

Научно-исследовательская работа

**Биология**

**Комплексная подход  
к экологической оценке почв г. Тулы**

*Автор:*

*Шатский Антон Максимович*

*11 класс, ГОУ ДО ТО ОЭБЦУ, Тула*

*Руководитель:*

*Абрамова Эльвира Александровна*

*к.б.н., педагог дополнительного образования*

*ГОУ ДО ТО «ОЭБЦУ»*

## Введение

Экологическое состояние почв выступает индикатором разнообразных природных процессов. Изучение состояния объектов окружающей среды урбанизированных территорий представляют научно-практический интерес и требуют огромного внимания учёных, практиков производства, экологов, так как, интенсивная и разносторонняя деятельность человека приводит к значительным и даже необратимым изменениям природной среды.

В докладе о состоянии и использовании земель в Тульской области за 2018 год говорится о том, что Тульская область является одной из самых индустриальных в центральном регионе России, а обеспечение экологической безопасности Тульской области стало одним из приоритетных направлений деятельности (Региональный доклад о состоянии и использовании земель Тульской области в 2018 году, стр. 78). Согласно многочисленным литературным данным региональные экологические проблемы обусловлены, прежде всего, тем, что на сравнительно небольшой территории сконцентрировано много различных предприятий, которые выступают основными источниками загрязнения окружающей среды Тульской области. По данным Росприроднадзора в федеральный реестр объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду на территории Тульской области, внесено 640 объектов. Более того Тула относится к городам с развитой системой автомобильных магистралей.

В связи с этим почвенные ресурсы оказались под угрозой эрозии, загрязнения химическими соединениями, бытовыми отходами.

Актуальность **данной проблемы** не вызывает сомнения и требует незамедлительного решения.

Однако сложившаяся в регионе ситуация осложняется еще и тем, что Управление Росреестра по Тульской области не располагает актуальными и доброкачественными данными, позволяющими судить о качественном

состоянии земель(Региональный доклад о состоянии и использовании земель Тульской области в 2018 году, стр. 80).

Проблема экологической оценки загрязненных почв связана с поиском эффективных способов восстановления их качества.

Мы считаем, что для предотвращения и ликвидации отрицательного антропогенного воздействия на окружающую природную среду необходима в первую очередь достоверная, объективная и своевременная оценка экологического состояния. Только в этом случае возможно обоснованное принятие решений по регулированию природной среды.

Поскольку почвы городов выполняют разнообразные экологические функции, главными из которых являются: пригодность для произрастания зеленых насаждений и способность аккумулировать различные поллютанты, выступая при этом природным буфером, контролирующим перенос химических элементов в атмосферу, гидросферу и живые организмы, необходим комплексный подход к оценке экологического состояния почв.

В связи с этим **целью данной работы** стало проведение комплексных исследований экологического состояния почвы г. Тулы с разным уровнем антропогенной нагрузки.

#### **Задачи:**

1. Провести химические исследования почвенных образцов.
2. Установить уязвимую активность почвы исследуемых участков.
3. Провести биотестирование с использованием семян и проростков высших растений.
4. Выяснить возможность использования почвенных микроорганизмов с целью биоиндикации.

# **1. Современные подходы к экологической оценке почв при антропогенном загрязнении**

## **1.1. Антропогенные почвы**

Почвенный покров оказывает влияние и во многом определяет многие процессы, происходящие в биосфере, в окружающей среде он играет роль буфера, то есть поглотителя, разрушителя и нейтрализатора различных загрязнений. Антропогенные преобразования и нарушения почвенного покрова могут привести к неспособности выполнения им важных экологических функций, а, следовательно, к нарушениям функционирования биосферы в целом. Именно поэтому особенно важным является изучение биологического и биохимического состояния почвенного покрова и его изменения под влиянием деятельности человека.

Городские почвы – это антропогенно измененные почвы, имеющие созданный в результате человеческой деятельности поверхностный слой мощностью более 50 см.

Городские почвы отличаются от естественных по химизму и водно-физическим свойствам. Они переутомлены, почвенные горизонты перемешаны и содержат строительный мусор, бытовые отходы, из-за чего имеют высокую щелочность.

