

## ФЕРМЕНТАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ ПРИРОДНО-РЕКРЕАЦИОННЫХ ЛАНДШАФТОВ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Забелина О.Н.

*ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых», Владимир, Россия (600000, Владимир, ул. Горького, 87), e-mail:plehanovaolga999@mail.ru*

Проведено исследование ферментативной активности почвенного покрова природно-рекреационных ландшафтов города (парки, скверы, бульвары, аллеи) с целью оценки его экологического состояния. В ходе работы было осуществлено измерение активности ферментов, катализирующих наиболее важные биохимические процессы, протекающие в почве: каталазы, отвечающей за разложение перекиси водорода, уреазы, катализирующей гидролиз мочевины, и целлюлозолитической активности. Результаты исследования уреазной активности почвы показали, что скорость разложения мочевины в верхнем слое почвы в скверах и бульварах, а также в зонах парков, подвергающихся влиянию автомобильных дорог, изменяется в диапазоне 1,5–2 ч и может считаться высокой, в центральной же части парков скорость разложения мочевины снижается и составляет в среднем 4–5 ч. Значения показателя каталазной активности демонстрировали пространственную вариабельность, но в целом обнаруживали колебания в пределах 0,2–0,53 мл КМnO<sub>4</sub>/ 1 г почвы за 20 мин. Верхний слой почвы рекреационных территорий в большинстве случаев обладал более высокой целлюлозолитической активностью по сравнению с нижележащими слоями, в слое почвы 0–10 см наблюдалось разложение полосок неотбеленной льняной ткани на 20–30 % в половине проб, в слое 10–20 см в половине проб разложение ткани составляло 10–20 %.

Ключевые слова: ферментативная активность почвы, природно-рекреационные ландшафты, урбанизированные территории.

## ENZYMATIC ACTIVITY OF RECREATIONAL LANDSCAPES SOIL IN URBAN AREAS

Zabelina O.N.

*Vladimir State University n.a. A.G. and N.G. Stoletovs, Vladimir, Russia (600000, Vladimir, Gorkiy street, 87), e-mail:plehanovaolga999@mail.ru*

A study of the enzymatic activity of natural and recreational landscapes soil of the city (parks, squares, boulevards, avenues) was held to assess its ecological status. The work was carried out to measure the activity of enzymes which catalyze the most important biochemical processes occurring in the soil: catalase, responsible for the decomposition of hydrogen peroxide, urease, catalyzes the hydrolysis of urea and cellulolytic activity. Results of the study of soil urease activity showed that the rate of decomposition of urea in the topsoil in squares and boulevards and parks in areas exposed to the influence of roads, changes in the range of 1.5–2 h and can be considered high, in the central part of the park the rate of decomposition of urea is reduced to an average of 4–5 hours. The values of catalase activity showed spatial variability, but in general showed fluctuations within 0.2–0.53 ml KMnO<sub>4</sub> / 1 g soil in 20 min. Topsoil of recreational areas, in most cases, possess a high cellulolytic activity compared to the underlying layers, in a layer of 0–10 cm of soil degradation observed unbleached linen cloth strips by 20–30 % at half the samples, in the 10–20 cm layer in a half sampling decomposition of tissue was 10–20 %.

Keywords: enzymatic activity of soil, natural and recreational landscapes, urban areas

### Введение

В современном нам мире процессы урбанизации становятся все интенсивнее, число городов и их масштабы постоянно увеличиваются. Различные компоненты окружающей среды на урбанизированных территориях подвергаются разнообразным преобразованиям вследствие интенсивной человеческой деятельности, испытывают постоянное давление техногенного пресса. Состояние почвы городских территорий требует особого внимания, так

как влияние транспорта, промышленности, процессов строительства приводит к «компрессии» почвенной системы, что ведет к изменению практически всех ее компонентов, начиная с агрохимических и физических свойств и заканчивая микробиологическими и биохимическими показателями, лишая почвенный покров в городах способности выполнять важные экологические функции. Микробиота и биохимические параметры почвы под влиянием антропогенного воздействия изменяются в первую очередь, поэтому считаются многими исследователями наиболее чувствительными к загрязнению показателями состояния почвенного покрова [2].

