

СОЗДАНИЕ ШКОЛЬНОЙ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ

Иванюков Степан Олегович¹, Саранчин Евгений Павлович¹

Тюменская область, г. Тюмень, ФГКОУ

«Тюменское президентское кадетское училище»¹

Аннотация. В работе представлен инженерно-технический подход к созданию полнофункциональной микробиологической лаборатории на базе образовательного учреждения с использованием ресурсосберегающих решений. Автором самостоятельно спроектирован и собран комплекс оборудования: полнофункциональный аналог ламинарного бокса I класса защиты с УФ-стерилизацией и системой управления, термостат на базе модернизированной СВЧ-печи с точным терморегулятором и функцией перемешивания, автоклав с системой контроля давления и безопасности, а также вихревой смеситель (вортекс) и низкотемпературный холодильник на элементах Пельтье. Продемонстрирована глубокая интеграция инженерных и биологических компетенций: разработаны протоколы выделения галофильтрующих бактерий из почвенных образцов, проведён скрининг на галотолерантность и антибиотическую активность. В результате сформирована коллекция из 17 штаммов микроорганизмов, адаптированных к высоким концентрациям солей. Работа подтверждает возможность развёртывания исследовательской инфраструктуры силами учащихся при минимальном бюджете и открывает перспективы для участия в региональных и федеральных научных проектах в области микробиологии и биотехнологии.

Ключевые слова: самодельное лабораторное оборудование, ламинарный бокс, автоклав, термостат, элементы Пельтье, галофильтрующие бактерии, микробиологический протокол, инженерно-биологический проект, Тюменское ПКУ.

Введение

В современной биологии ведущее место принадлежит по праву генетике, и связанными с ней зачастую, микробиологией и молекулярной биологии. Примером может служить лаборатория микробной резистентности при Тюменском институте экологической и сельскохозяйственной биологии X-Bio [1]. Её коллектив участвует в большом проекте – исследовании по скринингу почв и других природных объектов для выявления микроорганизмов с ценными для фармацевтики биологическими характеристиками. Это очень объемное и трудоемкое исследование, которое направлено на поиск и получение совершенно новых препаратов как для медицины, так и для сельского хозяйства. Привлечение к этому исследованию учащихся профильных школ или классов перспективно, но несёт определенную проблему. Редкие образовательные организации располагают для этого необходимой материальной базой. Для частичного решения этой проблемы мы поставили **цель** – на базе Тюменского президентского кадетского училища (далее ТПКУ) создать микробиологическую лабораторию с возможностью первичного микробиологического анализа различных природных объектов. Для реализации цели были заложены следующие задачи:

1. Оценить возможность создания и последующего использования микробиологической лаборатории в стенах Тюменского президентского кадетского училища.
2. Смонтировать необходимое оборудование.
3. Провести опыт(ы) подтверждающие пригодность лаборатории для микробиологических исследований.

Актуальность: Создание лаборатории может позволить участвовать обучающимся ТПКУ в первых и самых трудоемких этапах по скринингу почв или других сред на предмет выявления потенциальных продуцентов биологически активных веществ.

Новизна: В РФ очень немного образовательных учебных заведений среднего звена, в которых есть лаборатории пригодные для микробиологических исследований. В Тюменской области наша организация (далее ТПКУ) может стать второй после физико-математической школы (ФМШ) с возможностью работать в указанном направлении.

1. Обзор литературы

Микробиологи имеют дело с популяциями (культурами) микроорганизмов, состоящих из миллионов особей. Культуру, содержащую микроорганизмы одного вида, называют чистой. Смешанной она становится, если организмов в ней два или более видов. В микробиологической практике используют именно чистые культуры микроорганизмов: бактерии, грибы, протисты или актиномицеты. Такие микроорганизмы или их структуры и части присутствуют повсеместно и поэтому необходимо постоянно заботиться о сохранении чистоты исследуемых культур. Такое требование и определяет специфику устройства микробиологической лаборатории. Условия и перечень оборудования представлен в различной методической литературе. Мы опираемся в своем проекте на Практикум по микробиологии под редакцией А.И. Нетрусова [2].

Согласно этому автору, основными элементами микробиологической лаборатории являются: автоклавы и сушильные шкафы для стерилизации; термостаты и холодильные камеры для выращивания и хранения микроорганизмов; боксы или настольные камеры (ламинары) для пересева микроорганизмов. Описывается и множество инструментов и посуда с помощью которой проводятся микробиологические исследования. Самыми необходимыми являются чашки Петри, колбы, микробиологические петли, шпатели и др. При проведении микробиологических исследований применяются питательные среды. Принципы их систематизации бывают разными. Есть деление на синтетические и натуральные; жидкие, полужидкие и твердые. Наиболее важной для исследователей является существование так называемых элективных сред. Например, среда Эшби является элективной (то есть пригодной для размножения и роста) бактерий рода *Azotobacter*. Интересные данные о галофильных бактериях и способах их выделения и культивирования приводит А.К. Яковлева с соавт. [3] в своей обзорной работе. Она отмечает, что галофильные и галотolerантные бактерии могут образовывать колонии на 10 - 15% солевых

(NaCl) питательных средах. Есть виды, (*Streptomyces olbiaxialis*) растущие от 10 до 30% концентрации NaCl. При этом, подчеркивается, что этот вид бактерии используется для деградации нефти и нефтезагрязнений. По мнению этих авторов, галофильные и галотolerантные микроорганизмы перспективны при получении ферментов, утилизации органических отходов, синтезе биополимеров и пищевой биотехнологии. При этом они нетребовательны к условиям стерильности при производстве. Производственные биотехнологические цепочки и значение галофильных микроорганизмов в той или иной сфере подробно описала в свое диссертации Мурзина Е.Д. [4]. В работе автор утверждает, что наиболее исследованными являются экстремальные галоархеи *Halobacterium salinarum*, биомасса которых содержит незаменимые витамины, микроэлементы, галоцины, специфические ферменты, фосфолипиды, и является источником C50 – каротиноидов и бактериородопсина. Именно экстремальность условий солончаковых галофильных микроорганизмов создает предпосылки уникальности биохимических процессов в них, а значит, поиски и изучение таких биологических объектов востребованы и перспективны.

