

В.Н. Стерник¹, В.И. Мельник²

¹преподаватель биологии Ровенского медицинского колледжа,
соискатель каф. биологии Ровенского государственного гуманитарного университета
²канд. геогр. наук, доц. каф. биологии

Ровенского государственного гуманитарного университета (Украина)

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА УРБОЭДАФОТОПОВ ГОРОДА РОВНО

Статья посвящена исследованию проблемы биологического мониторинга урбоэдафотопов города Ровно. Для комплексного мониторинга экологического состояния почвы территории города предложены показатели ранней диагностики негативных изменений свойств почвы, которые позволяют обнаружить неблагоприятные процессы на начальных стадиях их развития. Изучены целлюлозолитическая и каталазная активность почвы, локализация и видовая принадлежность дождевых червей (*Lumbricidae*) на 25 площадках города с различной степенью антропогенной нагрузки.

Исследованиями установлено, что в 76 % образцов степень обогащенности почвы территории города Ровно ферментом целлюлоза «очень бедная» с «очень слабой» и «слабой» интенсивностью процесса разложения целлюлозы. Слой почвы 0–20 см в 60% и слой 21–40 см в 76% беден на фермент каталазы и составляет не более 3,0 мг $O_2/g/min$. Показатели численности дождевых червей (*Lumbricidae*) в эдафотопях Ровно в расчете на 1 м² составляют в среднем 7,04 особи, биомасса – 2,34 г/м². Доминантным видом является *Aporrectodea caliginosa*, индекс доминирования которого составляет 58,5%.

Введение

Почва – индикатор многолетних природных процессов, и её состояние – это результат длительного воздействия разнообразных источников загрязнения. Комплексный характер деятельности человека в урбоэкосистемах проявляется набором множества факторов, где ведущим в формировании городских почв остается антропогенный [1]. Многочисленные исследования показали, что экологическое состояние городов определяется его географическим положением, численностью населения и наличием крупных промышленных предприятий [2].

Техногенные токсиканты, в первую очередь тяжёлые металлы, поступают в почву от стационарных и передвижных источников загрязнения и способствуют аккумуляции в городских почвах. Аномальные зоны содержания металлов в почвах служат индикаторами техногенного загрязнения и представляют опасность для флоры, фауны и человека [3].

Почвенные урбоэкосистемы подвергаются существенным преобразованиям, которые выражаются в изменении биологической активности почвы [4]. Для предотвращения развития негативных явлений в почвенном покрове рекомендуется использовать биодиагностику почв, основным заданием которой является определение даже незначительных негативных изменений экологического состояния педосферы вследствие антропогенного воздействия [5, с. 21, 33, 136, 156].

Исследование активности почвенных ферментов используется в качестве диагностического показателя почвенного плодородия и открывает широкий спектр процессов, которые формируются в почве, а источником почвенных ферментов являются растения, микроорганизмы, фауна почвы [5, с. 136, 156].

При оценке биологической активности почв определяется её ферментативная активность, так как микроорганизмы почвы являются активными продуцентами ферментов – катализаторов белковой природы. Наиболее показательными в почве являются ферменты класса оксидоредуктаз, которые катализируют окислительно-восстановительные реакции. Широко распространенный фермент этого класса – каталаза, которая наиболее чувствительна к изменению условий почвенной среды [5, с. 136].

Процессы разложения и гумификации в почве происходят в результате деятельности почвенных микроорганизмов и беспозвоночных животных, которые обеспечивают преобразования органического вещества отмирающих растений, поэтому исследования процесса биodeградации целлюлозосодержащих остатков в почвах города заслуживают внимания [5, с. 156; 6, с. 11].

Не менее важным аспектом биологической индикации почв является определение видового разнообразия почвенных организмов, поскольку снижение биоразнообразия биоты приводит к нарушению естественных природных механизмов, определяющих устойчивость и продуктивность почвенных систем [7].