## **1.2. Биологический мониторинг и биоиндикация**

В последнее время весьма актуальными являются наблюдения за изменениями состояния окружающей среды, вызванными антропогенным воздействием. Поскольку сообщества живых организмов замыкают на себя все процессы, протекающие в экосистеме, ключевым компонентом мониторинга окружающей среды является мониторинг состояния биосферы, или биологический мониторинг.

В этих целях все чаще применяется и используется достаточно эффективный способ мониторинга среды – биоиндикация, т.е. применение живых организмов для оценки состояния окружающей среды.

В настоящее время показано, что индикация загрязнения окружающей среды с использованием микробиологических показателей в большинстве случаев превосходит по чувствительности многие химические и физические методы. Микроорганизмы обладают чрезвычайно лабильной биохимической организацией клетки, выражающейся в перестройке ферментного аппарата и синтезе по мере необходимости новых ферментов. Благодаря этому бактерии быстро адаптируются к изменениям условий среды обитания и появлению новых экологических факторов как природного, так и антропогенного происхождения.

Микробиологическими индикаторами антропогенного влияния на различные природные экосистемы могут выступать:

- специфические физиологические группы микроорганизмов, которые встречаются лишь в присутствии определенных загрязняющих веществ и реагируют только на специфические химические соединения, например, углеводородокисляющие, ПАВ-деструктирующие микроорганизмы и др.;

- родовой и видовой состав микробных ценозов природных сред и их структура;

- изменение общей численности бактерий, численности сапротрофов и олиготрофов;

- смена морфологических форм;

- интенсивность некоторых бактериальных процессов;

- изменение отдельных характеристик индикаторных микроорганизмов;

### **1.3. Биологическая активность почвы**

При осуществлении биомониторинга и биодиагностики почв основная роль отводится показателям биологической активности.

Под биологической активностью, по мнению современных исследователей, следует понимать напряженность (интенсивность) всех биологических процессов в почве.

Как показатели биологической активности почвы современными исследователями могут применяться: биомасса и численность различных

групп почвенных микроорганизмов, их продуктивность, ферментативная активность почв, количество и скорость накопления продуктов жизнедеятельности организмов почвы, почвенное дыхание.

Исследование биологической активности городского почвенного покрова представляется важным еще и потому, что на отдельных территориях в пределах города жители высаживают фрукты и овощи, употребляемые позже в пищу. В связи с чем, необходимо оценивать в какой степени меняются характеристики почв при антропогенном влиянии, и способна ли почва в полной мере выполнять свои функции, а, как следствие, безопасны ли данные продукты для здоровья людей.

**Объектами исследования** являлись почвы урбанизированных территорий г. Тулы, подвергающиеся разному по степени интенсивности антропогенному и техногенному воздействию. Пробные площади располагались на территории, прилегающей к ПАО «Тулачермет» и ПАО «Косогорский металлургический завод» («КМЗ») на расстоянии 50 метров от ограждения промышленной зоны предприятий. Также пробы были взяты на территории автозаправочной станции (ул. Староникитская, д. 110), контейнерной площадки ТБО (ул. Кауля д. 49, корп.1) и ЦПКиО им. П.П. Белоусова. Исследуемые почвы можно отнести к антропогенно преобразованным. Условно чистая зона - территория ЦПКиО им. П.П. Белоусова г. Тулы.

Исследование проводили на почвенных образцах, отобранных в июле 2019 года с глубины (0-10 см).

