

Муниципальное автономное учреждение дополнительного образования
«Городская станция юных натуралистов»

Региональный этап Всероссийского конкурса
юных исследователей окружающей среды
(с международным участием)
Номинация «Ландшафтная экология и почвоведение»

**Экологическая оценка почв нарушенных территорий
города Нижний Тагил для их дальнейшей рекультивации**

Участник: Королева Виктория Евгеньевна, 16 лет
Научный руководитель: Зиннатова Эльвира Рашидовна,
педагог дополнительного образования,
МАУ ДО ГорСЮН, 890869370316

г. Нижний Тагил, 2024 г.

Содержание

Введение.....	3
Глава 1. Общая характеристика почвы.....	5
Глава 2. Микроорганизмы и фиторемедиация.....	7
Глава 3. Практическая часть.....	12
3.1 Описание участков исследования.....	12
3.2 Ход работы.....	12
3.3 Результаты работы.....	12
Выводы.....	17
Заключение.....	17
Список использованной литературы.....	18
Приложение 1.....	19
Приложение 2.....	21

Введение

Наш город Нижний Тагил является промышленным центром Среднего Урала, на территории которого находятся и функционируют такие градообразующие предприятия как ОАО «Нижнетагильский металлургический комбинат», ООО Уралвагонзавод, предприятия химической промышленности и других. Кроме того, наш город – это город с активным автомобильным движением. Основной проблемой города Нижний Тагил является загрязнение почв тяжелыми металлами (ТМ) и нефтепродуктами. Попадая в почву, ионы ТМ приводят к изменениям физико-химических свойств почв, а также влияют на многие виды микроорганизмов, в том числе на осуществляющие важнейшие круговороты веществ.

На территории города имеются большие зоны нарушенных земель – «Строгановские отвалы», территория завода-музея им. Куйбышева, Рудник им. III Интернационала и т.п. Данные территории в прошлом активно использовались в железорудной и меднорудной промышленности. Интерес к этим объектам связан с огромными площадями нарушенных земель, являющихся результатом добычи полезных ископаемых, а также с выявлением ключевой роли микроорганизмов в обеспечении жизнедеятельности и развития растительного сообщества на техногенно нарушенных территориях в целом.

Деятельность почвенных микроорганизмов играет большую роль в формировании почвы, создании ее плодородия. Различные микроорганизмы осуществляют огромную работу по минерализации попадающих в почву различных органических веществ, переводят многие соединения в доступные для растений формы, обуславливают круговорот веществ в природе.

Для нашего промышленного города исследования почвенной микрофлоры не проводились и знания о биологической активности почвы являются актуальными.

Данные знания являются необходимыми для создания мероприятий для восстановления продуктивности проблемных земельных участков с различными нарушениями, а также для улучшения условий окружающей среды. Комплекс рекультивационных работ представляет собой сложную многокомпонентную систему взаимосвязанных мероприятий, состоящих из подготовительного, технического и биологического этапов. Разработка технологий, направленных на рекультивацию, невозможна без экологической оценки.

Исходя из выше сказанного **цель нашей работы** – оценить экологическое состояние почв нарушенных территорий на основании показателей микробиологической активности.

Задачи:

1. Познакомиться с понятиями «почва», «рекультивируемые территории», «микробиологическая активность», используя специальную литературу и интернет-источники.
2. Произвести отбор почвенных образцов и провести физико-химический анализ почв.
3. Выделить бактерии, фиксирующие атмосферный азот.
4. Провести микроскопическое исследование образцов.

5. Выявить активность многофункциональных бактерий из почвенных образцов, способствующих росту растений.

6. Оценить активность целлюлозоразрушающих бактерий.

Объектом проектной работы является почва.

Предмет – физико-химический состав почвы, целлюлозная активность почвы, активность азотофиксирующих бактерий и активность многофункциональных бактерий из почвенных образцов, способствующих росту растений.

Гипотеза – мы предполагаем, что микробные сообщества могут рассматриваться как индикаторы техногенного загрязнения почв и различных этапов восстановления почв техногенных ландшафтов города Нижний Тагил.

Методы:

1. Теоретические (поиск и изучение информации, классификация, анализ и обобщение);

2. Исследовательские (эксперимент).

Наша работа состояла из двух этапов:

1. Информационный – анализ литературных и иных источников для написания теоретического обзора.

2. Практический этап – исследование физико-химического состава почв, целлюлозной активности почв, активности азотофиксирующих бактерий и активность многофункциональных бактерий из почвенных образцов, способствующих росту растений.

Глава 1. Общая характеристика почвы

Почва – это один из главных объектов окружающей среды, центральное связующее звено между биотическим и абиотическим компонентами биосферы (Экологический мониторинг, 2006).

Значение почвы определяется ее основным свойством – плодородием. Плодородие – это способность почвы удовлетворять потребность растений во всех необходимых им условиях (элементах питания, воде, воздухе, тепле и др.) для нормального роста и развития (Марчик, 2006).

Главные показатели (условия), определяющие уровень почвенного плодородия, можно объединить в следующие группы:

1) комплекс физических свойств почвы – механический состав, структура, физико-механические свойства, воздушные, водные и тепловые свойства;

2) комплекс химических свойств – гумусовый состав, минералогический и химический состав, количество подвижных форм макро- и микроэлементов, наличие токсических веществ, отсутствие избытка легкорастворимых солей;

3) комплекс физико-химических свойств – реакция, емкость поглощения, состав обменных катионов, степень насыщенности основаниями, окислительно-восстановительный потенциал;

4) комплекс биологических свойств – количество микроорганизмов, преобладание бактерий (нитрифицирующих, целлюлозоразрушающих, азотфиксирующих), ферментативная активность, «дыхание» почвы, фитосанитарное состояние;

5) комплекс режимов почвы – благоприятные водно-воздушный, пищевой и тепловой.