Исследования проводили в 2011–2012 гг. в г. Владимире, объектами его стали почвы рекреационных территорий города. Часто парки, скверы и другие зеленые зоны городов выпадают из поля зрения исследователей, так как традиционно считается, что почвы этих территорий не подвергаются интенсивному антропогенному воздействию и преобразованию, а, следовательно, уровень загрязнения таких экосистем не высок, то есть их состояние не должно вызывать опасений. Между тем небольшие по площади природно-рекреационные ландшафты (скверы, бульвары, аллеи), а также окраинные зоны парков и лесопарков в пределах города часто испытывают сильное техногенное влияние, в результате ухудшается состояние растительности и почвы этих территорий. В то время как лесопаркам, паркам и другим рекреационным территориям города при разумной их эксплуатации принадлежит значительная роль в оздоровлении окружающей среды. За последние десятилетия в городе Владимире не было создано ни одного нового парка, наблюдается лишь обратная тенденция сокращения и деградации парковых территорий, поэтому проблема исследования состояния существующих рекреационных зон стоит очень остро.

Цель исследования – изучить пространственную изменчивость ферментативной активности почвы рекреационных территорий г.Владимира для оценки их экологического состояния.

### **Материал и методы исследования**

Исследования последних лет доказывают эффективность параметра ферментативной активности при использовании его в качестве диагностического критерия экологического состояния почв городских территорий. Например, многими авторами отмечается чувствительность фермента каталазы к содержанию тяжелых металлов в почве, с увеличением концентрации тяжелых металлов происходит угнетение каталазной активности, которое становится все более выраженным по мере роста концентрации металлов [7], во многих исследованиях имеются свидетельства о том, что показатель уреазной активности успешно используется в оценке экологического состояния нефтезагрязненных почв [10]. В этой связи в данном исследовании, оценивая состояние почвенного покрова парковых

территорий города, мы опирались на показатели уреазной, каталазной и целлюлозолитической активности почвы. Отбор образцов почвы был осуществлен по стандартной методике «конверта» (ГОСТ 17.4.4.02-84), пробы отбирали с глубины 0–10 см, 10–20 см и 20–40 см. Изучение почвенного профиля рекреационных территорий проводилось до глубины 50 см. Каталазную активность определяли перманганатометрическим методом Джонсона и Темпле [9]; измерение уреазной активности почвы было осуществлено экспресс-методом по Т.В. Аристовской и М.В. Чугуновой (по скорости разложения модельного вещества карбамида (мочевина) в часах), который считается доступным и высокоинформативным, а также достаточно апробированным на урбанизированных территориях [1]; для определения целлюлозолитической активности почв пользовались аппликационным методом в чашках Петри путем учета остаточного количества нерасщепленной целлюлозы [3]. Все данные по ферментативной активности почв приведены для воздушно-сухих образцов и статистически обработаны в программах «MicrosoftExcel» и «Statistics 8,0».

Исходные почвы, на которых были сформированы природно-рекреационные зоны города, – легко- и среднесуглинистые серые лесные почвы. Они характеризуются повышенной уплотненностью, с большим количеством включений антропогенного происхождения (строительный и бытовой мусор). Классификационно почвы рекреационных территорий города следует отнести к антропогенно-поверхностнопреобразованным (горизонт урбик мощностью менее 50 см), или – урбопочвам [8].

### **Результаты исследования и их обсуждение**

В исследованной почве было проведено измерение активности ферментов, катализирующих наиболее важные биохимические процессы, протекающие в почве: каталазы, отвечающей за разложение перекиси водорода, уреазы, катализирующей гидролиз мочевины, и целлюлозолитической активности.

Результаты исследования уреазной активности почвы г. Владимира показали, что скорость разложения мочевины в верхнем слое почвы в скверах и бульварах, а также в зонах парков, подвергающихся влиянию автомобильных дорог, изменяется в диапазоне 1,5–2 ч и может считаться высокой, в центральной же части парков скорость разложения мочевины снижается и составляет в среднем 4–5 ч. Вероятно, такой эффект наблюдался из-за загрязнения почв окраинных зон парков, а также небольших по площади рекреационных территорий города нефтепродуктами (как следствие влияния автотранспорта), так как уровень содержания нефтепродуктов в почве указанных зон характеризовался как повышенный фон (концентрация нефтепродуктов 10–50 мг/100 г почвы), следовательно, увеличилось содержание доступного углерода в почве, что и вызвало рост скорости

разложения карбамида. Для серых лесных почв области не характерно высокое содержание органического вещества, также как и высокая скорость разложения мочевины. В контрольных образцах почвы уреазная активность низкая, время разложения карбамида колеблется от 7 до 13 часов (табл. 1).