2. Этапы и структура проекта

Проект включает в себя три основных этапа. Первый – создание необходимой материальной базы. Проанализировав литературу, мы пришли к выводу, что часть оборудования мы можем сделать своими силами, а часть закупить. К числу первых были отнесены: защитный бокс, вортекс, автоклав, низкотемпературный холодильник и термостат с изменяемой температурой. Наиболее востребованными температурами являются +27 °C и +36°C. Позже, нам удалось взяться и провести монтаж холодильника, который также является важной частью микролаборатории. К числу оборудования и материалов, которые невозможно смонтировать самостоятельно относятся: центрифуга, дозаторы и сменные носики к ним, пробирки, чашки Петри стеклянные и пластиковые, питательные среды и агар. Также требуется холодильник для хранения полученных микроорганизмов и их молекул ДНК. Лаборатория химии и биологии кадетского училища располагает разнообразной химической посудой, аппаратом для получения дистиллированной воды (дистиллятором) и разнообразными химическими реактивами. К числу последних относятся, например, набор для окраски бактерий по Граму. Имеется муфельная печь с регулятором температуры. В ней можно стерилизовать стеклянную посуду и металлический инвентарь.

Второй этап нашего проекта – проверка работоспособности созданного, купленного и имеющегося оборудования лаборатории для выделения микроорганизмов из экспедиционных почвенных образцов. Летом 2024 года кадеты Тюменского президентского кадетского училища собрали образцы солончаковых почв из нескольких районов Тюменской области. Мы решили исследовать солончаковую почву на наличие именно галофильных бактерий. Поиск таких и выделение их в чистую культуру – базовая задача второго этапа. Как было сказано выше, создание коллекции галофильных микроорганизмов может послужить для их изучения с целью поиска

новых свойств и характеристик, пригодных для биотехнологического производства или лекарственных препаратов. При условии, что созданное, купленное и имеющееся оборудование позволит провести вышеуказанное исследование, можно будет говорить и о последнем этапе – активном вовлечении обучающихся кадет в исследования, направленном на погружение в мир бактерий, грибов, актиномицетов и последующие за этим открытия. Запланирована работа по изучению влияния галофильных бактерий на рост и развитие растений в условиях засоления почвы. Сложно говорить о точных сроках выполнения этапов проекта. Они могут идти параллельно, а также, с опережением и отставанием. Тем не менее, первый этап, а именно монтаж оборудования для лаборатории планируется начать летом 2024 года и завершить зимой 2024-25гг. По мере создания ламинарного бокса и термостатов, работа (второй этап) по изучению солончаковых почв Тюменской области и выявление в них галофильных бактерий, запланирована на осень 2024 года. В течение 2025 года запланированы и уже проведены работы по самым разным микробиологическим направлениям. Изучаются бактерии, (в том числе актиномицеты) из солончаковых почв на предмет поиска антимикробных свойств. Большая работа ведется по изучению эндофитных бактерий из тканей галофитов для использования в биотехнологических схемах при возделывании культурных растений в условиях засоления почв. Сам я руковожу работой пятиклассника с которым мы выделили и исследуем кишечные бактерии членистоногих на предмет ферментативной активности. Подробности о нашей лаборатории можно увидеть по ссылке: <https://vk.com/club212972664>.

3. Материалы и инструментарий проекта

Практическая часть проекта проводилась на базе лаборатории химии и биологии ТПКУ. Собственными силами создавались пять основных элементов: защитный бокс, автоклав, термостат, холодильник и вортекс. Поскольку закупка недостающего оборудования и реактивов достаточно долгий процесс, частично работа по второму этапу проекта проходила на базе научно-исследовательской лаборатории антимикробной резистентности X-bio Тюменского госуниверситета. Разведение питательных сред и приготовление реактивов были осуществлены именно там. Работа с почвой, высев и пересев бактерий, а также окрашивание по Граму проходило в лаборатории химии и биологии ТПКУ.

Формирование банка галофильных бактерий проходило по следующему протоколу.

1. Навеску из почвогрунта массой 1 г разводят в 1 мл буферного раствора PBS (рисунок 2), тщательно вортексируют и центрифугируют – 4000 об/мин при температуре 24°C.
2. Готовят твердую соленую питательную среду LB (300 мл дистиллированной воды +7,5гр порошка LB, + 2,25г агара +30 г соли NaCl). Автоклавируют при 121 °C в течение 20 минут и после разливают по стерильным чашкам Петри.
3. Супернатант из почвенной вытяжки раскалывают по 30 мкл на поверхность среды LD и шпателем втирают в поверхность. После этого помещают в термостат (27°C).

4. По мере появления колоний бактерий (1-3 суток) визуально определяют различные виды и присваивают порядковые номера (1.1, 1.2, 2.3 и тд.). Первая цифра – номер солончака, вторая – колонии бактерий.

5. Микробиологической петлей в стерильных условиях переносят бактерии в чашки Петри методом уменьшающегося штриха. Для проверки галофильтности делают два посева: один в соленую (10%) твердую LB, другой в несоленую. Таким образом получают изоляты и создают коллекцию (банк) галофильтных и галотолерантных бактерий. Хранить их необходимо в холодильнике (+3, +5°C) после предварительного термостатирования при температуре +27°C.

6. Проводят окрашивание по Граму для выяснения формы и особенностей строения и биохимии бактерий – галофилов. Кроме окрашивания, использовали определение бактерий по Граму с помощью 3% щелочи (КОН) по методике описанной в Практикуме по биологии почв [5].

