучие соединения, плохо растворимые в воде и органических растворителях, устойчивы к действию света, влаги, кислот, щелочей.

<sup>7</sup>Глифосат-гербицид, имеет низкую токсичность для теплокровных животных и пчел.







гумусного горизонта в трех повторностях согласно ГОСТ 58595-2019 (фото№1-4, приложение 1). Взят также образец воды из озера (таблица 1, приложение 2).

### 2.1. Первичный скрининг

Для определения группы почв по гранулометрическому составу использовался «мокрый метод».

Образец растертой почвы увлажняли и перемешивали до тестообразного состояния, при котором почвы становились наиболее пластичными. Из подготовленной почвы на ладони скатывали шарик и раскатывали его в шнур, затем свертывали в кольцо (фото№1, приложение3). После этого с помощью таблицы определяли механический состав образца (табл. №1).

**Гранулометрический состав. Таблица №1**

Механический состав	Вид образца на бумаге после раскатывания
Шнур не образуется — <b>песок</b>	
Зачатки шнура — <b>супесь</b>	
Шнур дробится при раскатывании — <b>легкий суглинок</b>	
Шнур сплошной, кольцо при свертывании распадается — <b>средний суглинок</b>	
Шнур сплошной, кольцо с трещинами — <b>тяжелый суглинок</b>	
Шнур сплошной, кольцо цельное — <b>глина</b>	

Для **определения кислотности** образцов почвы мы использовали прибор «Мегеон-35280» с нанесенной на него шкалой. Прибор точно показывал рН почвы через минуту, после помещения его чувствительных частей в почву. Измерения проводились на месте нахождения в каждого образца в трех повторностях, брали среднее значение.

Для **обнаружения карбонатов** (или их отсутствия) в почве мы воспользовались раствором 10% HCl и столовой ложкой. Соблюдая технику безопасности (работали в резиновых перчатках), капали на ложку с образцом почвы несколько капель 1M раствора соляной кислоты с помощью пипетки Пастера. Реакция качественная.

### 2.2. Изучение содержания органических веществ

Оборудование и компоненты: перчатки; стеклянные флаконы с крышкой, сода (NaHCO<sub>3</sub>); пипетка Пастера на 5мл; мерный стакан на 100мл; дистиллированная вода; емкости для приготовления растворов соды; кухонные весы (до 1кг); термометр.

#### **Приготовление 5% раствора соды**

Взвешивали 5 гр. соды, засыпали в емкость и заливали 100мл воды, перемешивали. Нагревали полученный раствор до 50 градусов на водяной бане (фото №2-3, приложение 3).

#### **Определение содержания органических веществ**

1) В стеклянные флаконы с белыми крышками (промаркированными заранее) помещали по 1 грамму сухой почвы. Для каждого образца проводится опыт с 5% раствором соды, как требует методика.

2) Навеску почвы заливали 10мл раствора горячей соды, закрывали крышкой, взбалтывали. Оставляли на 24 часа, первые 12 часов стаканчики периодически взбалтывали.

3) Через сутки переливали часть раствора в крышку и ставили на белую бумагу со шкалой. Сравнивали цвет раствора и записывали количество мг С/кг почвы в таблицу (фото №4-6, приложение 3).



Шкала для оценки содержания углерода в почве, единицы измерения - количество мг углерода на кг почвы (мгС/кг почвы)\*

**2.3. Поиск штаммов для биоремедиации** проводился по методике, предложенной учеными из НГУ (приложение 4, приложение 3). Все предложенные кейсы базируются на единой стандартизированной методологии, обеспечивающей сопоставимость результатов и возможность их интеграции в общую базу данных, которую мы также заполнили. Результаты фотографировались (фото№11-15, приложение3).

Для получения штаммов из почвы мы приготовили разбавленную LB-среду и образцы почв в емкостях с водой, как того требует методика. Выращивали штаммы в чашках Петри в течение 10 дней, после чего произвели пересев в 24 луночные планшеты (фото№16, приложение3). Планшеты были промаркированы цветом и подписаны номера, выделен контроль (фото№7-10, приложение 3).

Мы приготовили 5 сред по методике (приложение 4), присланной нам учеными из НГУ, и по составленной нами схеме разместили бактериальные штаммы из чашек Петри в лунки с помощью большого количества зубочисток, вели дневник активности штаммов. После получения результатов была составлена таблица №1 в приложении 5, после чего приступили к выполнению выбранного кейса.

Нами был выбран кейс «ЗАГРЯЗНЕНИЕ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ, скрининг этих активностей обеспечивает всестороннюю оценку биоремедиационного потенциала микробных сообществ. Приоритетные активности:

- Устойчивость к металлам - главная цель.
- Лакказная активность - важна для органических загрязнителей.
- ПАВ-продукция - может помочь в мобилизации металлов
- Целевой результат: найти 3-5 штаммов с высокой металлоустойчивостью и дополнительными активностями. После проведения первичного поиска были отобраны штаммы «чемпионы» для дальнейших исследований (фото№17-21, приложение 3).

#### **2.4. Влияние на прорастание растений**

Цель: Проверить, помогают ли металлоустойчивые бактерии растениям выживать в загрязненной почве.

##### **Протокол:**

1. Приготовили 4 варианта почвенной смеси:
  - o Чистая почва (контроль)
  - o Почва + раствор металлов
  - o Почва + раствор металлов + лучший штамм
  - o Почва + раствор металлов + смесь 2-3 штаммов
2. Посеяли семена пшеницы и редиса - по 10 семян в каждый вариант
3. Поливали дистиллированной водой

4. Учитывали всхожесть через 3, 5, 7 дней

5. Провели морфометрию проростков

6. Оценивали общее состояние растений (цвет, тургор)


Ожидаемые результаты: В присутствии металлоустойчивых бактерий всхожесть и рост растений должны улучшиться

Выводы для кейса: Выбирали штаммы, которые не только устойчивы к металлам, но и защищают растения.

Нами были использованы семена пшеницы яровой отборной алтайской, редиса «Зеленая свежесть», которые были присланы для проведения эксперимента, как и все необходимое оборудование, учеными из НГУ. Закуплена дистиллированная вода (фото №22, приложение 3). При проведении исследования все этапы и промежуточные результаты фотографировались, для представления результатов использовалась программа Microsoft Excel 2019.

### ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

**3.1. Первичный скрининг почвенных образцов** Результат определения механического состава. Таблица №2.

Точки	Диагностические методы			Название типа механического состава почвы
	скатывание шарика	образование шнура	деформация шнура	
Точка № 1	скатывается	Шнур дробится при раскатывании		Легкий суглинок
Точка № 2	скатывается	Шнур сплошной	 кольцо при свертывании распадается	Средний суглинок
Точка № 3	скатывается	Шнур дробится при раскатывании		Легкий суглинок
Точка № 4	скатывается	Шнур дробится при раскатывании		Легкий суглинок

### Определение pH почвенных образцов. Таблица №3.

Номер точки	Значение pH	
1	7,5	
2	7,5	
3	8	
4	8	
Вода из озера	8	

### 3.2. Содержание органических веществ в почвенных образцах. Таблица №4

Номер точки	Количество мг С/кг почвы
1	600
2	2200
3	700
4	500

Данный опыт показал, что минимальное количество органических веществ содержится в образцах почвы (4) по периметру ограждения завода УХО. В точке контроля (1) в почве также оказалось мало органических веществ. Это лесные почвы. Очень много органических веществ обнаружено в прибрежной части берега (2) озера. Буквально в 50 метрах от берега количество органических веществ снижается до 700 (3 точка).

### 3.3. Поиск штаммов для биоремедиации

18.10.2025 года был произведен посев на LB- среде (фото №4-5, приложение 3). Через 4 дня в каждой из 4 точек отбора почвенных образцов мы получили колонии бактерий, среди которых были отдельные и сросшиеся колонии, цвет варьировал от молочного до темно-желтого. Для дальнейшего эксперимента были отобраны колонии бактерий, показавшиеся нам перспективными (фото №9-12, приложение 3).

22.10.2025 года был произведен пересев штаммов в 24-луночные планшеты. Соблюдалась необходимая техника безопасности (перчатки, респиратор). Планшетов было 5, в каждом из которых находилась своя среда, которую мы предварительно подготовили и планшеты промаркировали разноцветными стикерами, подписали перманентным маркером, 24 лунка-контроль. Ввели дневник наблюдений в течение 5 дней, как того требовала методика производили учет (фото №13-19, приложение 3). После чего была составлена сводная таблица активности (таблица №1, приложение 5).

### ПАВ-продуценты

Данный эксперимент показал, что только 5 выделенных штаммов из 7 способны синтезировать биосурфактанты, разрушающие гидрофобные загрязнения. Эти штаммы найдены в лесных почвенных образцах около трассы, в лесопосадках у завода УХО и у кромки озера «Моховое». Штаммы, выделенные из воды озера, также имеют указанную способность. Именно в таких местах могут быть следы утечки нефтепродуктов, а в озере они могли оказаться в результате слива в него отходов. Отсутствие таких штаммов в лесных почвах в 20 метрах от озера мы объясняем отсутствием в этих почвах загрязнений подобного рода. У завода УХО штаммы проявили умеренную активность, в лесных почвах активность слабая, а вот в воде озера активность была максимальной.

### **ПАУ-деструкторы**

В почвах лесного массива около озера штаммов способных расщеплять стойкие ароматические соединения не найдено, в то время, как во всех других образцах почвы и в воде такие штаммы обнаружены. Активность данных штаммов слабая что, возможно, свидетельствует о нахождении химических веществ в допустимых концентрациях в почвах на данных территориях. Этот вопрос требует дополнительных исследований.

### **Гербицид-деструкторы**

Данные штаммы очень важны для восстановления почв. Нами были найдены такие штаммы в лесных почвах около трассы и ограждения завода УХО, а также в воде озера. Это говорит о том, что данная почва способна сама себя восстанавливать (таблица №2, приложения 5). Пестициды и гербициды, наверное, не распылялись над лесами. Что касается фосфорорганических соединений, то они, возможно, есть в озере и в этих почвах, так как активность штаммов в образце воды – средняя, а у почв около периметра завода – сильная.

А вот в лесной почве в 20м от озера и почвы у самой кромки воды штаммов с такой способностью не обнаружено. Это может говорить о том, что гербициды на данных территориях не применялись и другие фосфорорганические соединения отсутствуют.

### **Металлоустойчивые микроорганизмы**

Данные штаммы способны выживать и функционировать в присутствии токсичных концентраций меди, цинка, свинца, кадмия и других тяжелых металлов. Штаммы с подобными свойствами обнаружены во всех образцах почвы, кроме синих<sup>8</sup> штаммов почв у кромки воды и у периметра ограждений УХО. У всех найденных штаммов умеренная активность, что видно из таблицы 1, приложения 5. Это может означать, что найденные штаммы научились выживать в почвах с загрязнением тяжелыми металлами, адаптировались и демонстрируют свою способность к биоремедиации.

Реакция микроорганизмов в чистых культурах на лабораторных средах может быть иной, чем в природной обстановке. Поэтому исследования по разработке методов тестирования на основе создания модельных систем необходимо сочетать с конкретными наблюдениями в природе.

### **Лакказа-продуценты**

Во всех образцах почв и воды найдены штаммы, способные секретировать лакказы. Разница проявилась только в их активности. Самые активные штаммы найдены в лесных почвах и у кромки воды. Лакказа — фенолоксидаза, широко распространённая в грибах и бактериях. Фермент участвует в трансформации лигнина и гуминовых веществ почв. Продуценты лакказ эффективны против синтетических красителей, фенольных соединений, пестицидов и ксенобиотиков<sup>9</sup>.

---

<sup>8</sup> Штамм обнаружен у кромки воды, не проявил активностей, кроме ПАУ-деструкции и лакказа-продукции. Возможно, это синегнойная палочка (*Pseudomonas aeruginosa*) — вид грамотрицательных аэробных подвижных палочковидных бактерий, которые обитают в почве. Характерный биологический признак этих бактерий — способность синтезировать водорастворимый пигмент, окрашивающий питательную среду в сине-зелёный цвет. Синегнойная палочка условно патогенна для человека, является возбудителем внутрибольничных инфекций. Не использовалась для дальнейших экспериментов.