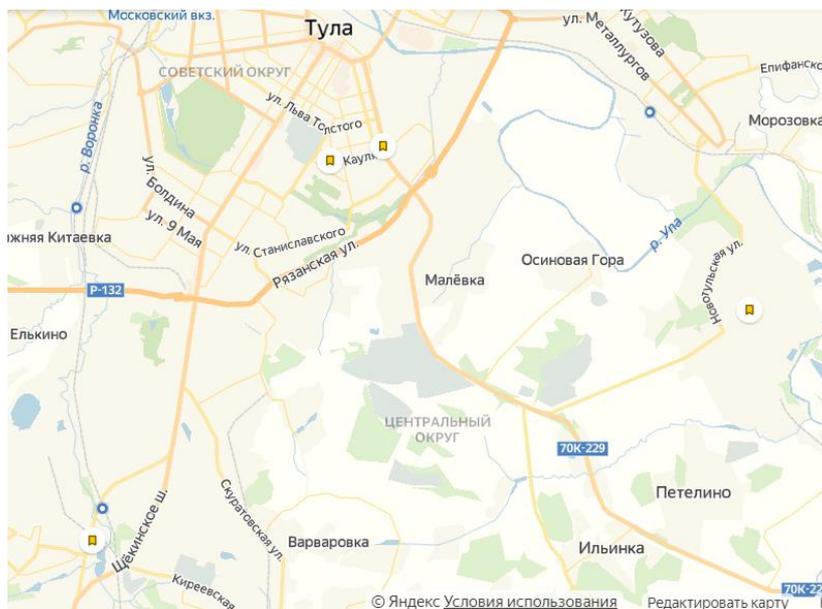


Рис. 1. Участки отбора проб почвы

### **Методы исследования**

Отбор проб почвы и подготовка их для микробиологических анализов осуществлялись в соответствии с требованиями ГОСТа 14.4.4.02–84 «Охрана природы. Методы отбора и подготовки проб для химического, микробиологического и гельминтологического анализа».

Оценку экологического состояния почв на исследуемых участках проводили на основе данных химического анализа, биоиндикации и биотестирования.

**Химические исследования** включали определение pH водной вытяжки из почвенных образцов, а также определение нитрат-, сульфат- и хлорид- ионов.

**Определение активности уреазы** проводили экспресс-методом по Аристовой.

**Биотестирование** проводили в условиях краткосрочных экспериментов. Для фитотестирования на высших растениях использовали семена кресс-салата (*Lepidium sativum* L.) и семена вики посевной (*Vicia sativa* L.). По истечении срока экспозиции измеряли длину корней и побегов проростков. Опыт проводился в трехкратной повторности.

**Методы биоиндикации.** Биоиндикационный анализ урбаноземов заключался в исследовании экологических параметров бактериального комплекса почв.

В работе использовали общепринятые методы почвенной микробиологии. Общую численность микроорганизмов определяли на агаризованной питательной среде -крахмало-аммиачном агаре (КАА). Для выделения микромицетов использовали среду Сабуро, среду Эшби – для выделения аэробных азотфиксаторов.

Определение активности роста свободноживущих азотфиксирующих микроорганизмов рода *Azotobacter* в исследуемых пробах почвы осуществляли методом посева на безазотистую среду Эшби.

### **3. Результаты исследования**

Химические исследования включали определение рН водной вытяжки из почвенных образцов и определение содержания нитрат-ионов ( $\text{NO}_3^-$ ), хлорид-ионов ( $\text{Cl}^-$ ) и сульфат-ионов ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) результаты представлены.

Полученные результаты позволяют говорить о том, что почвы вблизи промышленных предприятий характеризуются слабокислой реакцией ( $\text{pH}=5,4-5,6$ ), а почвы вблизи городского мусорного полигона обнаруживают смещение водородного показателя в щелочную сторону. Отклонение значений актуальной кислотности почвы от фоновых значений в сторону подщелачивания в условиях города обычно объясняется поступлением в почву хлоридов кальция и натрия, которые входят в состав противоледных реагентов, используемых для посыпки тротуаров и дорог в зимний период года. Другой причиной может являться высвобождение и попадание в почву ионов кальция из различных обломков, кирпича, строительного мусора, цемента, имеющих щелочную среду. Для условно чистой зоны характерна нейтральная реакция почвенного раствора.

В последнее время большое внимание уделяют различным экспресс-методам индикации техногеннонарушенных почв и показателям воздействия антропогенной нагрузки на почвенный покров, который основан на

определении биологических свойств почвы, среди которых одним из наиболее перспективных и доступных методов считается диагностика ферментативной активности. Одним из надежных индикаторов состояния почв является активность уреазы. В условиях антропогенного воздействия на окружающую среду возможно изменение активности данного фермента. В результате может произойти нарушение одной из главных функций почв – поддержание экологического равновесия всей урбоэкосистемы. В связи с этим важным стало исследование активности данного фермента (рис. 2).