Необходимо подчеркнуть, что плодородие проявляется как результат сложного взаимодействия и взаимовлияния свойств и режимов почвы (Марчик, 2006).

Биологическая активность почвы объясняется суммарным содержанием в почве ферментов, как выделенных в процессе жизнедеятельности растений и микроорганизмов, так и накопленных почвой после разрушения отмерших организмов. Биологическая активность почв характеризует интенсивность переработки органических веществ.

В качестве показателей биологической активности почв используются численность и биомасса разных групп почвенных организмов, их продуктивность, ферментативная активность почв, активность основных процессов, связанных с круговоротом элементов, количество и скорость накопления некоторых продуктов жизнедеятельности почвенных организмов (Казеев, 2020).

Рекультивируемые почвы – это нарушенные земли, на которых восстанавливается продуктивность, народнохозяйственная ценность и улучшаются условия окружающей среды.

В рекультивации земель различают два этапа:

1. Технический – создание местообитаний с заданными свойствами и режимами в субстрате, подготовка земель для последующего целевого использования

2. Биологический – ускорение восстановления почвенно-экологических функций и экосистемы в целом

Основным механизмом ускорения восстановления этих функций является активизация освоения субстрата живыми организмами. Показателем эффективности восстановления почвенно-экологических функций служит образование органо-аккумулятивного горизонта в почве, формирование которого естественным путем идет очень медленно. Многие исследователи считают, что при рекультивации нельзя полностью восстановить первичный профиль бывшей типичной (зональной) почвы, поэтому выделяют такие техногенные образования в отдельную группу антропогенных почв.

С целью создания благоприятных условий роста и развития растений можно использовать торф и препараты на его основе. Торф обладает высокой водоудерживающей способностью, содержит гуминовые вещества, под влиянием торфа должны активизироваться почвенные микроорганизмы и повыситься активность осуществляемых ими метаболических процессов, что обеспечит создание в короткие сроки на поверхности рекультивируемых грунтов устойчивого биоценоза. Используемый в полевом опыте торфяной препарат – органоминеральное удобрение (ОМУ) – будет обеспечивать корнеобитаемый слой доступным для растений и микроорганизмов органическим веществом и элементами минерального питания, стимулировать рост и развитие растений (Середина и др., 2008).

Глава 2. Микроорганизмы и фиторемедиация

Влияние микроорганизмов на фиторемедиацию можно условно разделить на прямое (участие в деструкции загрязнителей и их усвоении растениями) и косвенное (изменение чувствительности растений к загрязнению). Эндوفитные бактерии способны утилизировать органические поллютанты за счет специфических ферментных систем. Кроме того, они повышают устойчивость растений к различным видам загрязнителей, переводя их менее токсичные малоактивные формы, снабжают растения дополнительным азотным, фосфорным питанием и осуществляют биоконтроль фитопатогенов. В ряде исследований было показано, что почти 30% выделяемых штаммов эндوفитных бактерий имели потенциал к повышению фиторемедиации разных видов растений.

Преимущества использования эндوفитных бактерий в том, что инжиниринг катаболических путей бактерий осуществлять проще, чем манипулировать катаболическими процессами в организме растения. Путем количественной экспрессии генов бактерий катаболизма поллютантов можно существенно увеличить эффективность процесса ремедиации. Для деградации легкорастворимых поллютантов, которые попадают в растения, а не остаются в почве, роль эндوفитных бактерий выше, чем ризосферных микроорганизмов. К недостаткам биологической ремедиации относятся следующие факторы:

- 1) Токсичность высоких доз поллютантов для бактерий и растений
- 2) Медленная скорость биодеградации поллютантов по сравнению с традиционными технологиями
- 3) Ограничения, связанные с сезонной динамикой процесса
- 4) Вероятность миграции загрязнителей и их включение в пищевые цепи (для эндوفитов эта вероятность меньше, чем для ризосферных бактерий)
- 5) Высвобождение в атмосферу летучих органических веществ при эвапотранспирации.

Последний недостаток может быть преодолен именно благодаря генетически модифицированным эндوفитным бактериям, интенсивно деградирующим ксенобиотики, снижающим эвапотранспирацию летучих соединений в окружающую среду. Несмотря на указанные ограничения многие исследователи отмечают возрастающий потенциал этих бактерий в создании устойчивых систем биоремедиации (Растения и микроорганизмы, 2011).

Распространение микробов в природе

Микробы, и в первую очередь бактерии, распространены в природе гораздо шире, чем другие живые существа. Благодаря исключительному разнообразию усвоения питательных веществ, малым размерам и легкой приспособляемости к различным внешним условиям бактерии могут быть обнаружены там, где отсутствуют другие формы жизни.

Микрофлора почвы. Количество микробов в почве огромно: сотни миллионов и миллиардов особей в 1 г почвы. Почва гораздо богаче микробами, чем вода и воздух.

Микрофлора почв чрезвычайно разнообразна, в ней встречаются бактерии. Актиномицеты, плесени, дрожжи, водоросли, простейшие. Больше всего в почве бактерий и лучистых грибов.