Цель представленной статьи – оценить биологическую активность почвы урбоэкосистемы города Ровно на основании оперативных мониторинговых исследований методами биологической диагностики.

Для достижения поставленной цели было предусмотрено решение следующих задач:

- 1) провести отбор образцов почвы на площадках с различным антропогенным воздействием на территории г. Ровно;
- 2) определить целлюлозолитическую и каталазную активности почвы;
- 3) определить видовой состав и возрастную структуру дождевых червей в отобранных образцах почвы;
- 4) оценить биологическую активность почвы исследуемой территории г. Ровно.

Объекты и методы исследования

В основу этой работы положен анализ собственных данных, полученных в результате комплексного мониторингового исследования. Объектом исследования были урбоэдафотопы Ровно. Образцы почвы отбирали в июне – июле 2014–2015 гг. Условно фоновой территорией при исследованиях была принята рекреационная территория города Ровно, а именно зона тихого отдыха парка имени Т.Г. Шевченко. Исследования проведены на 25 площадках территории города, которые объединены в пять тест-полигонов по пять площадок в каждом полигоне с разной антропогенной нагрузкой [8].

Для комплексного мониторинга экологического состояния почвы г. Ровно нами предложены показатели ранней диагностики негативных изменений свойств почвы, которые позволяют обнаружить неблагоприятные процессы на начальных стадиях их развития. Это, прежде всего, показатели биологической активности почвы: целлюлозолитическая активность, активность каталазы, морфометрические показатели дождевых червей, которые в мониторинговых исследованиях почв дополняют друг друга. Целлюлозолитическая и каталазная активность почвы определены по типовой методике [9]. Все исследования повторялись три раза.

Анализ полученных данных и оценку их достоверности осуществляли методом математической статистики с использованием современных компьютерных программ. Для проверки допустимых значений погрешностей опыта нами был применен t-критерий Стьюдента.

Результаты исследований

Ранняя индикация на уровне биохимических и физиологических реакций основана на изменении активности ферментов. Активность почвенных ферментов определяется комплексом факторов: температурой, реакцией почвенного раствора, особенностями органического субстрата, гетерогенностью почв и пр. Элементы, условно относящиеся к группе тяжелых металлов, чаще всего выступают в качестве ингибиторов ферментов [10], поэтому активность почвенных ферментов является наиболее информативным показателем антропогенной трансформации почвенно-биотического комплекса

в условиях урбопедогенеза. Наиболее распространенным показателем биологической активности почвы является ее целлюлозолитическая активность, которая характеризует суммарную активность почвенных микроорганизмов, принимающих участие в разложении органических соединений.

Ежегодно в почву поступают растительные остатки, которые на 40–70% состоят из целлюлозы. Под действием ферментов целлюлозоразлагающих микроорганизмов осуществляется минерализация клетчатки растительных остатков, тем самым обеспечивается одно из необходимых звеньев круговорота веществ в биосфере. Интенсивность разложения клетчатки является универсальным прямым показателем деятельности почвенных организмов и используется как один из индикаторов общей биологической активности почвы. Размер разложения ткани больше в почве с высокой степенью плодородия и малым количеством загрязнителей. Целлюлозолитическая активность почвы участков исследования представлена в таблице 1.