4. Выполнение этапов проекта

4.1. Первый этап. Создание микролаборатории

Первый этап проекта проходил на базе лаборатории химии и биологии ТПКУ. Для выполнения процедур по выделению и пересеву микроорганизмов, в первую очередь, требуется защитный бокс для создания стерильных условий. В условиях лаборатории с общей площадью 40 м² мы смогли создать небольшое отделённое от остальной части лаборатории пространство и сконструировать аналог ламинарного шкафа с I класса защиты (рисунок 1). Процесс создания и монтажа бокса представлен в приложении 1. Он оборудован защитным экраном, ультрафиолетовым лампой для стерилизации, датчиком температуры и светодиодной лентой. Поверхность покрыта устойчивым к реагентам и механическому воздействию пластиком. Все освещение и экран были изготовлены самостоятельно.

Схема устройства электрических элементов представлена в приложении 1. Следует отметить, что расположенная слева от стола (рисунок 1) вытяжка к стерильной части не относится, но может использоваться для ряда операций не требующих абсолютной стерильности (хранение почв, переливание ряда жидкостей). Особое внимание в защитном боксе было уделено безопасности оператора, поэтому было решено скрыть проводку в дополнительный кожух.

Значительно более сложным в изготовлении и безопасности является устройство для стерилизации посуды и сред. В лабораториях чаще всего для этих целей используется автоклав. В нашем распоряжении была только емкость от сломанного автоклава. Поэтому работа с его созданием была наиболее сложной и продолжительной (рисунок 2).

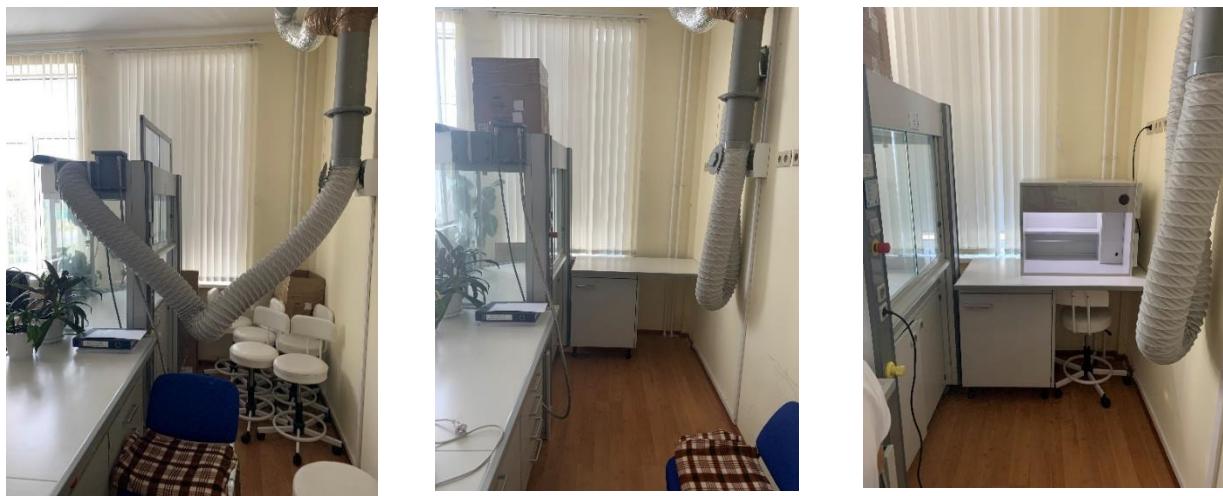


Рис.1. Создание места для защитного бокса и микролаборатории

Сначала мы смонтировали кожух для него, затем был приобретен механизм защиты от высокого давления и нагреватель для воды.



Рис.2. Емкость, корпус автоклава и предохранительный клапан.

В качестве последнего мы решили использовать мощный (2 кВт) резистивный нагреватель(ТЭН), зафиксировав его на дне емкости. Таким образом, мы создали автоклав с вертикальной загрузкой и системой безопасного снижения давления и отведения водяного пара. Необходимо добавить, что иногда, для стеклянной или металлической посуды и инструментов можно использовать так называемый сухожар (муфельная печь). Это устройство в лаборатории было, и на первых этапах мы использовали именно его. Крайне важным прибором для микробиологии является термостат, то есть устройство для поддержания заданной температуры.

Для него мы выбрали нерабочую микроволновую печь. Извлекли из неё элемент создающий микроволновое излучение, помыли и проложили на дне нагревательный кабель с автоматическим датчиком и регулятором температуры (рисунок 3).

Двигатель, вызывающий вращение тарелки, мы сохранили. Это позволит в дальнейшем, одновременно перемешивать питательные среды и согревать их до определенной температуры.



Рис.3. Внутренняя часть термостата с нагревательным кабелем и готовый образец.

Примечание: Красный индикатор показывает нагрев кабеля, а внутренняя температура – 36°C.

Для лучшего сохранения тепловой энергии под чехлом корпуса микроволновки мы проложили термоизоляционный мат (приложение 3). Двигатель с кулером из этой печи мы использовали для создания вортекса, то есть прибора для быстрого и эффективного перемешивания жидкостей в небольших емкостях (приложение 4). В последнюю очередь нам удалось смонтировать холодильник объемом примерно 0,45м3. В его основу легли элементы Пельтье к которым мы организовали водное охлаждение и систему автоматического контроля температуры. Таким образом, на данный момент можно зафиксировать создание пяти элементов оборудования микролаборатории: ламинарного шкафа, автоклава, термостата, холодильника и вортекса.

Эти устройства, несомненно, важные и крайне необходимые для работы микролаборатории. Но существует еще и значительное количество расходных материалов. Поэтому были приобретены: микропипетки лабораторные регулируемые на три варианта объема: 10-50мкл, 100-200мкл и 500-1000мкл со штативом; держатель цанговый для микробиологических петель; петли микробиологические; пробирки типа Эплендорф; набор металлических шпателей и др. Общая сумма покупок составила более 12 тыс. рублей. Таким образом, можно констатировать, что в созданной микролаборатории можно проводить простые операции по поиску, выявлению и выделению микроорганизмов и оценке их антибиотических характеристик.