<sup>9</sup> Ксенобиотики (от греч. ξένος — «чуждый» и βίος — «жизнь») — условная категория для обозначения чужеродных для живых организмов химических веществ, естественно не входящих в биотический круговорот. Как правило, повышение концентрации ксенобиотиков в окружающей среде прямо или косвенно связано с хозяйственной деятельностью человека.

Лакказа участвует в трансформации органического вещества почв, в частности в образовании и трансформации гуминовых веществ (ГВ) — тёмноокрашенных продуктов гумификации, составляющих основу гумуса. Также лакказа может участвовать в деградации загрязняющих веществ в загрязнённых почвах. Фермент окисляет фенолы, анилины и ароматические тиолы<sup>10</sup>, что сопровождается восстановлением молекулярного кислорода до воды.

• Целевой результат: найти штаммы с высокой металлоустойчивостью и дополнительными активностями, получен.

### 3.5. Безопасность для сельхозкультур

2 ноября произвели посев семян редиса и пшеницы по 10 штук в промаркированные чашки Петри со стерильной почвой<sup>11</sup> (контроль) и 4х вариантов почвенной смеси штаммов как того требует методика. Поливали дистиллированной водой (фото№23, приложение3).

1. Почва, р-р МЕ+ штамм 25ПЛА58.11.2 (желтые);
2. Почва, р-р МЕ+ смесь 25ПЛА58.11.2 (желтые), 25ПЛА58.11.1(белые) и 25ПЛА58.12 (белые);
3. Почва и р-р МЕ;
4. Почва (контроль).

Штамм 25ПЛА58.11.2(желтые) и 25ПЛА58.11.1 (белые)<sup>12</sup> получены с точки сбора №1, 25ПЛА58.12<sup>13</sup> получен с точки №2. Для дальнейших исследований нами выбраны эти штаммы, потому что они себя показали способными выживать в средах с металлами и проявлять в них умеренную активность.

Вели дневник наблюдений за прорастанием семян редиса и пшеницы (фото№24-31, приложение 3). Эксперимент занял 10 дней. Быстрее всех проросли семена в чашках со штаммом 25ПЛА58.11.2(желтые) у редиса(5 корешков). В чашке с контролем в этот момент было 2 корешка. У пшеницы различий не выявлено.

В середине эксперимента у **редиса** наблюдалась следующая картина:

1. В почве с раствором МЕ и штаммом 25ПЛА58.11.2 было 7 проростков по 2 листа;
2. В почве с раствором МЕ и смесью штаммов -5 проростков по 2 листа;
3. В почве с раствором МЕ -10 проростков, из них 7 с двумя листьями;
4. В почве контроля -10 наметившихся проростков с нераскрытыми листьями.

**У пшеницы:**

1. В почве с раствором МЕ и штаммом 25ПЛА58.11.2 было 6 проростков;
2. В почве с раствором МЕ и смесью штаммов -2 зеленых проростка;
3. В почве с раствором МЕ -5 проростков;
4. В почве контроля -5 наметившихся проростков.

(таблица №2, графики №1-2, приложение 5).

В конце эксперимента у **редиса:**

1. В почве с раствором МЕ и штаммом 25ПЛА58.11.2 было 10 проростков;
2. В почве с раствором МЕ и смесью штаммов -10 проростков;
3. В почве с раствором МЕ -10 проростков;

<sup>10</sup> Сернистые аналоги спиртов

<sup>11</sup> Почва была прокалена в духовке при температуре 180°C в течение двух часов.

<sup>12</sup>В 24 луночном планшете у этого штамма был №17, у желтого №18

<sup>13</sup>В 24-луночном планшете это №20

4. В почве контроля -10 проростков с самыми толстыми стеблями.

**У пшеницы:**

1. В почве с раствором МЕ и штаммом 25ПЛА58.11.2 было 9 проростков;
2. В почве с раствором МЕ и смесью штаммов -5проростков;
3. В почве с раствором МЕ -8 проростков;
4. В почве контроля -8 проростков.

В ходе эксперимента проводился ежедневный учет проростков, по окончании 10-го дня эксперимент был завершён по причине нехватки почвенного питания. Полив дистиллированной водой также не давал необходимых элементов. На 10 день нами проведена **морфометрия проростков** (таблица №5, фото №32-34, приложение 3).

**Морфометрия проростков пшеницы Таблица №5**

(синим цветом показаны самые низкие результаты, красным - высокие, зеленым-контроль)

Содержимое чашки Петри	Морфометрия проростков			
	Количество	Длина корней (среднее в см.)	Длина стебля (среднее в см.)	Масса корней и стеблей (гр.)
Почва +р-р МЕ + штамм 25ПЛА58.11.2 редис	10	5,59	7,05	1,6
Почва +р-р МЕ + смесь штаммов: 25ПЛА58.11.2; 25ПЛА58.11.1; 25ПЛА58.12 редис	10	6,05	6,0	1,2
Почва +р-р МЕ (медь, цинк и никель) редис	10	4,78	6,27	1,1
<b>Почва контроль редис</b>	<b>10</b>	<b>5,45</b>	<b>7,62</b>	<b>1,4</b>
Почва +р-р МЕ + штамм 25ПЛА58.11.2 пшеница	9	8,8	8,32	1,5
Почва +р-р МЕ + смесь штаммов: 25ПЛА58.11.2; 25ПЛА58.11.1; 25ПЛА58.12 пшеница	5	6,06	6,48	0,6
Почва +р-р МЕ (медь, цинк и никель) пшеница	8	5,5	6,5	1,3
<b>Почва контроль пшеница</b>	<b>8</b>	<b>4,81</b>	<b>4,95</b>	<b>1,2</b>

Для получения выводов о действии штаммов на проростки (в условиях нахождения металлов в растворах солей меди, цинка и никеля в почве) мы сравнивали результаты с контрольными образцами.

Анализ данных показал, что положительное действие штамм 25ПЛА58.11.2 оказывает на растения на этапе прорастания семян, при чем, у редиса более выражен этот эффект. Смесь штаммов оказывает обратный эффект на проростки редиса только в начале эксперимента, к концу количество проростков одинаково во всех чашках Петри. Смесь штаммов не оказывает должного влияния и на прорастание семян пшеницы, скорее, наблюдается обратный эффект (графики №1,2, приложение 4).