Таблица 1. – Ферментативная активность почвы территории г. Ровно

№ участка	Целлюлозолитическая активность, %		Каталазная активность, мг O ₂ /г/мин		
	M±m /30 дней	Степень обогащенности почвы ферментом	Слой почвы, см	Средняя активность	Степень обогащенности почвы ферментом
1	9,7 ± 2,03	Очень бедная	0–20 21–40	1,60 ± 0,20 1,27 ± 0,31	Бедная Бедная
2	12,4 ± 0,92	Очень бедная	0–20 21–40	4,17 ± 0,06 3,53 ± 0,06	Средняя Средняя
3	22,23 ± 0,40	Очень бедная	0–20 21–40	3,63 ± 0,29 2,53 ± 0,06	Средняя Бедная
4	22,57 ± 2,42	Очень бедная	0–20 21–40	2,37 ± 0,21 2,00 ± 0,00	Бедная Бедная
5	8,37 ± 0,8	Очень бедная	0–20 21–40	1,33 ± 0,14 0,93 ± 0,01	Бедная Очень бедная
6	7,3 ± 0,66	Очень бедная	0–20 21–40	1,67 ± 0,23 1,63 ± 0,06	Бедная Бедная
7	31,6 ± 1,74	Бедная	0–20 21–40	5,63 ± 0,21 4,17 ± 0,06	Средняя Средняя
8	19,97 ± 1,29	Очень бедная	0–20 21–40	2,07 ± 0,06 1,73 ± 0,15	Бедная Бедная
9	25,93 ± 2,0	Очень бедная	0–20 21–40	4,7 ± 0,46 2,9 ± 0,36	Средняя Бедная
10	31,87 ± 2,47	Бедная	0–20 21–40	1,53 ± 0,06 1,67 ± 0,23	Бедная Бедная
11	6,87 ± 0,85	Очень бедная	0–20 21–40	2,63 ± 0,06 4,23 ± 0,06	Бедная Средняя
12	27,23 ± 2,17	Очень бедная	0–20 21–40	4,93 ± 0,61 3,37 ± 0,06	Средняя Средняя
13	9,73 ± 0,51	Очень бедная	0–20 21–40	1,67 ± 0,23 2,07 ± 0,06	Бедная Бедная
14	34,87 ± 2,1	Бедная	0–20 21–40	2,53 ± 0,06 2,07 ± 0,06	Бедная Бедная
15	7,97 ± 1,2	Очень бедная	0–20 21–40	2,43 ± 0,15 1,93 ± 0,11	Бедная Бедная
16	12,6 ± 0,7	Очень бедная	0–20 21–40	1,33 ± 0,49 1,0 ± 0,20	Бедная Бедная

Окончание таблицы 1

17	11,27 ± 1,33	Очень бедная	0–20 21–40	3,30 ± 0,03 2,43 ± 0,15	Средняя Бедная
18	7,97 ± 1,2	Очень бедная	0–20 21–40	1,57 ± 0,06 1,67 ± 0,23	Бедная Бедная
19	45,8 ± 5,67*	Средняя	0–20 21–40	4,27 ± 0,70 1,90 ± 0,12	Средняя Бедная
20	12,47 ± 1,02	Очень бедная	0–20 21–40	2,27 ± 0,35 2,00 ± 0,00	Бедная Бедная
21	28,03 ± 4,24	Очень бедная	0–20 21–40	3,3 ± 0,03 2,43 ± 0,15	Средняя Бедная
22	42,6 ± 1,2	Средняя	0–20 21–40	6,07 ± 0,25 3,93 ± 0,16	Средняя Средняя
23	15,57 ± 1,35	Очень бедная	0–20 21–40	1,97 ± 0,15 1,63 ± 0,06	Бедная Бедная
24	32,13 ± 2,47	Бедная	0–20 21–40	3,10 ± 0,30 1,57 ± 0,06	Средняя Бедная
25	14,47 ± 0,9	Очень бедная	0–20 21–40	1,37 ± 0,15 1,7 ± 0,10	Бедная Бедная

Примечание: * – статистически недостоверный результат

Исследованиями установлено, что в 76% степень обогащенности почвы территории г. Ровно ферментом целлюлоза «очень бедная» с «очень слабой» и «слабой» интенсивностью процесса разложения целлюлозы. Так, в 28% исследуемых проб интенсивность разложения целлюлозы определена как «очень слабая», в 48% – «слабая» и в 24% – «средняя». На фоновом участке территории парка Т.Г. Шевченко целлюлозолитическая активность составляла $42,6 \pm 1,2\%$ и характеризовалась «средней обогащенностью» ферментом. Следует отметить, что для проверки объективности исследований по определению целлюлозной активности были отобраны образцы почвы с удобренной грядки жилого сектора, а полученный результат 45,8% не был учтен в последующих расчетах как статистически недостоверный результат. Превышение фонового значения этого показателя вполне закономерно в связи с регулярным удобрением почвы на данном участке.