В тоже время, необходимо отметить, что для полноценной работы необходимо закупить различные питательные смеси (агар, LB, Сабуро, Гаузе и др.). Необходима центрифуга и холодильник для хранения полученных изолятов. Планируется осуществить эти покупки за счет средств училища. Пользуясь случаем, хочется выразить огромную благодарность сотрудникам и руководству лаборатории антимикробной резистентности за помошь и в решении проблем с отсутствием питательных сред. В свою очередь, текущие исследования по изучению почв и поиску в них потенциальных источников ценных метаболитов в условиях нашей лаборатории – часть большой программы по скринингу почв Тюменской области и России.

4.2.Второй этап. Создание банка галофильных бактерий Тюменской области

В нашем распоряжении имелась коллекция почв из солончаков юга Тюменской области полученная летом 2024 года. Для проверки возможностей созданной лаборатории и её оборудования мы решили выделить бактерии из этих образцов. Поскольку в солончаках наблюдается избыточное количество солей (NaCl и др.), мы решили выделить именно галофильные бактерии и проверить их на галотолерантность, то есть способность выдерживать понижение концентрации солей до нормальных величин. По литературным данным [6], если в почве больше 1% растворимых солей, то она считается соленой и непригодной для выращивания культурных растений. По другим источникам, концентрации солей в солончаках могут достигать более 10 процентов [3]. Поэтому было решено использовать питательную среду LB (Lysogeny broth) с добавлением агара и поваренной соли с концентрацией 10 %. Пробный опыт с солончаковой почвой из Новосибирской области показал воспроизведение не менее трех видов бактерий в столь соленой среде (рисунок 4). Согласно протоколу, мы сделали почвенные вытяжки из семи солончаковых почв, разведя их в соотношении 1:1 буферным раствором PBS. Провортектировали и дали отстояться в течение получаса (приложение 2).



Рис.4. Колонии галофильных бактерий на соленой питательной среде LB

Взяли по 30 мкл отстоявшейся суспензии и с помощью микробиологического шпателя высевали по стандартной методике на поверхности заранее приготовленных чашек Петри с 10%

солевой твердой LB средой. После этого выставили в термостат при температуре + 27°C. На 27 ноября 2024 года мы зафиксировали рост колоний в двух чашках Петри с номерами 4 и 6. Это соответствует солончакам из Упоровского и Армизонского районов. Рост бактерий и проявление их активности шли достаточно долго: от 4 до 7 дней. Эти два варианта получили порядковые номера №4.1 и №6.1. После этого, 27 ноября 2024 года они вместе с тремя новосибирскими образцами были пересеяны в питательную среду LB без добавления NaCl для проверки их галотолерантности.

Было решено высевать эти же семь образцов почв в менее насыщенную солевую среду с концентрацией NaCl 5%. Через два дня появились первые колонии (образец №1), а еще через день вместе с предыдущим появились колонии в посевах под номерами 2,3,4,6 и 7. Все наблюдения за образцами представлены в таблице 1.

Таблица 1. Сроки появления бактериальных колоний в разных средах (LB)

№ образца	Происхождение	10% NaCl		5% NaCl		LB
		1-3 суток	4-7 суток	1-2 суток	3-5 суток	
1	д. Тютрина, Упоровский р-н			+	++	
2	С. Суерка, Упоровский р-н				+	
3	С. Исетское,				+	
4	Бердюжский р-н	+	++	-	-	+
5	Армизонский р-н					
6	Омутинский р-н		+		+	+
7	С. Казанское				+	

Примечание: + - появление бактериальных колоний; ++ - большое количество колоний; - номер 4 в 5% среде не высевался.

Таким образом, нам удалось выявить явные галофильные бактерии из Бердюжского и Омутинского района и уточнить их галотолерантность. На более низкой концентрации NaCl (5%) почти во всех образцах были отмечены бактерии, и число видов в каждом из них составило от двух до трех. Только в почве из Армизонского района не удалось выявить бактерии с приспособлениями к высокому содержанию соли. Добавив к полученным из Новосибирской области образцам Тюменские виды бактерий, мы, таким образом, располагаем банком из 17 видов галофильных бактерий (приложение 5). Через два дня в условиях термостата (+27°C), было отмечено возникновение еще нескольких видов бактерий в большинстве образцов (рис 5). В январе 2025 года мы провели исследование по определению имеющихся бактерий на грамположительность и грамотрицательность с помощью 3% щелочи KOH. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2. Дифференциация бактерий по Граму (с помощью 3% KOH)

№ бактериал ьного образца	1.1	1.2	4	6.1	6.2	6.3	6	7.1	7.2	3.1	3.2	3.3	2.1	2.2	H1	H2	H3
Отношен ие по Граму (+/-)	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	+	-	-	-	+	-	-