Влияние растворов металлов на проростки пшеницы может быть разным, в зависимости от вида металла и его концентрации<sup>14</sup>.

<sup>14</sup> Некоторые исследования показывают, что растворы солей тяжёлых металлов отрицательно влияют на прорастание семян, в том числе пшеницы. Даже небольшая концентрация таких металлов может быть губительной

В нашем случае анализ результатов показал, что у редиса штамм 25ПЛА58.11.2 оказал положительное воздействие, как на развитие корней, так и на рост зеленой части. Масса проростков также максимальна в этом случае. Раствор металлов угнетает корневую систему редиса больше, чем зеленую массу.

Комплексное действие штаммов оказало положительный синергический эффект на развитие корневой системы редиса. Развитие зеленой массы лучше всех выражено в контрольном образце.

Что касается проростков пшеницы, то мы ясно видим положительный эффект от воздействия штамма 25ПЛА58.11.2. Все показатели намного выше, чем в контроле и других экспериментальных образцах. Раствор металлов также оказал положительное воздействие на все показатели, они выше, чем в контроле. Очевидно, что смесь штаммов: 25ПЛА58.11.2; 25ПЛА58.11.1; 25ПЛА58.12 в большей степени снижает скорость прорастания семян, что сказывается и на их общей массе. При этом длина корней и надземной части оказывается несколько больше контроля, где мы наблюдаем самые низкие показатели.

Возможно, в лабораторных условиях на стерильной почве адекватными можно считать только результаты первых нескольких дней, позже всем проросткам (включая контроль) начинает не хватать почвенного питания, что в реальных условиях не будет препятствием, и показатели могут вырасти до контроля. Показатели могут и превзойти контроль, так как штаммы способны защищать растения от воздействия тяжелых металлов и стимулировать их рост (диаграммы №1-3, приложение 5). Самим штаммам также необходимо питание, чего не может обеспечить стерильная почва.

**Общий вывод по данному эксперименту:** штаммы, которые могут выживать в агрессивной среде с растворами металлов, в целом, оказывают благоприятное воздействие на разные органы растения, защищают его, помогают выжить. Зависит это как от самих штаммов и их совместного воздействия, так и от самой культуры. Штаммы могут, как конкурировать между собой, не давая ожидаемого результата, так и давать синергический<sup>15</sup> эффект.

**Вывод для кейса:** Определили безопасные и полезные штаммы резистентных популяций без ущерба для почвенного плодородия. Ими стали 25ПЛА58.11.2; 25ПЛА58.11.1; 25ПЛА58.12.

Нами подготовлены пробирки Эппендорфа с первичной средой для транспортировки штаммов в г. Новосибирск. Для удобства использовали штатив из подручных материалов. Бактерии пересеяны с помощью зубочисток, упакованы и отправлены (фото №35,36, приложение 3).

## ВЫВОДЫ

➤ Нами отобраны образцы почв в местах возможного нахождения искомым штаммов, устойчивых к воздействию тяжелых металлов. Устойчивость к металлам бактерии приобретают со временем, адаптируясь к окружающей среде. Это свидетельствует, как

---

для семян. Признаки угнетения растений проявляются в снижении всхожести семян, замедленном росте, ненормальном развитии корневых систем, хлорозе, гибели растений.

Однако есть и другие результаты: некоторые дозы тяжелых металлов способны оказывать положительное влияние на состояние растений. Например, стимулировать рост, повышать содержание пигментов.

<sup>15</sup> Синергический эффект (синергия) — это явление, при котором комбинация различных элементов или процессов приводит к результату, который превосходит суммарный эффект каждого элемента по отдельности.

минимум, о наличии этих элементов в почвах. Механический состав представляет собой легкие и средние суглинки;

➤ протестированы полученные штаммы по предложенной методике и отобраны лучшие. Найдены штаммы с высокой металлоустойчивостью без ущерба для почвенного плодородия, на этапе прорастания семян, кроме прямого воздействия, могут наблюдаться обратный и синергический эффекты;

➤ проведено исследование на живых объектах со штаммами «чемпионами», подтверждена их эффективность; гипотеза подтвердилась. В почвах присутствуют тяжелые металлы, что подтверждает нашу гипотезу, поскольку бактерии в этих почвах проявили умеренную активность на металлоустойчивость. Необходимы дальнейшие исследования по химическому составу почв указанных территорий и воды из озера, чтобы подтвердить или опровергнуть наше утверждение.

➤ 4 штамма в транспортной среде отправлены в НГУ для дальнейшего изучения, заполнена база данных на сайте <https://syncwoia.com/>;

➤ **экологическое состояние почв** указанных территорий с учетом способности бактерий к биоремедиации оценено как удовлетворительное (1,1–2,0 низкий уровень)<sup>16</sup>. Почва способна к самовосстановлению. Необходимым мониторингом, которым, как мы думаем, занимается Росприроднадзор;

➤ территория берегов у озера «Моховое» используется для отдыха, чего в принципе быть не должно. Нужны предупреждающие баннеры о запрете купания. Необходима своевременная уборка мусора с берегов. В посеве грунта на границе с водой обнаружена Синегнойная палочка (*Pseudomonas aeruginosa*), условно патогенная для человека. О своей находке мы сообщили в Росприроднадзор.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. <https://dr-mart.livejournal.com/664040.html>. Дата обращения 16.11.25
2. <https://rg.ru/2008/07/03/leonidovka.html>. Дата обращения 16.11.25
3. Эхо Леонидовки. Когда вылечат язвы от химоружия. Еженедельник «Аргументы и Факты» № 22. АиФ-Пенза 02/06/2021  
[https://penza.aif.ru/society/eho\\_leonidovki\\_kogda\\_reanimiruyut\\_yazvy\\_ot\\_himoruzhiya](https://penza.aif.ru/society/eho_leonidovki_kogda_reanimiruyut_yazvy_ot_himoruzhiya). Дата обращения 23.11.25
4. [https://penza.aif.ru/society/eho\\_leonidovki\\_kogda\\_reanimiruyut\\_yazvy\\_ot\\_himoruzhiya](https://penza.aif.ru/society/eho_leonidovki_kogda_reanimiruyut_yazvy_ot_himoruzhiya). Дата обращения 23.11.25
5. WWW.PENZA.KP.RU <https://www.penza.kp.ru/online/news/217691/>. Дата обращения 30.11.25
6. <https://www.interfax-russia.ru/volga/news/ploshchadka-byvshego-obekta-uho-v-penzenskoj-oblasti-posle-sanacii-mozhet-byt-razdelena-mezhdu-neskolkimi-investorami-gubernator>. Дата обращения 23.11.25
7. <https://penzasm.ru/main/107925/v-leonidovke-sozdayut-predpriyatie-po-pererabotke-lubyanyh-kultur>. Дата обращения 30.11.25