Микробами наиболее населены возделываемые и удобряемые почвы, их здесь по нескольку миллиардов в 1 г. Почвы лесов, болот сравнительно бедны бактериями, в них довольно много грибных форм. По последним данным, даже в почвах песчаных пустынь имеются сотни миллионов бактерий в 1 г.

Поверхностный слой почвы относительно беден микробами, так как в нем микробы не защищены от действия прямых солнечных лучей и высушивания. Главная масса микробного населения находится на глубине 15-20 см. Но с увеличением глубины количество их уменьшается, однако и на глубине нескольких метров встречается некоторое число бактерий. Почва адсорбирует микробные клетки и не пропускает их в глубину. Слои грунта, как естественный фильтр, защищают от микробного загрязнения подземные воды.

В почве имеются самые разнообразные физиологические группы микробов: аэробы, анаэробы, гнилостные, нитрифицирующие, азотфиксирующие, клетчаткоразлагающие, серобактерии, споровые и неспоровые и др. Микробы являются одним из основных факторов образования почв (Германов, 1969).

Жизнь на земле возможна только при непрерывном разложении органического вещества, синтезированного растениями и животными. Эта грандиозная переработка всех отмерших остатков растительного и животного царства осуществляется микроорганизмами. В ходе своей жизнедеятельности они производят минерализацию органических веществ – белков, жиров, углеводов – с образованием в конечном итоге углекислоты, воды, аммиака, нитратов, неорганических соединений серы и фосфора, усвояемых растениями. Эти вещества вовлекаются в новый круговорот. Чем энергичнее протекают процессы разложения органических веществ, тем больше развивается органическая жизнь, быстрее осуществляется круговорот веществ в природе.

Каждая физиологическая группа микробов разлагает определенные органические соединения, а так как различных физиологических групп микробов очень много, то практически они разлагают любые органические соединения.

В деятельности микробов широко наблюдается явление метабиоза; вещества, получившиеся в результате жизнедеятельности одной группы, служат исходным продуктом для жизнедеятельности другой группы микробов. Такое последовательное участие различных групп способствует быстрой минерализации органического вещества до конечных продуктов (Германов, 1969).

Круговорот азота

В природе имеется огромное количество азота. 4/5 объема окружающего нас воздуха составляет азот. Во всем живом мире (растения, животные) содержится 20-25 млрд. т азота, огромное количество его имеется в пахотном слое почвы – в подзоле примерно 6 т, а в черноземе до 18 т на 1 га. Но весь этот азот, свободный в атмосфере и связанный в органическом веществе, в почвенном гумусе, в торфе,

не усваивается растениями, а следовательно, и животными. Таким образом, азот не может непосредственно участвовать в биогенном круговороте веществ. Его вовлечение в круговорот в природе осуществляется при помощи микроорганизмов, из которых одни производят разложение органических азотосодержащих веществ до минеральных азотистых соединений, легко усвояемых растениями; другие, так называемые азотофиксирующие, напротив, извлекают свободный азот из воздуха и синтезируют из него органические соединения.

Производимые микроорганизмами процессы непрерывного разрушения и синтеза азотосодержащих веществ лежат в основе биогенного круговорота азота в природе.

В круговороте азота можно выделить следующие основные биохимические процессы:

- 1) Гниение, или аммонификация
- 2) Нитрификация
- 3) Денитрификация
- 4) Фиксация атмосферного азота

Фиксация атмосферного азота

Огромные запасы газообразного азота совершенно недоступны для высших растений и животных. Вовлечение его в биогенный круговорот совершается двумя путями. В первом случае азот превращается в двуокись азота NO_2 под влиянием электрических разрядов, происходящих во время гроз, или в результате фотохимического окисления. Двуокись азота растворяется в воде, в почве и окисляется дальше. Этим путем за год 1 м^2 поверхности получает 30 мг NO_3 .

Второй путь вовлечения азота в круговорот осуществляется азотофиксирующими микроорганизмами. Эти микробы разделяются на две группы:

- 1) Клубеньковые бактерии, фиксирующие азот в симбиозе с бобовыми растениями
- 2) Свободноживущие бактерии.

Еще в глубокой древности было замечено, что большинство растений с течением времени истощает почву, бобовые же растения, наоборот, повышают плодородие почвы. Долголетнее изучение этого явления учеными выяснило, что в небольших клубеньках корней бобовых растений находится огромное количество бактерий. Впервые это было установлено М. С. Ворониным в 1865 г. В 1886 г. Г. Гельригель и Т. Вильфарт нашли, что бобовые растения не могут сами фиксировать азот из воздуха. Они фиксируют азот только в симбиозе с живыми бактериями клубеньков. В 1888 г. М. Бейерник, крупный голландский микробиолог, выделил эти бактерии в чистой культуре и назвал их *Bact. Radicicola*. В настоящее время род этих бактерий чаще называют *Rhizobium*.

Клубеньковые бактерии снабжают растения азотокислымисоединениями, а растения обеспечивают их безазотистыми органическими веществами.

Клубеньковая бактерия – аэроб. Она проходит особый цикл развития. В молодых клубеньках бактерии имеют вид мелких подвижных палочек. В дальнейшем они теряют подвижность, в них появляются вакуоли. Которые как бы образуют пояски на теле их, наряду с прямыми появляются ветвистые палочки,

называемые бактериоидами. Бактериоиды могут распадаться на кокки, которые опять превращаются в подвижные палочки.