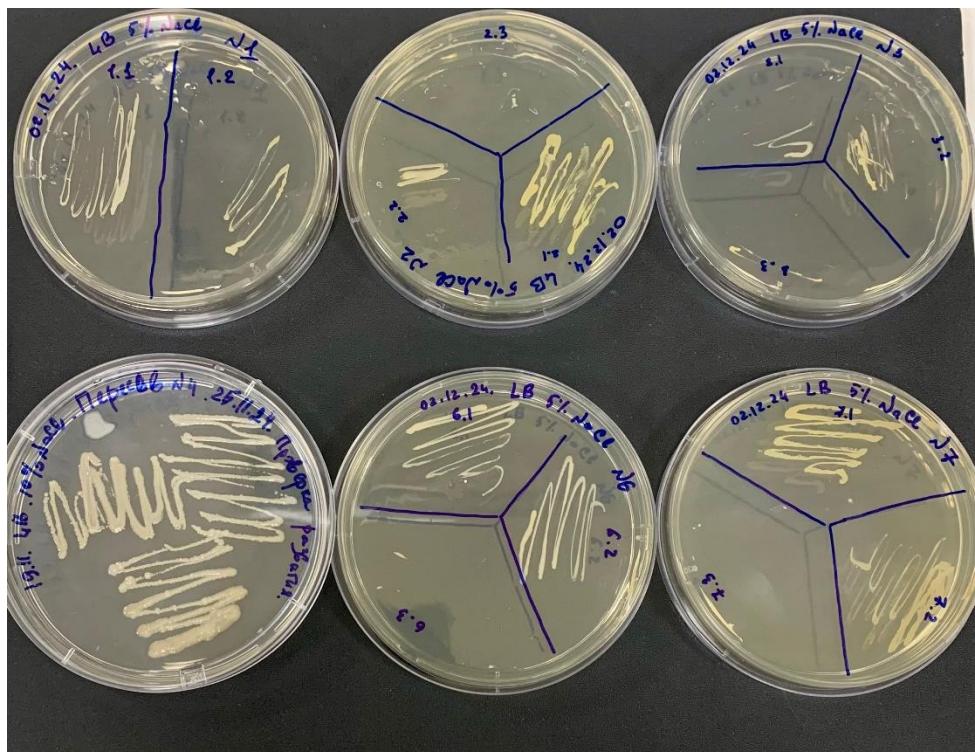


Рис.5. Банк галофильных бактерий из солончаков юга Тюменской области.

4.3. Третий этап. Изучение аэробных бактерий кишечника членистоногих

Для исследования в этом направлении были использованы членистоногие животные из кабинета биологии ТПКУ. Весной 2025 года из террариумов и аквариума были взяты взрослые особи мраморного рака (*Procambarus virginalis*), аннамского палочника (*Medauroidae extradentata*) и мадагаскарского таракана (*Gromphadorhina portentosa*). Предварительно заморозив этих животных (приложение 6) и простерилизовав их поверхность с помощью 3% перекиси водорода (H_2O_2), извлекли из кишечников содержимое и развели в растворе PBS (1, 10 и 100 кратно). Для высеива на питательную среду LB использовали 100 кратное разведение. Предварительно вортексировали взвесь и высевали по 30 мкл на твердую LB. Термостировали при температуре 28°C в течение 24-48 часов до возможности выделить колонии аэробных бактерий. В итоге удалось получить сначала несколько колоний, а затем чистые изоляты (рис 6). Полученные в первую очередь бактерии из таракана мадагаскарского получили порядковые названия: To1, To2 и To3. Из палочника аннамского была выделена только одна группа бактерий с порядковым номером Me1. Внутри кишечника мраморного рака было обнаружено три вида

аэробных бактерий. Им были присвоены номера Pv1, Pv2, Pv3. Все бактериальные образцы окрашивали по Граму и исследовали на световом микроскопе Zeiss PrimoStar (увеличение x1000).



Рис.6. Изоляты аэробных бактерий из кишечника изученных членистоногих

Фото этих бактерий после окрашивания представлено в приложении 7. Все полученные нами бактерии оказались кокками различного размера. Но отношение к красителям оказалось разным (таблица 3).

Таблица 3. Дифференциация кишечных бактерий по Граму

№ бактериального образца	To1	To2	To3	Me1	Pv1	Pv2	Pv3
Отношение по Граму (+/-)	-	-	+	+	-	+	+

Анализ полученного материала позволяет предположить, что малое количество видов бактерий у аннамского палочника связано с его однообразным рационом питания (листва). Мраморные раки и мадагаскарские тараканы в силу широкого диапазона питания обзавелись большим количеством кишечных бактерий с разными биохимическими и морфологическими характеристиками. В дальнейшем, возможно изучение полученных бактериальных образцов на ферментативную активность. Одним из основных направлений созданной нами микробиологической лаборатории является скрининг различных природных объектов на предмет выявления организмов, производящих биологически активные вторичные метаболиты. Поэтому, полученные из насекомых бактерии мы исследовали на антимикробную активность методом погружения в агар. Для этого использовали 3 вида референсных штаммов: бактерии *Escherichia coli* K15 и *Staphylococcus aureus* 209D, а также микроскопических грибов *Candida albicans* ATCA 10231 SDA.

Через сутки после инкубации при $t = 27^{\circ}\text{C}$ в жидкой среде LB отобрали и раскапали по 10 мкл в колонии ранее указанных бактериальных и грибных штаммов. В качестве контроля антимикробной активности использовали антибиотик гентамицин. Через 12 часов термостирования ($+36^{\circ}\text{C}$) регистрировали потенциальное проявление метаболической активности визуально (приложение 8).

Все семь изученных нами бактерий из кишечников членистоногих не проявили антимикробных характеристик. Дальнейшее исследование этих бактерий может быть связано (как было сказано выше) с изучением их ферментативных качеств. Также, есть вероятность находок анаэробных эндотрофных бактерий, но это требует дополнительного оборудования и освоения особых методик.

Результаты проекта

Проделанная в течение 2024-2025 гг работа позволяет выделить и обозначить следующие результаты.

1. На базе Тюменского президентского училища собственными силами создана лаборатория для основных микробиологических исследований.
2. В состав смонтированного оборудования вошли: ламинарный бокс, два термостата, холодильник, автоклав и вортекс. Сэкономленная на этом этапе сумма составила как минимум 250 тыс. рублей.
3. Часть инвентаря закуплена на собственные средства. Сумма составила около 12 тыс. рублей.
4. Создан банк галофильных бактерий полученных из солончаковых почв Тюменской и Новосибирской области. Общее количество бактериальных галофильных культур составило в итоге 17 образцов. Большинство из них (76,4%) представляют собой грамотрицательные бактерии.
5. Определено, что для выявления и роста большинства галофильных бактерий более подходящей по сравнению с 10%, является питательная среда LB с 5% NaCl.
6. В нашей лаборатории получены первые образцы аэробных бактерий из кишечника различных членистоногих животных и с их помощью освоена методика исследования на антимикробную активность.
7. Все выделенные нами кишечные бактерии являются грамположительными и грамотрицательными кокками различных размеров.