Весьма информативными являются результаты активности почвенной каталазы различных участков исследования (таблица 1). Так, каталазная активность в слое почвы 0–20 см на территории г. Ровно в основном (60%) составляет от $1,33 \pm 0,14$ мг О₂/г/мин. до $2,63 \pm 0,06$ мг О₂/г/мин., степень обогащения почвы ферментом «бедная», а в 40% – «средняя».

В слое почвы 21–40 см только на отдельных участках (20%) определена средняя степень обогащения почвы ферментом каталазы в пределах $3,37 \pm 0,06$ мг О₂/г/мин – $4,23 \pm 0,61$ мг О₂/г/мин. Слой почвы 21–40 см в основном беден ферментом каталазы и в 76% составляет не более 3,0 мг О₂/г/мин. На территории железобетонного завода среднее значение каталазной активности составляет $8,37 \pm 0,80$ мг О₂/г/мин., а степень обогащения почвы ферментом «очень бедная».

Полученные результаты обработаны статистически на 5%-ном уровне значимости. Разница основной и контрольной группы показателей составила 2,776 и статистически достоверная при значении погрешности не более 5% ($P \leq 0,05$).

При длительном антропогенном воздействии наблюдается глубокая деградация почвенного биоценоза. Индикационными признаками являются: снижение общей биомассы и видового разнообразия почвенного покрова. Почвенные животные способны оказывать влияние на миграцию и аккумуляцию микроэлементов в почве.

Дождевой червь является важнейшим представителем макрофауны, принимает самое активное участие в процессах почвообразования, восстановления плодородия почвы и является классическим биоиндикатором почвенного загрязнения. Для определения состояния биологического разнообразия почв г. Ровно был предложен индикатор «численность дождевых червей, их морфометрические данные».

Результатами исследований установлено, что показатели численности дождевых червей (Lumbricidae) в эдафотопях Ровно в расчете на 1 м² составляют в среднем 7,04 особи, биомасса – 2,34 г/м². Доминантным видом является *Aporrectodea caliginosa*, индекс доминирования которого составляет 58,5%, и *Aporrectodea rosea* – 34,1% (таблица 2). Наименьший индекс доминирования 2,8% имеют виды, которые принадлежат к подстилочным видам. Вид *Eisenia fetida* найден единично в санитарно-защитной зоне льнокомбината, где многолетние заросли и постоянно большое количество опавших листьев и растительных остатков.

Нами был проведен анализ возрастной структуры дождевых червей исследуемой урбоэкосистемы. Установлено, что в собранном материале половозрелых особей – 61,9%, ювенильных особей – 38,1% (таблица 2). Приспособление дождевых червей на разных стадиях их развития обеспечивает видовую целостность и сохранение грунтовой биоты.

Таблица 2. – Видовое многообразие дождевых червей на территории урбоэкосистемы Ровно

Виды дождевых червей	Количество на исследуемых тест-полигонах, шт				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
<i>Aporrectodea caliginosa</i>	21	26	19	10	27
<i>Aporrectodea rosea</i>	8	14	6	11	21
<i>Lumbricus terrestris</i>	–	2	–	2	4
<i>Lumbricus castaneus</i>	4	–	–	–	–
<i>Eisenia fetida</i>	1	–	–	–	–
Половозрелые	6	8	12	17	24
Ювенильные	28	34	13	6	28

Результаты исследований свидетельствуют о низкой биологической активности почвы на территории урбоэкосистемы г. Ровно.