Различают несколько форм клубеньковых бактерий. Одни ученые эти формы считают видами, другие – расами. Они специфичны. Каждая раса образует клубеньки на корнях определенных видов бобовых растений. Так, раса, заражающая клевер, никакую другую бобовую культуру не заражает. Раса, заражающая горох, может также заражать вику, чечевицу, чину и конские бобы. Но эта специфичность не абсолютна. Так, соя, привезенная с Дальнего Востока, в Европейской части Союза при посеве на одном поле не образует клубеньков несколько лет, позднее же начинает образовывать клубеньки. По-видимому, за этот период местные клубеньковые бактерии приспосабливаются к новому для них растению.

Специфичность некоторых клубеньковых бактерий к бобовым растениям:

1. Клевер
2. Горох, Вика, Чечевица, Конские бобы
3. Люцерна, Донник
4. Люпин, Сераделла
5. Соя
6. Фасоль
7. Эспарцет
8. Белая акация
9. Желтая акация

В корень растения бактерии проникают через корневые волоски. Клетки корня в местах проникновения их быстро размножаются и образуют клубеньки. Осенью клубеньки разрушаются и бактерии попадают вновь в почву.

По сосудисто-волокнистым пучкам от растений к бактериям поступают сахара, минеральные соединения, которые частью с ассимилированным азотом превращаются в азотистые соединения. Часть последних (25%) идет на построение белка тела бактерии, а большая часть (75%) усваивается бобовыми растениями. Наличие бора способствует фиксации азота. При отсутствии бора клубеньковые бактерии из симбионтов превращаются в паразитов бобового растения.

На корнях ольхи имеются особые деревянистые вздутия (клубеньки), в которых живут актиномицеты. Ольха также находится в симбиозе с актиномицетами, в результате этого симбиоза происходит усвоение атмосферного азота.

В 1901 г. М. Бейеринк выделил другой азотофиксатор, названный азотобактером. Это довольно крупные сплюснутые парные шарики, размером 1–10 мк, покрытые общей слизистой капсулой.

Аэроб в молодом возрасте подвижен. Он растет на синтетических средах, не содержащих азота, при наличии следов молибдена, который для него является фактором роста. Азотобактер получает энергию за счет окисления сахаров, органических кислот. Механизм фиксации азота еще недостаточно изучен. Ассимиляция азота осуществляется ферментной системой, в которой активными являются карбонильная группа и тяжелые металлы. Азотобактер находится только

в 30% всех почв, так как очень чувствителен к реакции почвы. В почвах с рН ниже 5,6 он уже не встречается. Фиксация азота азотобактером происходит более активно, чем у клостридия, 2–12 мг на 1 г сахара.

Азот атмосферы усваивают также некоторые сине-зеленые водоросли (*Nostoc muscorum*), отдельные виды актиномицетов, грибы из рода *Phoma* (*Cladosporium*) и некоторые почвенные бактерии, микробактерии. Все они фиксируют азот в меньших количествах, но все же надо учитывать и этот источник, принимая во внимание их широкое распространение.

Клубеньковые бактерии усваивают от 50 до 400 кг атмосферного азота на 1 га посевов. Свободноживущие бактерии связывают 20-50 кг азота на 1 га почвы. Фиксация азота микроорганизмами дает пахотной почве в Советском Союзе за год 3,5 млн. т азота (Е. Н. Мишустин). Все это ясно указывает, какое значение имеет этот процесс в природе вообще и в сельском хозяйстве в частности (Германов, 1969).

Глава 3. Практическая часть

3.1 Описание участков исследования

«Строгановские отвалы» – это отвалы вскрышных и пустых пород, вынутых из Главного карьера Высокогорского рудника и складированных на месте бывшего Строгановского отвода г. Высокой (принадлежащем графу Строганову). Отвалы удалены от центра города, рядом отсутствуют автомобильные дороги.

Завод-музей им. Куйбышева

Территория единственного в России металлургического завода-музея – это бывший железоделательный завод он же позже металлургический завод имени Куйбышева. Он успешно работал более 250 лет с 1725 по 1987 годы, после чего был преобразован в музей. Завод-музей находится в центре города, окружен дорогами с активным автомобильным движением.

3.2 Ход работы:

В практической части работы были использованы стандартные методы в соответствии с методическими рекомендациями и инструкциями по применению набора «Охотник за микробами».

Для выявления активности многофункциональных бактерий из почвенных образцов, способствующих росту растений колонии бактерий были высажены в лунки планшетов (Приложение 2).

Значения планшетов:

Планшет 1 – планшет для контрольного посева со средой Эшби.

Планшет 2 – планшет для поиска фосфатомобилизирующих штаммов бактерий.

Планшет 3 – планшет для поиска штаммов бактерий, мобилизирующих калий.

Планшет 4 – планшет для поиска микроорганизмов-продуцентов сидерофоров.

Планшет 5 – планшет для поиска целлюлозолитических микроорганизмов.

Почвенные образцы были закодированы следующим образом: А – «Строгановские отвалы».

В – территория бывшей проходной завода-музея им. Куйбышева. С – территория доменного цеха завода-музея им. Куйбышева.

3.3 Результаты исследований:

Результаты физико-химического анализа почвенных образцов представлены в таблице:

Таблица 1.