С декабря 2024 года на базе созданной лаборатории начаты исследования, связанные с поиском и выделением ризосферных галофильных бактерий. Ведутся работы по воспроизведению орхидных растений из Красной Книги Тюменской области на основе питательных сред. Получены результаты по способности наших галофильных бактерий создавать биопленки. Как минимум, три образца показали хорошие результаты и могут быть задействованы в проекте по созданию установки для опреснения воды и защите металлов от коррозии. Также начались исследования по влиянию галофильных бактерий на концентрацию опасных соединений шестивалентного хрома. Ведутся наблюдения за эндофитными и ризосферными бактериями галофильных растений из солончаков Тюменской области.

Значение банка бактерий

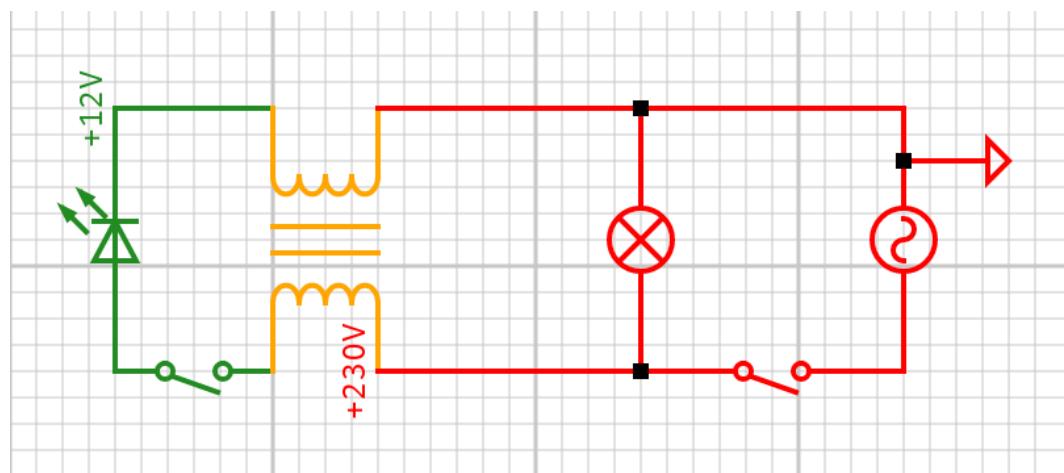
Полученный нами банк (коллекция) галофильных бактерий позволит проводить различные исследования.

1. Проверка данных бактерий на выработку биохимически ценных вторичных метаболитов для использования в сельском хозяйстве или в медицине.
2. Исследования влияния галофильных бактерий на развитие культурных растений в условиях засоления почв.
3. Поиск генов обуславливающих галотolerантность или галофильность и использование их в генной инженерии или биотехнологии.
4. Изучение галофильных бактерий создающих биопленки на предмет возможности защиты металлических поверхностей от коррозии.

Список источников литературы

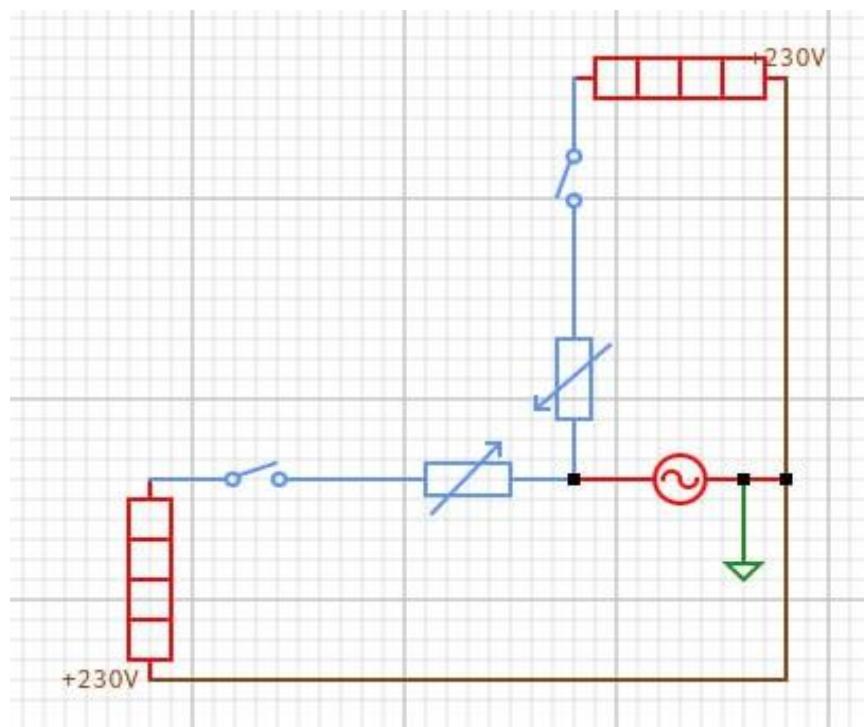
1. Структура института/Лаборатории/Научно-исследовательская лаборатория антимикробной резистентности/Коллектив научно-исследовательской лаборатории антимикробной резистентности/направления исследований. [Электронный ресурс] Режим доступа:<https://www.utmn.ru/x-bio/about/struktura-instituta/laboratorii/antimikrob/#1>
2. Нетрусов, А.И. и др. Практикум по микробиологии. Учеб. пособие для студ.высш.уч. заведений [Текст] / А.И. Нетрусов, М.А. Егорова, Л.М. Захарчук идр - М.: Издательский центр «Академия»,2005. – 608с.
3. Яковлева, А.К. Перспективы использования галофильных и галотolerантных микроорганизмов в биотехнологии [Текст] / А.К. Яковлева, З.А. Канарская, А.В. Канарский./Вестник технологического университета - 2017. Т. 20, №8. С.147-151.
4. Мурзина, Е.Д. Основы технологии получения биомассы *Halobacterium salinarum* на ферментативных гидролизатах зерновых [Текст]/ Е.Д. Мурзина. Автореферат дисс-и на соискание ученой степени кандидата технических наук. М. 03.01.06 Биотехнология. - 2019 г. 145с.
5. Зенова, Г.М. Практикум по микробиологии почв [Текст]/ Г.М.Зенова, А.Л.Степанов, А.А.Лихачева, Н.А.Манучарова. Учеб. пособие. - М.: Издательство МГУ, 2002.- 120 с.
6. Хасенова, А.Х. Изучение состава и свойств актиномицетов в экстремальных экосистемах южного Казахстана[Текст]/ А.Х.Хасенова и др. Вестник КазНУ. Серия экологическая. №3 (35). 2012.- С.79-85.
7. Ventosa, A., Márquez, M., Garabito, M. et al. Moderately halophilic gram-positive bacterial diversity in hypersaline environments. *Extremophiles* 2, 297–304 (1998). <https://doi.org/10.1007/s007920050072>.
8. Серебренников, Т. С., Саранчина Н. В., Саранчин Е. П. 2024. Химия солончаковых почв тюменской области. [Электронный ресурс] preprints.ru. Режим доступа: <https://doi.org/10.24108/preprints-3113244>.