Таблица 1

Уреазная активность почв природно-рекреационных территорий г. Владимира

Номер п/п	Глубина отбора проб, см	Тип территории	Время разложения мочевины, ч
1	0-10	Парк (окр.часть)	2
2	0-10		2
3	0-10	Парк (центр.часть)	4
4	10-20	Парк (окр.часть)	4
5	10-20	Парк (центр.часть)	5,5
6	10-20		4
7	20-40	Парк (центр.часть)	10
8	20-40		5,5
9	0-10	Скверы	2
11	0-10		1,5
10	10-20		3
12	10-20		4
13	0-10	Бульвар	2
14	10-20		5
15	0-10	Лес (контроль)	7
16	10-20		13

Установлено, что уреазная активность в почвенном профиле снижается с глубиной во всех почвенных образцах. В пробах почвы с глубины 20–40 см скорость разложения мочевины была чрезвычайно низкой. Процесс разложения мочевины протекал плавно, в большинстве образцов не было отмечено резких скачков значений. Уреазная активность – один из важнейших показателей биологической активности почв. Многие исследователи рассматривают уреазную активность как показатель самоочищающей способности почвы [4], самоочищение – одна из важных экологических функций почвы, которая способна обеспечивать защиту самой почвы и сопредельных сред как от химического, так и от бактериального загрязнения. Интенсивно протекающие процессы разложения мочевины в отдельных почвенных образцах характеризуют их потенциальную самоочищающую способность как высокую.

Роль каталазы в почве велика и заключается в разрушении ядовитой для растений перекиси водорода, образующейся в процессе дыхания растений и в результате биохимических реакций окисления органических веществ [5]. Каталазная активность почв

исследованных парково-рекреационных зон уменьшалась по профилю в большинстве изученных образцов (табл. 2), что представляется закономерным, так как количество органического вещества уменьшается в почве вниз по профилю.

Таблица 2

Пространственная динамика каталазной активности почв рекреационных территорий г. Владимира.

№ почвенной пробы	Место отбора	Глубина отбора, см	Каталазная активность почвы, мл $\text{KMnO}_4$ / 1 г почвы за 20 мин, 2012 г.
1	Парк «Центральный»	0-10 см	0,52±0,01
4			0,49±0,02
11	Парк «Добросельский»		0,53±0,01
14			0,41±0,005
22			0,29±0,03
2	Парк «Центральный»	10-20 см	0,37±0,01
5			0,36±0,02
12	Парк «Добросельский»		0,36±0,01
15			0,35±0,01
23	Парк «Дружба»		0,2±0,005
28	Контроль	0-10 см	0,37±0,01
29		10-20 см	0,23±0,02

Значения показателя каталазной активности демонстрировали пространственную вариабельность, но в целом обнаруживали колебания в пределах 0,2–0,53 мл  $\text{KMnO}_4$ / 1 г почвы за 20 мин. В основном каталазная активность почв рекреационных территорий соответствовала значениям данного показателя, полученным в контрольных образцах с незагрязненных почв области.

В ходе исследований была изучена динамика целлюлозолитической активности почв рекреационных территорий, она представлена в таблице 3. При оценке целлюлозолитической активности почв (%) использовали следующую шкалу: очень слабая < 10, слабая 10–30, средняя 30–50, сильная 50–80, очень сильная > 80.

Таблица 3

Динамика пространственного изменения потенциальной целлюлозолитической активности почв природно-рекреационных ландшафтов (на примере г. Владимира)

Места отбора проб	Глубина отбора проб	Целлюлозолитическая активность, %
Центральный парк	0-10 см	22-30

Добросельский парк		60-63
Лесопарк Дружба		26-28
Бульвар, пр-т Строителей		10-12
Сквер, зона влияния ОАО «ВТЗ»		30-32
Сквер Первомайский		29-30
Контроль		23-24
Центральный парк	10-20 см	11-18
Добросельский парк		19-29
Лесопарк Дружба		8-10
Бульвар, пр-т Строителей		20-22
Сквер, зона влияния ОАО «ВТЗ»		11-13
Сквер Первомайский		4-8
Контроль		6-7

Фоновые серые лесные почвы Владимирской области характеризуются низкой (очень слабой) целлюлозолитической активностью (степень разложения полотна < 10 %), так как они бедны органическим веществом, азотом, подвижными формами фосфора и калия, а именно эти условия обуславливают высокую интенсивность разложения целлюлозы. Исследованные нами почвенные образцы парковых зон по большей части характеризуются слабой целлюлозолитической активностью (степень разложения полотна 10–30 %) (табл. 3), это может объясняться тем, что тяжелые металлы, присутствующие в почвах городских рекреационных территорий, как результат техногенного загрязнения, могут стимулировать целлюлозолитическую активность почвы, выступая в качестве микроэлементов. Исследования показали, что верхний слой почвы рекреационных территорий г. Владимира в большинстве случаев обладал более высокой целлюлозолитической активностью по сравнению с нижележащими слоями, в слое почвы 0–10 см наблюдалось разложение полосок неотбеленной льняной ткани на 20–30 % в половине проб, в слое 10–20 см в половине проб разложение ткани составляло 10–20 %, такие результаты мы связываем с тем, что верхние горизонты почвы содержат больше органического вещества в виде разлагающегося опада, а также в виде нефтяных углеводородов, попадающих в почву из выхлопов автотранспорта.