Физико-химическая характеристика почвенных образцов

Территория	Механический состав	pH почвенной вытяжки	Содержание нитратов
Строгановские отвалы	тяжелосуглинистый	7	25 мг/л

Завод-музей им. Куйбышева (бывшая проходная)	супесчаный	6	25 мг/л
Завод-музей им. Куйбышева (территория возле доменного цеха)	супесчаный	6	45 мг/л

Культивация микроорганизмов на питательной среде выявил активный рост и развитие бактерий в образцах почвы с территории

«Строгановских» отвалов (100 % обрастание почвенных комочков на 3-4 день культивирования) и с территории бывшей проходной завода-музея им. Куйбышева (93% обрастания почвенных комочков на 4 день культивирования) (рис. 1).

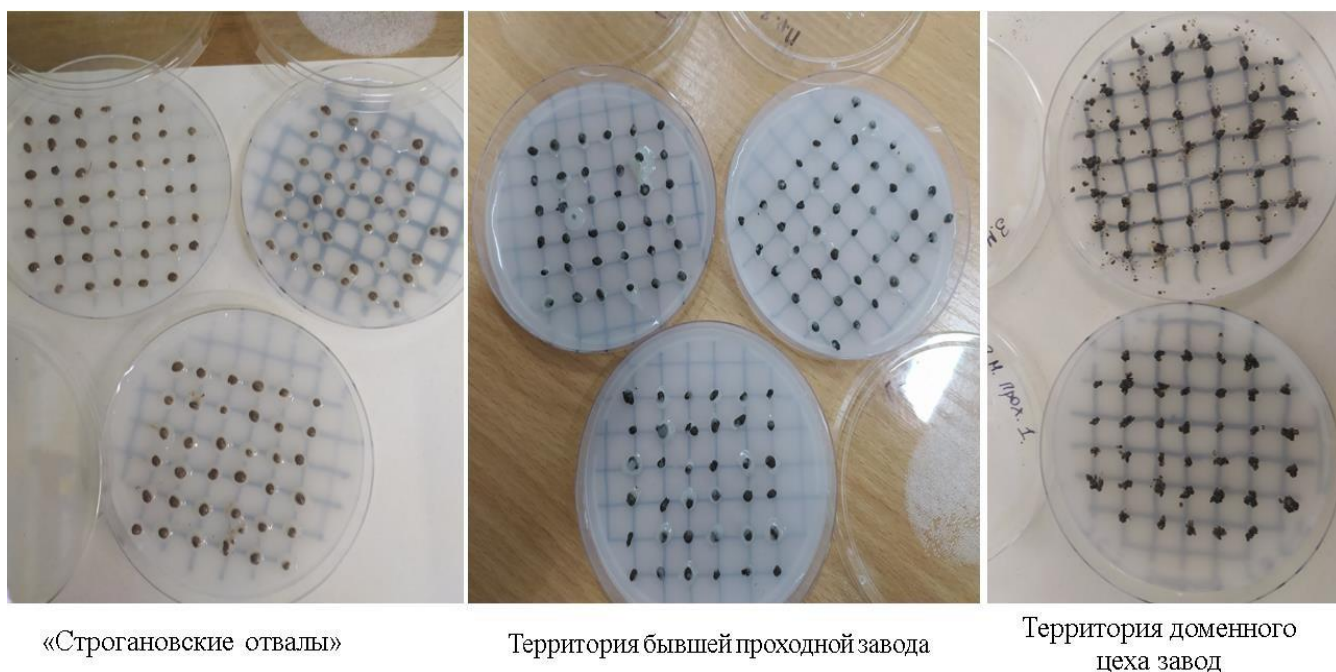
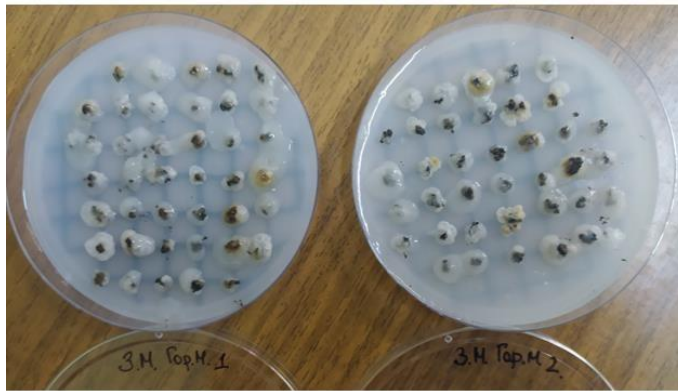
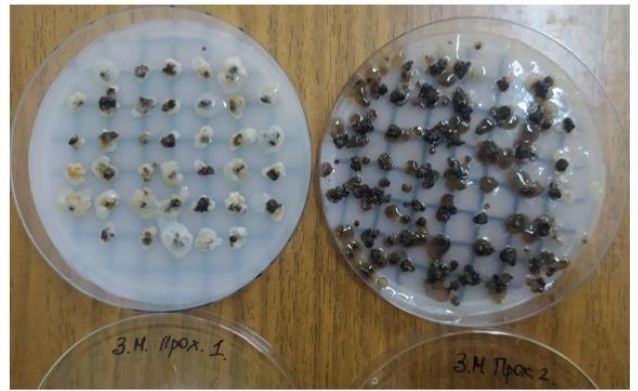


Рисунок 1. Рост колоний бактерий *Azotobacter* (4 день)

На 10 день культивирования полное обрастание почвенных комочков во всех образцах. В образцах присутствуют бесцветные колонии (*Azotobacter agilis*), колонии желто-зеленого цвета и колонии с коричнево-черным пигментом (*Azotobacter chroococcum*) (рис. 2).