Монтаж ламинарного бокса и его электросхема



Приложение 2

Электросхема термостата



Приложение 3

Почвенные вытяжки из солончаков Тюменской области



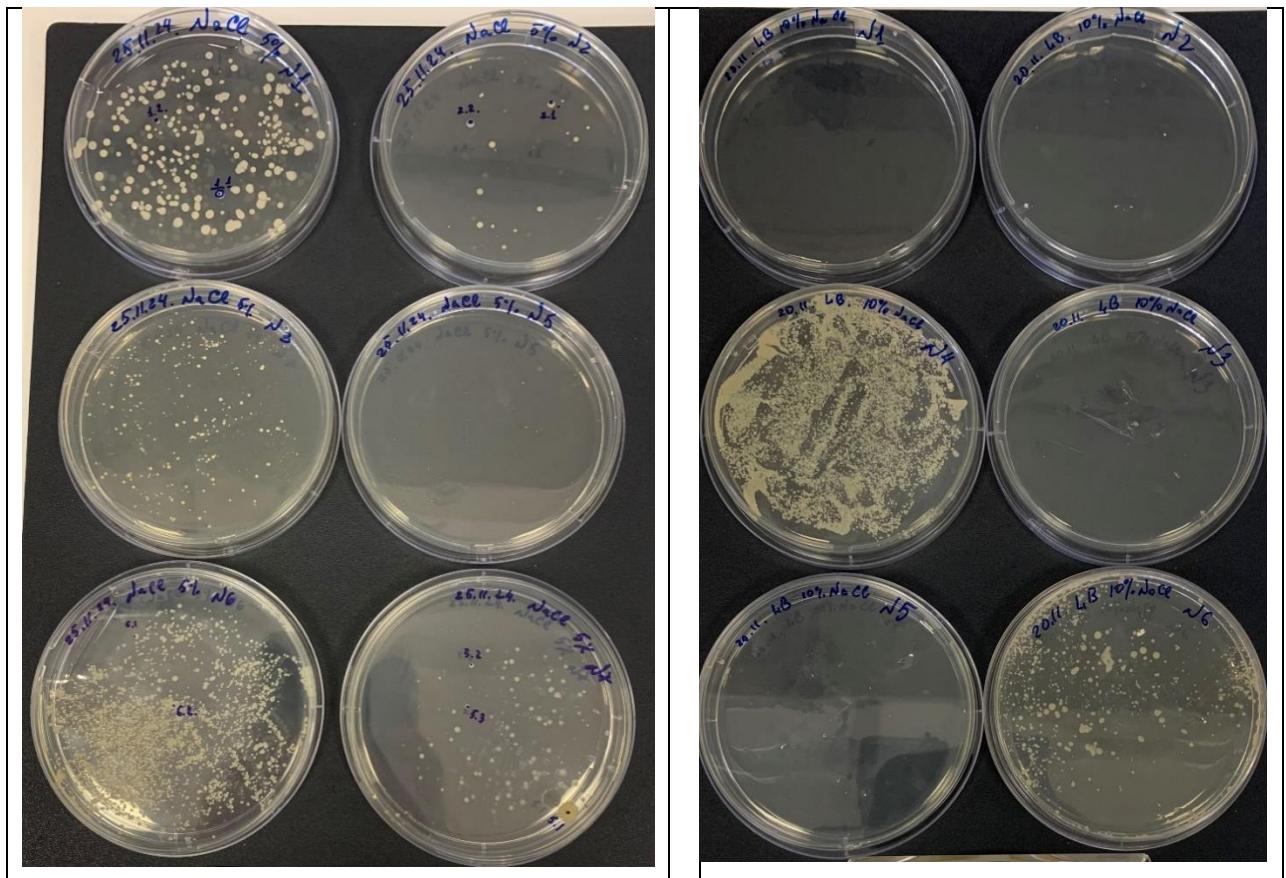
Приложение 4

Внешний вид вортекса



Приложение 5

Колонии галофильных бактерий (слева на 5% NaCl, справа – на 10% NaCl)