Наибольшая целлюлозолитическая активность была зафиксирована в парке «Добросельский», вероятно, в этих почвах складываются наиболее благоприятные для целлюлозоразлагающих микроорганизмов условия по обеспеченности азотом, подвижными формами фосфора и калия. Значительно подавленная целлюлозолитическая активность в почве бульвара (10–12 %), вероятно, связана с уплотнением поверхностного слоя (0–10 см) почвы из-за рекреационной нагрузки, тем более, что в нижележащем слое почвы данного участка разложение ткани составило 20–22 %. Многие исследователи рассматривают процесс распада клетчатки, осуществляемый микроорганизмами, как один из важнейших показателей плодородия почвы, определяющий уровень ее биогенности [6]. Целлюлоза является важным компонентом органического вещества, поэтому скорость разложения целлюлозы влияет на скорость разложения органики в почве в целом, что, в свою очередь, сказывается на состоянии зеленых насаждений.

### **Выводы**

1. Значения каталазной активности почвы природно-рекреационных территорий города соответствует таковым для незагрязненных почв области, что указывает на благоприятное состояние почвы для роста растений, а также свидетельствует об эффективности зеленых насаждений для защиты почвенного покрова урбанизированных территорий от загрязнений.
2. Почва рекреационных зон города характеризуется высокой интенсивностью процесса разложения мочевины, то есть высокой уреазной активностью, что свидетельствует о наличии значительной потенциальной самоочищающей способности у исследованной почвы.
3. Уровень целлюлозолитической активности почвы парковых территорий города более высокий по сравнению с фоновыми серыми лесными почвами области, что свидетельствует о запасе органического вещества в почве указанных зон и характеризует ее состояние как благоприятное.

### **Список литературы**

1. Аристовская Т.В. Экспресс-метод определения биологической активности почв / Т.В. Аристовская, М.В. Чугунова // Почвоведение. – 1989. – № 1. – С. 142-147.
2. Вяль Ю.А. Оценка биологической активности почв городских ландшафтов (на примере г. Заречный) / Ю.А. Вяль, А.В. Шиленков // Известия Пензенского государственного педагогического университета им. В.Г. Белинского. Естественные науки. – 2009. – № 14 (18). – С. 7-10.
3. Звягинцев Д. Г. Микроорганизмы и почва. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1987. – С. 21-22.

4. Илюшкина Л.Н. Биологическая активность почв урболандшафтов г. Ростова-на-Дону и г. Азова: Автореф. дисс. ... канд. биолог.наук. – Ростов-на-Дону, 2004. – 24 с.
5. Гусев М.В. Микробиология / М.В. Гусев, Л.А. Минеева: учебник для студ. биол. специальностей вузов. – 4-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 464 с.
6. Мукинина И.А. Влияние экологических факторов на биологическую активность серых лесных почв // Лесоведение. – 2005. – № 5. – С.41-45.
7. Капралова О.А. Влияние урбанизации на эколого-биологические свойства почв г. Ростова-на-Дону // Инженерный вестник Дона. – 2011. – Т. 18, № 4. – С. 326-331.
8. Строганова М.Н. Городские почвы: генезис, систематика и экологическое значение: Автореф. дисс. ... д-ра биолог.наук. – М., 1998. – 71 с.
9. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии. – М.: Наука, 1990. – 465 с.
10. Bahrapour T. Evaluation of soil biological activity after soil contaminating by crude oil / T. Bahrapour, V.S. Moghanlo // International Journal of Agriculture: Research and Review. – 2012. – Vol. 2 (6). – P. 671-679.

**Рецензенты:**

Каторгина Г.И., д.б.н., педагог-дефектолог, ГКУЗ ВО «Областная психиатрическая больница № 1», г. Владимир.

Зинченко С.И., д.с.-х.н., профессор, зав. отделом агрофизики почвы, ГНУ Владимирский НИИСХ, г. Владимир.