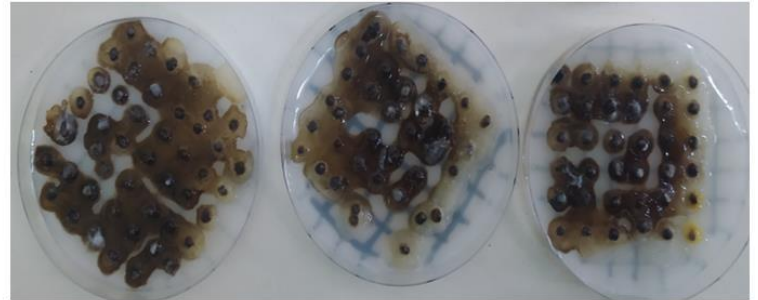


Территория возле доменного цеха завода



Бывшая проходная завода

Рисунок 2. Рост колоний бактерий *Azotobacter* (10 день)



«Строгановские отвалы»

Подробное описание развитие колоний представлено в Приложении 1.

Микропипирование образцов колоний микроорганизмов показал, что во всех исследуемых почвах присутствуют клетки бактерий рода *Azotobacter* (рис. 3).

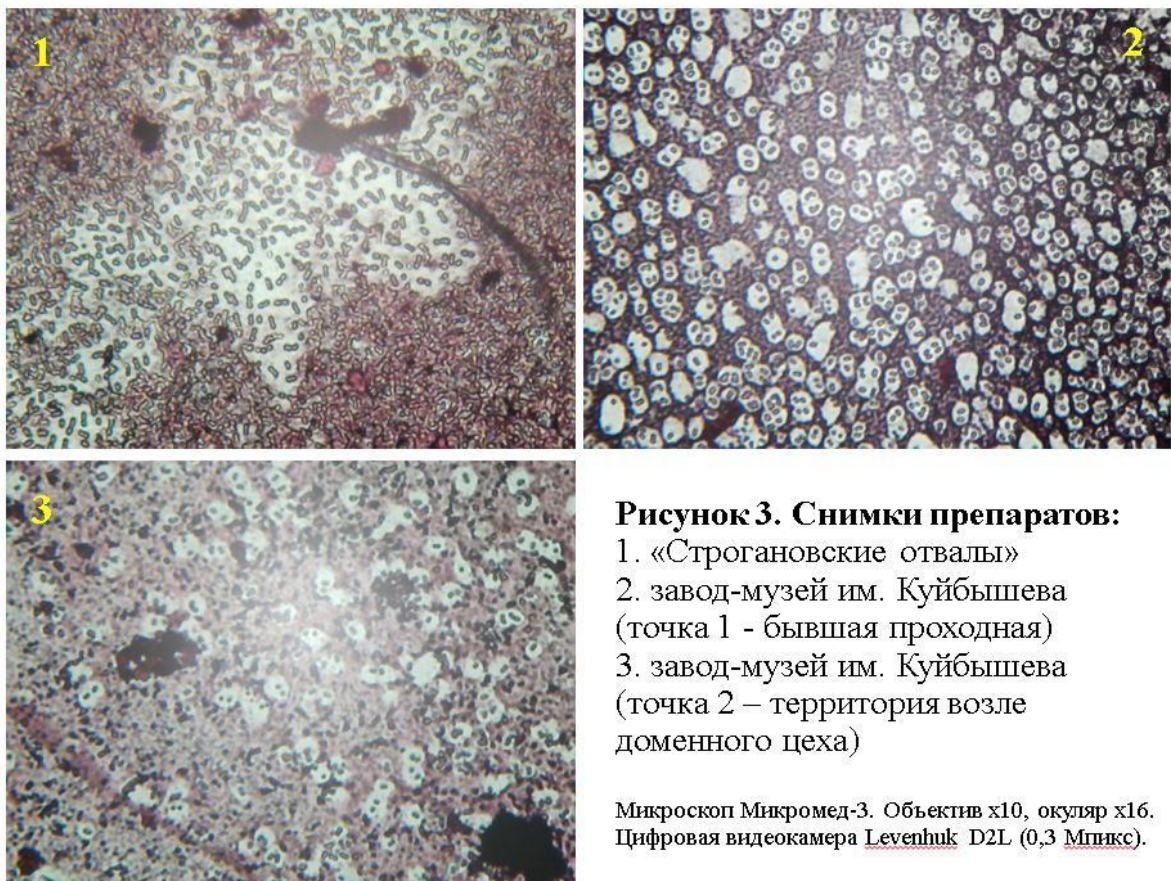


Рисунок 3. Снимки препаратов:

1. «Строгановские отвалы»
2. завод-музей им. Куйбышева (точка 1 - бывшая проходная)
3. завод-музей им. Куйбышева (точка 2 – территория возле доменного цеха)

Микроскоп Микромед-3. Объектив x10, окуляр x16.
Цифровая видеокамера Levenhuk D2L (0,3 Мпикс).

Анализ активности многофункциональных бактерий из почвенных образцов, способствующих росту растений показал активный рост колоний в контрольном планшете (1): А – 90%, В – 86%, С – 67%.