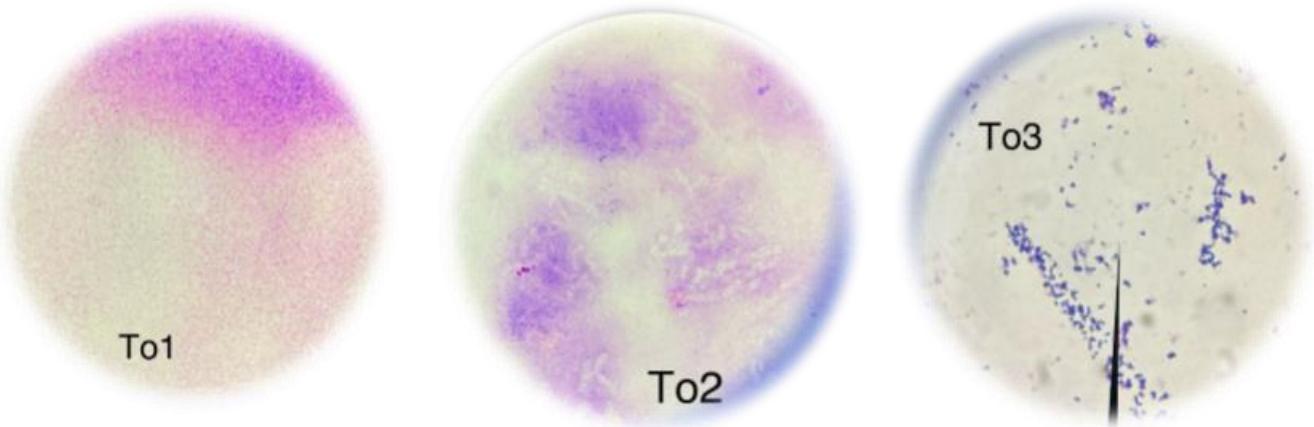
Приложение 6

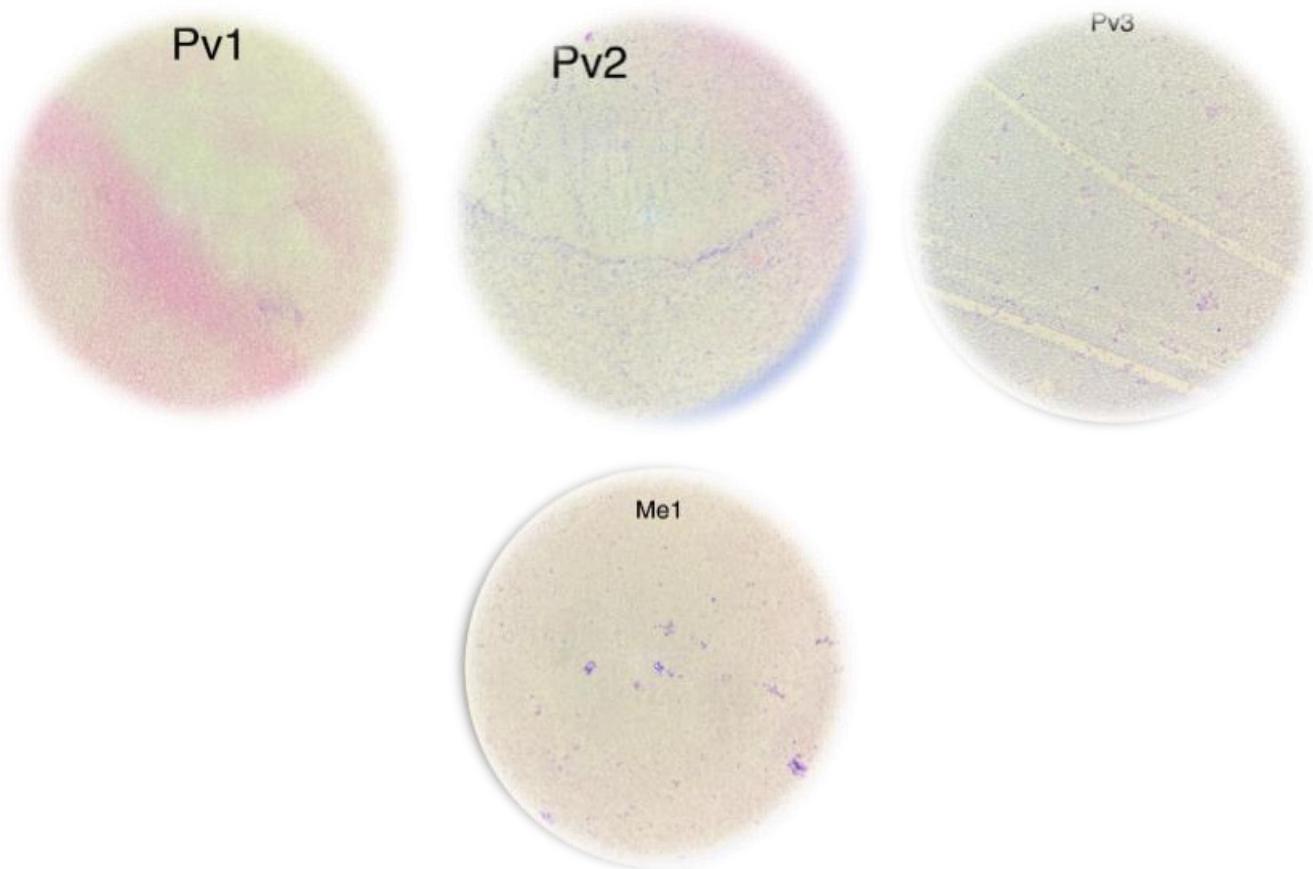
Подготовка и вскрытие мраморного рака, аннамского палочника и мадагаскарского таракана



Приложение 7

Микрофотографии кишечных бактерий из членистоногих (увеличение x1000)





Приложение 8

Результаты проверки на антимикробную активность (номер восемь – дополнительный вариант из другого исследования)