---

<sup>16</sup> Таблица №2, приложение 2.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Скриншот №1. История вопроса

Скриншот №2. Современное состояние



**АВТОР КНИГ ПО НОВЕЙШЕЙ ИСТОРИИ ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ  
АЛЕКСАНДРА КИСЛОВ. ИЗ РУКОПИСИ «СМЕРТЕЛЬНЫЙ  
КВАДРАТ»:**

«В конце 50-х - начале 60-х годов было принято решение: часть накопленных запасов (химического оружия. – Прим.ред) уничтожить. Технологию упростили до предела. Авиабомбы с синильной кислотой, люизитом вывозили в ближайшую лесную поляну, ставили в ряд и расстреливали из пулемета или карабинов. Мне довелось побывать на месте расстрела - там до сих пор лежат продырявленные оболочки стокилограммовых бомб. Таким образом, было уничтожено около 200 вагонов химических боеприпасов. Бомбы с более опасной ОВ-фосгеном уничтожали еще более варварским способом. Между Леонидовкой Золотаревкой располагается торфяное озеро, в прошлом - любимое место охотников на утку. Фосген при плюсовой температуре кипит, поэтому уничтожал его зимой. Двухсоткилограммовые бомбы свозили к озеру, накатывали по льду в проруби, свинчивали наливную пробку, и сливали содержимое в воду. Если пробка не отвинчивалась, бомбу расстреливали. Работали несколько зим подряд, и сли в озеро фосген из 400 вагонов бомб. А через год после завершения операции по уничтожению фосгеновых бомб в пору проливных дождей озеро переполнилось вода оврагом устремилась в Золотаревку. Тогда-то раки на берег и полезли».



**ПОЛИГОНОВ».**

**КАНДИДАТ БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК, ДОЦЕНТ КАФЕДРЫ ПГУ ТАМАРА СТОЙКО:**

«Сейчас прибрежная зона озера Моховое покрыта плотным травянисто-моховым растительным покровом из ситника, манника, осоки. Встречаются также отдельные скопления тростника, рогоза. Периферийная заболоченность - 13%, что больше чем в начале 2000-х, тогда этот показатель был равен 5%. Содержание растворенного кислорода в воде высокое, вода слабокислая, следовательно, водоем восстанавливается. В озере стали многочисленными озерные лягушки, в 2017 г. наблюдали пенцов хохлатой чернети. Специальные исследования д.б.н. В.Ю. Ильина свидетельствуют, что рыба в озере отсутствует. Исследования зоопланктонного сообщества показали, что с 2004-го по 2018-й год общее количество видов увеличилось почти в пять раз. Сейчас выявлена тенденция к усложнению сообщества, что свидетельствует о процессе восстановления организации экосистемы, а развитие болотных видов – о заболочивании озера. На мой взгляд, озеро не нуждается в рекультивационных мероприятиях. Больше вреда ему приносят отдыхающие, которые засоряют берега».



**Фото №1.** Место сбора образцов почвы. Точка №1 (контроль).

**Фото №2.** Место сбора образцов почвы. Точка №2.



**Фото №3.** Место сбора образцов почвы. Точка №3.



**Фото №4.** Точка №4. Завод УХО.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Точки отбора образцов почвы 15.10.2025г. Таблица №1

№п/п	Координаты места	Примечание
1	52.07209 45.29106	Контрольный образец. Лес на выезде с трассы к «Мертвому озеру»
2	52.08620 45.26356	Берег озера
3	52.08594 45.26383	20 метров вглубь леса от озера
4	52.09413 45.22820	Почва у ограждения периметра завода УХО
5	52.08620 45.26356	Вода из озера

Оценка экологического состояния почвы Таблица №2.

уровни	критерии
0–1,0 условно нулевой уровень	нет признаков угнетения биоценозов, нарушений здоровья из-за влияния окружающей среды, нарушений природных сфер и их функционального равновесия.
1,1–2,0 низкий	есть заметное угнетение естественных биоценозов, использование земель для производства пищевой продукции без ограничений, но есть признаки

уровень 2,1–3,0 средний уровень	нарушений отдельных природных сфер обратимого характера. природные биоценозы сильно угнетены, производство пищевой продукции неэффективно из-за низкого качества и пониженного плодородия почв.
3,1– 4,0высокий уровень	невозможность длительного существования искусственных насаждений, противопоказанность использования земель для производства продовольственной продукции, существенные нарушения природных сфер, исключающие самовосстановление природной среды в целом.
4,1–5,0 катастрофи ческий уровень	нулевая биопродуктивность земель, прямой контакт человека с природной средой опасен для здоровья и существования человека, природные сферы необратимо нарушены и не могут выполнять свои функции.

### ПРИЛОЖЕНИЕ 3

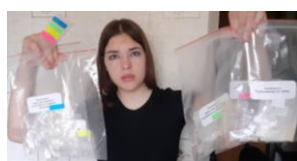


**Фото №2-3.**

Приготовление раствора соды.

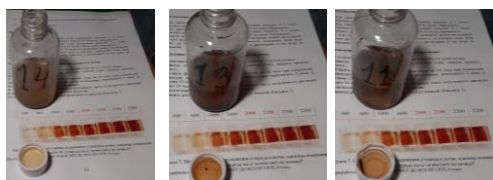
**Фото№4-6.** Определение количества органических веществ в почвах.