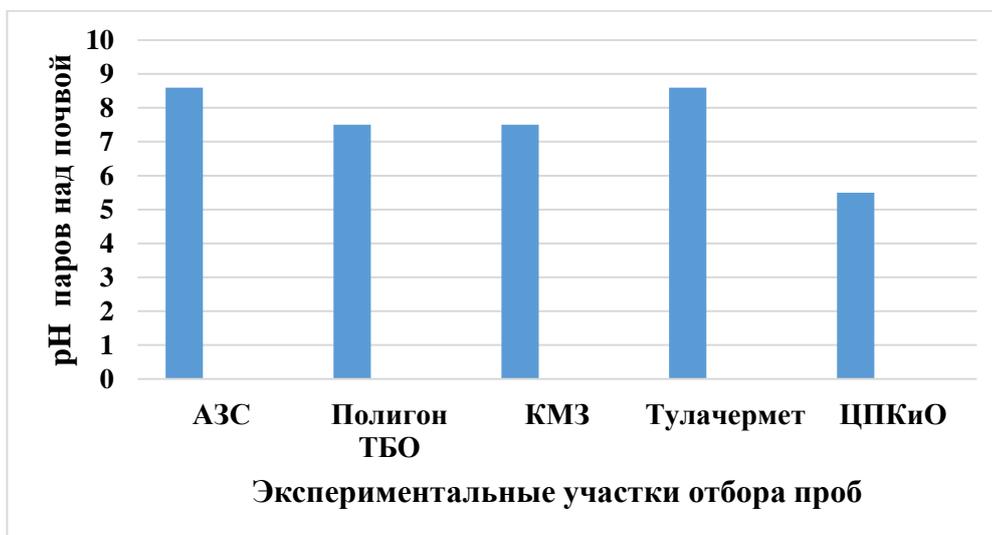


Рис. 2. Активность уреазы

Было установлено, что наиболее высокий уровень уреазной активности характерен для почвенных проб, взятых вблизи промышленных предприятий (Тулачермет, КМЗ) и около АЗС, что указывает на наличие нефтепродуктов, поскольку активность уреазы находится в прямо пропорциональной зависимости от количества органического углерода в почве.

Основными интегральными показателями биологической активности почвы являются: микробная численность (ОМЧ), определение актиномицетов, нитрификаторов и др.

Поэтому следующим способом оценки состояния почвы были выбраны методы биоиндикации.

Проведенное микробиологическое исследование позволило установить численность отдельных групп микроорганизмов (табл. 1) и определить их культуральные признаки (табл.2, табл. 3).

Таблица 1. Численность отдельных групп микроорганизмов в почвах, подверженных антропогенному воздействию

Проба почвы	Общая численность микроорганизмов на МПА, КОЕ/1г	Численность микроорганизмов на КАА	
		Общее количество актиномицетов, КОЕ/1г	Общее количество бактерий, КОЕ/1г
Территория 500м от «КМЗ»	$1,5 \times 10^6$	$1,4 \times 10^6$	$0,5 \times 10^6$
Территория 500 м от «Тулачермет»	$1,3 \times 10^6$	$1,2 \times 10^6$	$0,3 \times 10^6$
АЗС	$1,4 \times 10^6$	$1,3 \times 10^6$	$0,4 \times 10^6$
Площадка ТБО	$1,7 \times 10^6$	$1,7 \times 10^6$	$0,3 \times 10^6$
ЦПКиО им. П.П. Белоусова	$2,5 \times 10^6$	$0,9 \times 10^6$	$1,9 \times 10^6$

Полученные результаты указывают на снижение микробиологической активности почвы вблизи промышленных предприятий, что выражается в снижении общей численности бактерий по сравнению с почвами лишенными техногенной нагрузки.

Наличие относительно большого количества актиномицетов в почвах, находящихся вблизи промышленных предприятий может говорить о присутствии в них тяжёлых металлов [5].