Заклучение

Биологическая диагностика почвы является важной составляющей мониторинга земельных ресурсов, а внедрение в исследования биологических индикаторов почвы – важное условие совершенствования системы мониторинга и оценки состояния почвы.

Впервые осуществлено комплексное обследование почвы территории города Ровно, а полученные результаты мониторинговых исследований являются основой для формирования банка данных, необходимых для разработки экологических карт по показателям, которые характеризуют загрязнение почвенного покрова города.

Результаты мониторинга позволят оценить экологические риски для биоты и человека, дадут возможность на научной основе осуществлять экологическое и социальное управление территорией г. Ровно и будут способствовать постепенному переходу к устойчивому развитию отдельных регионов и государства в целом.

Результаты являются теоретической основой для разработки и внедрения экологически эффективных природоохранных мероприятий, дополнения к Региональной программе развития земельных отношений в городе Ровно на 2016–2025 гг.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Криштоп, Є. А. Міські ґрунти як невідємний елемент урбанізованих і техногенно забруднених територій / Є. А. Криштоп, В. В. Волощенко // Вісн. Харків. нац. аграр. ун-ту ім. В. В. Докучаєва. – 2013. – № 2 «Екологія ґрунтів». – С. 201.
2. Ёркина, Н. В. Почвы как репрезентативный компонент экологического мониторинга урбосистемы / Н. В. Ёркина // Биол. вестн. Мелитопол. гос. пед. ун-та им. Б. Хмельницкого. – 2011. – Т. 1, № 3. – С. 8.
3. Ачасова, А. Просторова неоднорідність вмісту важких металів у ґрунті / А. Ачасова // Вісн. аграр. науки. – 2003. – № 3. – С. 78.
4. Абрамян, С. А. Изменение ферментативной активности почв под влиянием естественных и антропогенных факторов // Почвоведение. – 1992. – № 7. – С. 70–82.
5. Казеев, К. Ш. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований / К. Ш. Казеев, С. И. Колесников, В. Ф. Вальков. – Ростов н/Д : Изд-во РГУ, 2003. – 204 с.
6. Пряженникова, О. Г. Целлюлозолитическая активность почв в условиях городской среды / О. Г. Пряженникова. – Вестн. КемГУ. – 2011. – № 3(47) – С. 11.
7. Іванців, В. В. Біорізноманіття олігохет в ґрунтах західних областей України / В. В. Іванців, Л. В. Бусленко // Наук. вісн. Волин. держ. ун-ту ім. Лесі Українки. – 2004. – № 1. – С. 53–55.
8. Методичні рекомендації «Обстеження та районування території за ступенем впливу антропогенних чинників на стан об'єктів довкілля з використанням цитогенетичних методів» : наказ МОЗ України, 13.03.2007, № 116.
9. Федорец, Н. Г. Методика исследования почв урбанизированных территорий / Н. Г. Федорец, М. В. Медведева. – Петрозаводск : Карел. науч. центр РАН, 2009. – С. 70–74.
10. Жук, Е. А. Особенности распределения тяжелых металлов в верхнем горизонте городских почв / Е. А. Жук // Минералог. журн. – 2004. – Вып. 26, № 2. – С. 61–66.

Рукапіс паступіў у редакцыю 13.07.2016

Sternik V.N., Melnik V.I. Biological Diagnosis of Urboedafotopons of the City of Rovno

The biological activity of soils is a key indicator of early diagnosis of its ecological status and the study of enzymatic activity of soil used as diagnostic indicators. Catalase and cellulolytic activity of soil, location and species belonging of earthworms (Lumbricidae) at 25 enues in the city were studied with varying degrees of anthropogenic load. The presented results show a low content of cellulose and catalase enzymes in the researched soil. Reduction of total biomass and species diversity of earthworms – representatives of macrofauna and classical bio-indicators, indicate a considerable contamination of the city soil.