Планшет для поиска фосфатомобилизирующих штаммов бактерий (2) показал 50% пожелтение колоний из почвенных образцов «Строгановских отвалов». 100 % пожелтение и даже желто-коричневое окрашивание наблюдали в почвенных образцах с территории завода-музея, что говорит об отсутствии микроорганизмов, усиливающих мобилизацию фосфора из труднодоступных соединений почвы в легкодоступные.

Изучение бактерий, солубилизирующих калий показали, что наибольшее количество калия в почвенном образце с территории бывшей проходной завода-музея (50% лунок были окрашены), почвенные образцы с территории «Строгановских отвалов» также выявили наличие данного элемента, но в меньшем количестве (70% активное окрашивание). Активное окрашивание (100%) на недостаток калия мы наблюдали в почве с территории доменного цеха завода-музея.

Достаточное количество микроорганизмов-продуцентов сидерофоров (недостаток железа) было выявлено в почвенных образцах с территории

«Строгановских отвалов» и территории бывшей проходной завода-музея, о чем свидетельствовало активное пожелтение среды, что доказывает активное выделение железа Fe^{3+} . Низкое количество микроорганизмов-продуцентов сидерофоров наблюдали в почвенных образцах с территории доменного цеха завода-музея (25 % среды пожелтело).

Наличие целлюлозолитических микроорганизмов при помощи планшета было выявлено только в почвенных образцах с территории «Строгановских отвалов».

Для подтверждения данных целлюлозной активности почвы дополнительно оценили, используя метод «апликации» (определяли активность по степени разложения льняной ткани) (Звягинцев, 1991). Биологическую активность почв по интенсивности разрушения клетчатки оценивали по шкале, предложенной Звягинцевым Д.Г. (% разложившегося полотна за вегетационный сезон): очень слабая < 10, слабая 10–30, средняя 30–50, сильная 50–80, очень сильная > 80 (Минеев и др., 2001).

Результаты интенсивности разрушения целлюлозы представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Интенсивность разрушения клетчатки в почве.

Вариант опыта	№ льняной полосочки	Вес		Убыль в весе, % (среднее значение)
		до опыта	после опыта	
Строгановские отвалы	1	1,76	0,8	56 %
	2	1,78	0,8	
	3	1,83	0,8	

Завод-музей им. Куйбышева (бывшая проходная)	1	1,8	1,2	40 %
	2	1,8	1,2	
	3	1,7	0,9	
Завод-музей им. Куйбышева (территория возле доменного цеха)	1	1,68	1,2	35 %
	2	1,7	0,9	
	3	1,75	1,2	

По шкале интенсивности разрушения клетчатки, предложенной Звягинцевым Д.Г., проведенное нами исследование показало, что целлюлозная активность почвы: на «Строгановских» отвалах – сильная, на остальных участках – средняя. Наименьшая активность целлюлозоразрушающих бактерий наблюдалась в почве с территории доменного цеха завода-музея.

Дополнительно льняные полосочки после высушивания и взвешивания обрабатывали 1% раствором нингидрина, результаты нингидриновой реакции представлены в таблице 3.

Таблица 3.

Интенсивность окрашивания льняных полосочек 1% раствором нингидрина.

Варианты опыта	Строгановские отвалы	Завод-музей им. Куйбышева (бывшая проходная)	Завод-музей им. Куйбышева (территория возле доменного цеха)
% окрашивания	80%	60%	45%

Целлюлоза подвергается расщеплению под действием ферментов микроорганизмов и чем активнее работают микроорганизмы, тем интенсивнее окрашивание.

Выводы:

1. По механическому составу образцы почвы относятся к: тяжелосуглинистым («Строгановские» отвалы) и супесчаным (обе точки с территории завода-музея им. Куйбышева).

2. рН почвенной вытяжки = 6 (территория завода-музея им. Куйбышева) и – 7 («Строгановские отвалы»).

3. Содержание нитратов в почвенной вытяжке показало следующее: «Строгановские» отвалы – 25 мг/л, территория завода-музея им. Куйбышева (точка 1 – бывшая проходная) – 25 мг/л, территория завода-музея им. Куйбышева (точка 2 – территория возле доменного цеха) – 45 мг/л.

4. Активнее всего рост и развитие бактерий наблюдали в образцах почвы с территории «Строгановских» отвалов (100 % обрастание почвенных комочков на 3-4 день культивирования) и с территории бывшей проходной завода-музея им. Куйбышева (93% обрастания почвенных комочков на 4 день культивирования). На 10 день культивирования полное обрастание почвенных комочков во всех образцах. В образцах присутствуют бесцветные колонии (*Azotobacter agilis*), колонии желто-зеленого цвета и колонии с коричнево-черным пигментом (*Azotobacter chroococcum*).

5. Анализ полученных колоний микроорганизмов показал, что во всех образцах почв присутствуют клетки бактерий рода *Azotobacter*.

6. Наибольшая активность целлюлозоразрушающих бактерий наблюдается в почвах с территории «Строгановских отвалов».

7. Анализ активности многофункциональных бактерий из почвенных образцов показал лучшее экологическое состояние почвы с территории «Строгановских отвалов».

Заключение:

Наше предположение, что микробные сообщества могут рассматриваться как индикаторы техногенного загрязнения почв и различных этапов восстановления почв техногенных ландшафтов города Нижний Тагил, показало следующее – наибольший рост и быстрое развитие колоний, а также большую активность бактерий, разрушающих клетчатку, наблюдали в почвенных образцах, взятых на территориях, которые длительное время не подвергаются антропогенному воздействию – это «Строгановские» отвалы, что говорит об лучшем восстановлении почвенно- экологических функций в целом, по сравнению с территорией завода-музея им. Куйбышева не используется в промышленных целях, но используется для проведения промышленного туризма и находится в непосредственной близости к дорогам с активным автомобильным движением.