Таблица 2. Культуральные признаки микроорганизмов на МПА

Культуральные признаки	Морфологические	Предполагаемый род
------------------------	-----------------	--------------------

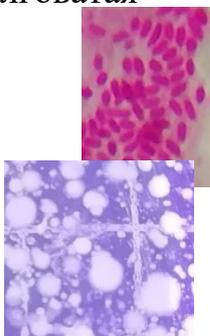
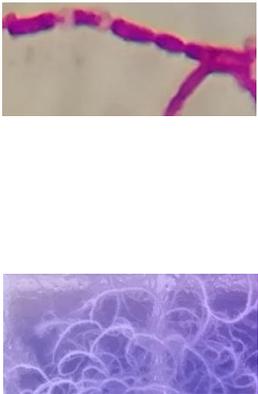
	признаки	
Форма колонии: овальная Цвет: белый Поверхность: ровная Край: ровный Структура: однородная	Характер расположения: по всей поверхности Форма клетки: продолговатая 	<i>Bacillus mycoides</i>

Таблица 3. Культуральные признаки микроорганизмов на КАА

Культуральные признаки	Морфологические признаки	Предполагаемый род
Форма колонии: нитевидная Цвет: белый Поверхность: ровная Край: неровный Структура: неоднородная	Характер расположения: очаговый Форма клетки: палочковидная 	<i>Actinomicetes</i>

Для определения активности азотфиксации использовали метод обростания комочков почвы на среде Эшби (приложение 1). Присутствие

бактериального роста отмечали на 3-и сутки, а через 5 суток осуществляли подсчет обросших комочков.

Табл. 4. Учет количества микроорганизмов методом обрастания комочков почвы

Образцы почвы	Количество комочков	Количество обрастающих комочков	Процент обрастающих от общего числа
ЦПКиО	21	19	90,5%
АЗС	21	8	38,09%
Площадка ТБО	21	18	85,71%
КМЗ	21	8	38,09%
Тулачермет	21	12	57,14%

Полученные данные позволяют говорить о незначительном количестве *Azotobacter* в почвах с интенсивным антропогенным воздействием на окружающую среду (образцы почв с площадок АЗС, КМЗ, Тулачермет), что говорит об недостаточно идущих процессах азотофиксации и может быть связано с наличием в почве токсичных веществ и слабокислой реакцией среды.

Оценка фитотоксичности почвы является одним из методов генетического мониторинга растительных систем, т. к. позволяет выявить зависимости между загрязнением почвы поллютантами и влиянием их на репродуктивную систему высших растений. Наиболее перспективными исследованиями фитотоксичности почвы, тяжелыми металлами является биотестирование.

Определяли прорастание семян и развитие проростков (измеряли длину корней и побегов).

Табл.5. Результаты фитотестирования

Пробы	Всхожесть семян, %	Длина корня, мм	Длина побега, мм

	кресс-салат	вика посевная	кресс-салат	вика посевная	кресс-салат	вика посевная
ЦПКиО	100	100	10	20	14	25
АЗС	60	50	3	7	7	11
Площадка ТБО	80	70	7	10	10	14
КМЗ	50	40	5	7	8	12
Тулачермет	50	40	5	7	6	10

Полученные результаты указывают на то, что почвенные растворы, выделенные из проб, взятых вблизи промышленных предприятий и АЗС оказывают явное ингибирующее действие на прорастание семян и развитие проростков как кресс-салата, так и вики посевной.

### **Заключение**

Данное исследование показало отрицательное влияние промышленной деятельности на биологическую активность почв.

Также удалось установить, что биоиндикационные исследования в совокупности с физико-химическими методами анализа являются более информативными при изучении почв города.

#### **Выводы:**

1. Исследованные в работе образцы почвы характеризуются слабокислой реакцией.
2. Преобладание в пределах города почвы с кислой и слабощелочной реакцией среды указывает на постепенное изменение ее химических свойств, что может отрицательно сказываться на функционировании почвенного покрова как составной части урбаноэкосистемы.

3. Почвы экспериментальных образцов г. Тулы характеризуются высокой уреазной активностью.

4. Почвенные вытяжки экспериментальных образцов оказывают явное ингибирующее действие на прорастание семян и развитие проростков высших растений.

5. Установили снижение общей численности бактерий и увеличение актиномицетов в почвах вблизи промышленных предприятий.

6. Почва рекреационной территории (ЦПКиО им. Белоусова) в определенной мере защищена зелеными насаждениями и подвергается меньшей техногенной нагрузке, поэтому ее состояние более стабильно по сравнению с другими территориями в пределах города.