**Фото№1.** Определение механического состава



**Фото№7-8.** Приготовление растворов и посев на первичную LB –среду.

**Фото№9-10.** Подготовка материала к пересеву в 24-луночные планшеты. Цветные стикеры.



**№11-15.** Чашки Петри с полученным первичными колониями через 7 дней.

**Фото№16.** Пересев в 24-луночные планшеты для определения разных активностей.

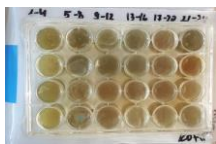


**Фото№17-21.** Наблюдение за активностями штаммов

**ПАВ-продуценты ПАУ-деструкторы**

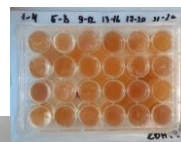
**Гербицид-деструкторы**



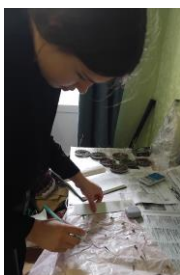


**Металлоустойчивые**

**Лакказа-продуценты**



**Фото №17-21.** Наблюдение за планшетами в течение 5 дней, ведение дневника активностей **Фото №22.** Покупка дистиллированной воды на маркет-плейсе



**Фото №23.** Посев семян согласно схеме в стерильную почву.

**Фото №24-31.** Ежедневный полив и учет проростков пшеницы и редиса.

**Фото №32-34.** Морфометрия проростков.

**Фото №35.** Штатив из подручных материалов.

**Фото №36.** Штаммы, приготовленные к отправке в пробирках Эппендорфа в транспортной среде.



### ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Сводная таблица активности штаммов Таблица №1

№ лу нк и(г оч ки)	ПАВ Октябрь 2025					ПАУ Октябрь 2025					Гербициды Октябрь 2025					МЕ Октябрь 2025					Лакказы Октябрь 2025					Примечание	
	23	24	25	26	27	23	24	25	26	27	23	24	25	26	27	23	24	25	26	27	23	24	25	26	27	(коды отправленных штаммов)	особенности
<b>17 (1)</b>	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	-	-	+	+	+	<b>25ПЛА58.11.1</b>	<b>Белые колонии</b>
<b>18 (1)</b>	-	-	+	+	+	-	-	+	+	+	-	-	-	+	+	-	-	+	+	+	-	-	-	+	+	<b>25ПЛА58.11.2</b>	<b>Желтые колонии</b>
<b>19 (2)</b>	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+		<b>Синие колонии</b>
<b>20 (2)</b>	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	+	+	<b>25ПЛА58.12</b>	<b>Белые колонии</b>
<b>21 (3)</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		<b>однотипн ые</b>
<b>22 (4)</b>	+	+	+	+	++	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	<b>25ПЛА58.14</b>	<b>однотипн ые</b>
<b>23 во да</b>	+	+	+	+	++ +	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+	<b>25ПЛА58.15</b>	<b>однотипн ые</b>
<b>24</b>	<b>контроль</b>																										

«+» наличие слабой активности; «++» умеренная активность; «+++» сильная активность

**Сводная таблица результатов эффективности действия штамма №25ПЛА58.11.2  
и смеси штаммов №25ПЛА58.11.2; №25ПЛА58.11.1; №25ПЛА58.12  
на проростки редиса и пшеницы в условиях наличия металлов в почве Таблица №2**

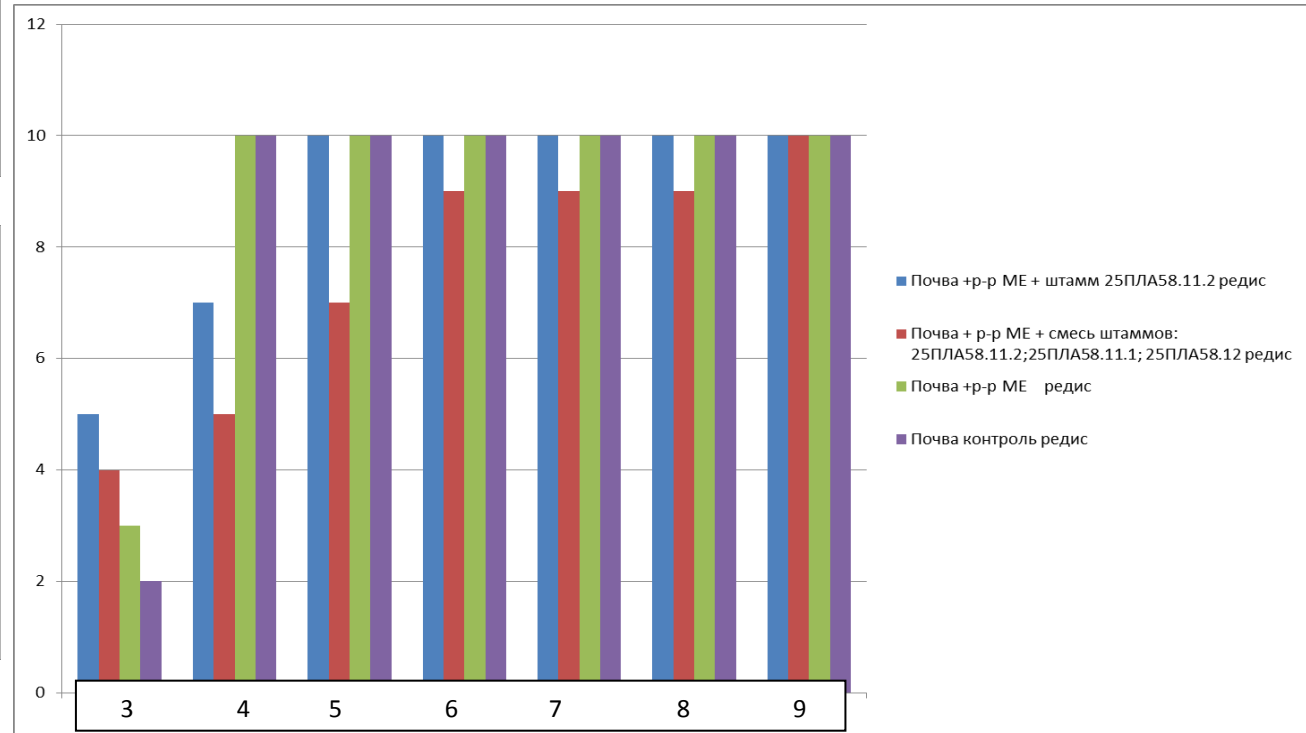
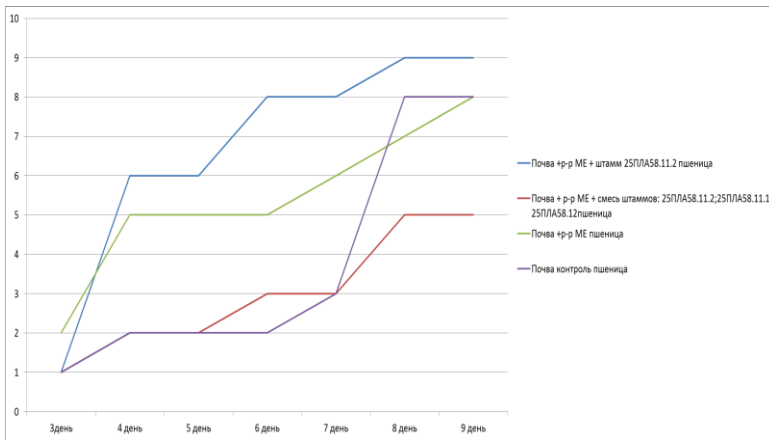
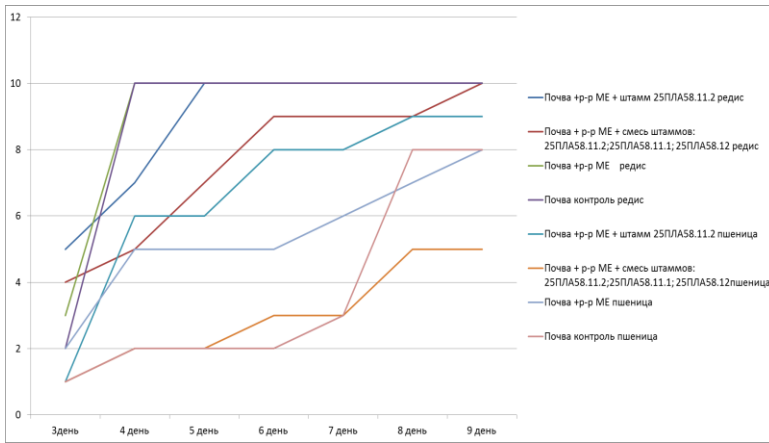
Дни наблюдений за проростками