Перспективы нашего исследования мы видим в разработке биопрепаратов на основе азотфиксирующих бактерий, которые, исходя из наших исследований, проявили приспособительную изменчивость к определенной техногенной нагрузке.

Список использованной литературы

1. Германов Н.И. Микробиология. М.: Просвещение, 1969. с.227.
2. Звягинцев Д.Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии. М.: МГУ, 1991, 304 с.
3. Казеев К.Ш., Колесников С.И., Горбов С.Н., Денисова Т.В., Тищенко С.А. Почвоведение: учебник для среднего профессионального образования / отв. ред. К. Ш. Казеев, С. И. Колесников. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Издательство Юрайт, 2020. 427 с.
4. Марчик, Т.П. Почвоведение с основами растениеводства: учеб. пособие / Т.П. Марчик, А.Л. Ефремов. Гродно: ГрГУ, 2006. 249 с.
5. Методические рекомендации и инструкции по применению набора «Охотник за микробами».
6. Минеев В.Г., Сычев В.Г., Амелянчик О.А., Большев Т.Н., Гомонова Н.Ф., Дурыцина Е.П., Егоров В.С., Егорова Е.В., Карпова Е.А., Прижукова Е.Г. Практикум по агрохимии: учебное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. / под ред. академика РАХСН В.Г. Минеева. М.: Изд-во МГУ, 2001, 689 с.
7. Экологический мониторинг: Учебно-методическое пособие / под ред. Т.Я. Ашихминой. Изд. 4-е. М.: Академический проект; Альма Матер, 2008. 416 с.
8. Растения и Микроорганизмы / Сборник трудов международной Интернет-конференции. Казань / Отв. редактор Изотова Е.Д. Казань: ФГАОУВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», 18-21 апреля 2011 г.
9. Середина В.П., Андроханов В.А., Алексеева Т.П., Сысоева Л.Н., Бурмистрова Т.И., Трунова Н.М. Экологические аспекты биологической рекультивации почв техногенных экосистем Кузбасса // Вестн. Том. гос. ун- та. Биология. 2008. №2 (3).

Приложение 1.

Описание развития колоний

№ образца		№1 (Строгановские отвалы)	
Дата отбора		октябрь 2022 г.	
Дата посева		29.11.2022	
Число дней посева	4	36 комочков, 100% обрастание, потемневших колоний нет	
7		27 % от общего числа колоний потемнели, поверхность гладкая, блестящая	
10		все колонии темно-коричневого цвета, поверхность гладкая	
№ образца		№2 (Строгановские отвалы)	
Дата отбора		октябрь 2022 г.	
Дата посева		29.11.2022	
Число дней посева	4	36 комочков, 100% обрастание, потемневших колоний нет	
7		22 % от общего числа колоний потемнели, поверхность гладкая, блестящая	
10		все колонии темно-коричневого цвета, поверхность гладкая	
№ образца		№3 (Строгановские отвалы)	
Дата отбора		октябрь 2022 г.	
Дата посева		29.11.2022	
Число дней посева	4	36 комочков, 100% обрастание, потемневших колоний нет	
7		22 % от общего числа колоний потемнели, поверхность гладкая, блестящая	
10		все колонии темно-коричневого цвета, поверхность гладкая	

№ образца		№1 (завод-музей им. Куйбышева, бывшая проходная завода)	
Дата отбора		октябрь 2022 г.	
Дата посева		29.11.2022	
Число дней посева	4	38 комочков, 93 % обрастание, потемневших колоний нет	
7		100% обрастание комочков, 27 % колоний потемнели, структура колоний рыхлая	
10		все колонии темно-коричневого цвета, структура колоний рыхлая, матовая поверхность	
№ образца		№2 (завод-музей им. Куйбышева, бывшая проходная завода)	
Дата отбора		октябрь 2022 г.	
Дата посева		29.11.2022	
Число дней посева	4	43 комочка, 90 % обрастание, потемневших колоний нет	
7		100% обрастание комочков, 32 % колоний потемнели, структура колоний рыхлая	

10	100 % колоний имеют желто-коричневый цвет, структура колоний рыхлая, матовая поверхность	
№ образца	№1 (завод-музей им. Куйбышева, территория доменной печи)	
Дата отбора	октябрь 2022 г.	
Дата посева	30.11.2022	
Число дней посева	4	37 комочка, 27% обрастание, потемневших колоний нет
7	100% обрастание, потемневших колоний нет, структура колоний, матовая поверхность	
10	16% колоний имеют желто-коричневый цвет, структура колоний рыхлая, матовая поверхность	
№ образца	№2 (завод-музей им. Куйбышева, территория доменной печи)	
Дата отбора	октябрь 2022 г.	
Дата посева	30.11.2022	
Число дней посева	4	40 комочка, 20% обрастание, потемневших колоний нет
7	100% обрастание, потемневших колоний нет, структура колоний рыхлая, матовая поверхность	
10	20% колоний имеют желто-коричневый цвет, структура колоний рыхлая, матовая поверхность	



Посев микроорганизмов на выявления активности многофункциональных бактерий из почвенных образцов, способствующих росту растений колонии бактерий в лунки планшетов.