Содержимое чашки Петри	1-2	3	4	5	6	7	8	9
	2.11- 3.11.25	4.11. 25	5.11.25	6.11.25	7.11.25	8.11.25	9.11.25	10.11.25
Почва +р-р МЕ + штамм 25ПЛА58.11.2 редис	полив дистилли рованной водой.	5 корешков	7 проростков	10 проростков	10 проростков	10 проростков	10 проростков	10 проростков
Почва + р-р МЕ + смесь штаммов: 25ПЛА58.11.2; 25ПЛА58.11.1; 25ПЛА58.12 редис		4 корешка	5 проростков	7 проростков	9 проростков (2 очень маленьких)	9 проростков	9 проростков	10 проростков
Почва +р-р МЕ редис		3 корешка	10 проростков	10 проростков	10 проростков	10 проростков	10 проростков	10 проростков
<b>Почва контроль редис</b>		2 корешка	10 корешков	10 проростков	10 проростков	10 проростков	10 проростков	10 проростков
Почва +р-р МЕ + штамм 25ПЛА58.11.2 пшеница		1 корешок	6 проростков	6 проростков	8 проростков (2 маленьких)	8 проростков	9 проростков	9 проростков
Почва + р-р МЕ + смесь штаммов: 25ПЛА58.11.2; 25ПЛА58.11.1; 25ПЛА58.12 пшеница		1 корешок	2 проростка	2 проростка	3 проростка (один очень маленький)	3 проростка	5 проростков	5 проростков
Почва +р-р МЕ пшеница		2 корешка	5 проростков	5 проростков	5 проростков	6 проростков	7 проростков	8 проростков
<b>Почва контроль пшеница</b>		1 корешок	2 корешка	2 проростка	2 проростка	3 проростка	8 проростков	8 проростков

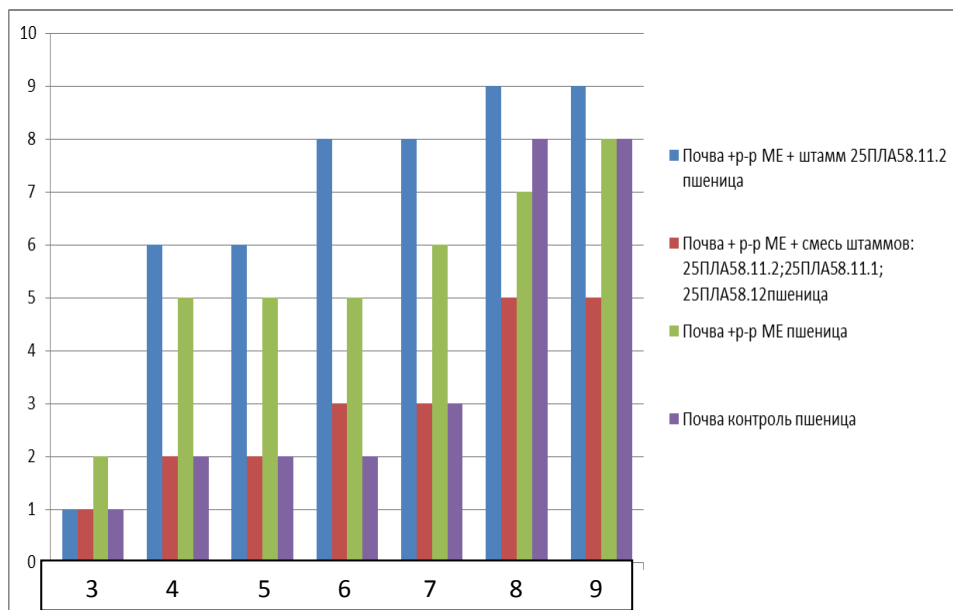
График №1

**Динамика прорастания семян редиса под влиянием действия штаммов в растворах металлов**

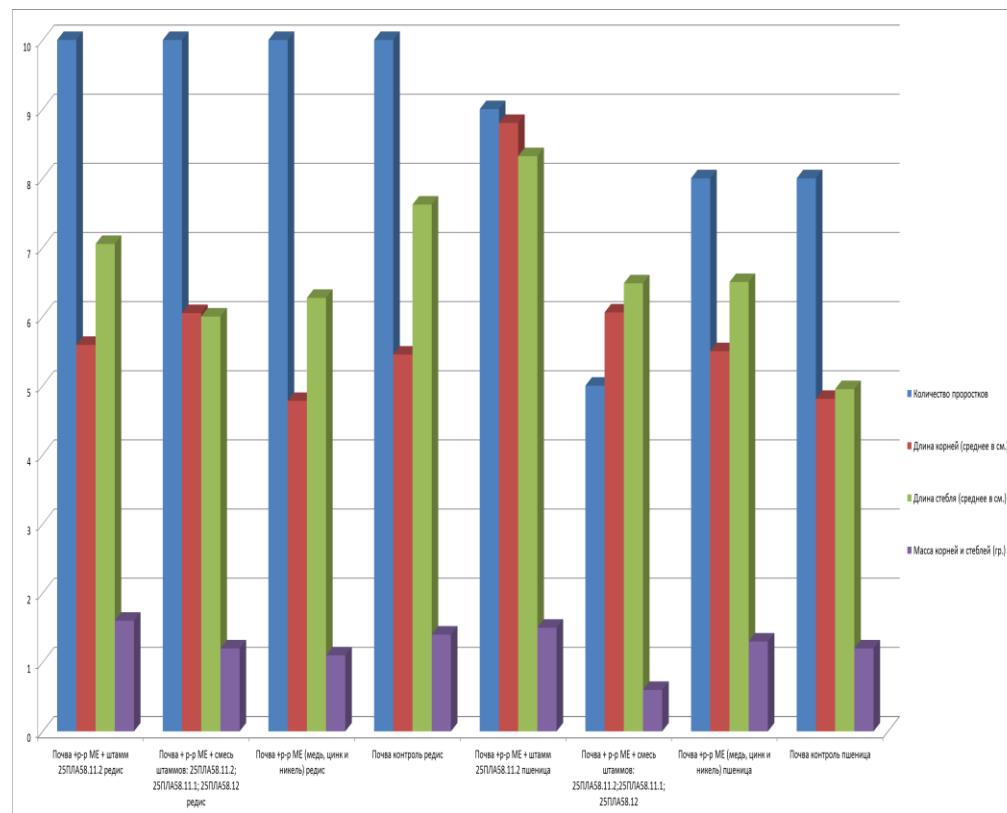
**Диаграмма №1 Динамика прорастания семян редиса в чашках Петри (по вертикали количество проростков; по горизонтали дни)**



**Динамика прорастания семян пшеницы в чашках Петри**  
 Диаграмма №2 (по вертикали количество проростков; по горизонтали дни)



**Сводная диаграмма морфометрии проростков редиса и пшеницы в чашках Петри за все время эксперимента.**  
 Диаграмма №3



## РЕЦЕНЗИЯ НА ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКУЮ РАБОТУ

### **«ПОИСК МЕТАЛЛОУСТОЙЧИВЫХ ШТАММОВ ДЛЯ БИОРЕМЕДИАЦИИ ПОЧВ В ОКРЕСТНОСТЯХ ЗАВОДА УХО»**

**ЛАЗАРЕВОЙ ВЕРЫ АНТОНОВНЫ,**

обучающейся 8 «Б» класса

«МБОУ СОШ №220» г. Заречного Пензенской области

Исследование Лазаревой Веры Антоновны посвящено одной из важных и актуальных в современной биологии и экологии тем: поиску активных металлоустойчивых штаммов для биоремедиации почвы.

Исследовательская программа «Гражданская наука и генетические технологии для сельского хозяйства» реализуется Институтом химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН при поддержке Министерства науки и высшего образования России в 2025-2027 годах.

Вера последовательно решает ряд исследовательских задач: проведена серьезная, вдумчивая работа по сбору и хранению образцов почвы, предварительный посев на питательную среду материала почвенных растворов. Автором изучен методический контент, предложенный учеными из НГУ, проведена практическая часть работы: тестирование на 24 луночных планшетах на различные активности, а затем проверка отобранных штаммов на биологических объектах. Проведена проверка селективности полученных штаммов, осуществлена отправка штаммов в Новосибирск, заполнена база данных.

Вера не первый год занимается научными изысканиями, вызывает уважение процесс взаимодействия ученицы со своими преподавателями: корректные вопросы, смелые предположения при выдвижении гипотезы, логичные выводы при анализе результатов, смелые предположения на перспективу.

Исследование Лазаревой Веры отличает продуманность, наличие взвешенных, объективных выводов, самостоятельность, научный стиль изложения проблемы. Необходимо отметить, что с поставленными во введении задачами автор успешно справилась.

Особую научную, практическую значимость и новизну работе придает отсутствие научных трудов по заявленной теме, существует мониторинг территории под контролем надзорных органов, в который не входит микробиологические исследования почв окружающих завод УХО территорий.

Автор продемонстрировала все необходимые навыки при выполнении практической части исследования: работать с микробиологическими объектами, с

обязательным соблюдением техники безопасности, показала умение делать выводы и проводить аналогии, устанавливая причинно-следственные связи между предметами. Успешное выступление перед учеными из НГУ наилучшее тому подтверждение.

В силу вышесказанного считаю, что исследование Лазаревой Веры Антоновны заслуживает высокой оценки. Хотелось бы порекомендовать автору продолжить необходимую на сегодняшний день работу по изучению поиска уникальных штаммов для биоремедиации почвы в тех районах, где она необходима.

Рецензент:

Учитель предметов естественно-научного цикла Плюснина Л.А.

МБОУ «СОШ №220»г. Заречного Пензенской области.

Плюснина Л.А. /

