

**АЭРОТЕХНОГЕННОЕ ИЗМЕНЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
ПОВЕРХНОСТНОГО ГОРИЗОНТА ПОЧВ – ОСНОВНОГО МЕСТА
СУЩЕСТВОВАНИЯ ПОЧВЕННЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ
(НА ПРИМЕРЕ УРБОУКОСИСТЕМ г. МАРИУПОЛЯ)**

Мелітопольський державний педагогічний університет ім. Б. Хмельницького

Представлены результаты изучения некоторых химических показателей урбанизированных почв Мариуполя. Проанализированы изменение показателей рН, содержание гумуса и тяжелых металлов в сравнении с зональными почвами фоновых территорий в связи с возможными изменениями видового состава и структуры группировок почвенных водорослей, для которых верхние горизонты почвы являются основным местом существования.

Ключевые слова: урбоекосистема, почва, рН, гумус, тяжелые металлы.

О. Г. Шеховцева, И. А. Мальцева

Мелітопольський державний педагогічний університет ім. Б. Хмельницького

**АЕРОТЕХНОГЕННИ ЗМІНИ ХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПОВЕРХНЕВОГО ГОРИЗОНТУ
ГРУНТІВ – ОСНОВНОГО МІСЦЯ ІСНУВАННЯ ГРУНТОВИХ ВОДОРΟΣТЕЙ
(НА ПРИКЛАДІ УРБОУКОСИСТЕМ м. МАРИУПОЛЯ)**

Представлені результати вивчення деяких хімічних показників урбанізованих ґрунтів Маріуполя. Проаналізовані зміни показників рН, вмісту гумусу та важких металів у порівнянні із зональними ґрунтами фонових територій у зв'язку з можливими змінами видового складу і структури угруповань ґрунтових водорослей, для яких поверхневі горизонти ґрунту є основним місцем існування.

Ключові слова: урбоекосистема, ґрунти, рН, гумус, важкі метали.

O. G. Shekhovtseva, I. A. Maltseva

Melitopol State Pedagogical B. Khmelnytsky University

**AEROTECHNOGENIC CHANGE OF CHEMICAL INDICATORS OF SUPERFICIAL HORIZON
OF SOILS – THE BASIC PLACE OF EXISTENCE OF SOIL ALGAE
(BY EXAMPLE OF URBANIZED ECOSYSTEMS OF MARIUPOL)**

The results of studying of some chemical indicators of the urbanized soils of Mariupol are presented. The alteration of pH, humus and heavy metals content have been analysed in comparison with zonal soils of background areas in connection with possible changes of species composition and structure of groupings of soil algae for which the top horizons of soil are the main place for existence.

Key words: urbanized ecosystem, soil, pH, humus, heavy metals.

Урбанизируемые территории отличаются своеобразием основных экологических факторов, а также специфическим техногенным воздействием на них. Это дает основание экологам рассматривать город как особый тип экосистем, при этом почва является экологически связуемым звеном.

Современная урбоекосистема, как правило, характеризуется высоким уровнем загрязнения, связанным с интенсивным развитием промышленности. Несмотря на спад производства, в результате которого общее количество выбросов существенно уменьшилось, нагрузка на биосферу по-прежнему остаётся катастрофичной (Гютюник, 2000).

Интенсивное многофакторное антропогенное влияние на окружающую природную среду обуславливает большие объёмы рассеивания многих химических элементов, вызывает накопление в окружающей среде поллютантов, в том числе тяжелых металлов (ТМ), в несвойственных природе сочетаниях.

В пределах Донецкого Приазовья город Мариуполь занимает первое место по выбросам поллютантов в атмосферный воздух. По данным центральной геофизической обсерватории г. Киева за 2008 год средний показатель индекса загрязнения атмосферы г. Мариуполя соответствовал 17, когда средний бал по Украине – 8,7. Общая эмиссия выбросов в атмосферу города согласно данным Госкомстат, начиная с 2000 г. и по настоящее время, в среднем ежегодно составляет 404 тыс. т (Зубков, 2001).

Учеными активно проводится детальное изучение накопления ТМ в почвенном покрове различных урбанизированных территорий Украины, России и дальнего зарубежья, так как антропогенные потоки вещества приводят к трансформации почв, снижению экологического потенциала ландшафта в целом (Грищенко, 2001; Майнулов, 2001; Мирзак, 2001; Хассан Эльшейх, 2005; Хакимов, 2006 и др.).

Включаясь в природные циклы миграции, антропогенные потоки приводят к быстрому распространению загрязняющих веществ в природных компонентах городского ландшафта (Мирзак, 2001), и захватывают участки еще оставшихся эталонных территорий (Моргун, 2002).

Специфика состава и количества аэрогенного загрязнения на фоне конкретных почвенно-климатических условий приводит к развитию геохимических аномалий, которые, в свою очередь, приводят к изменению видового состава и функционирования эдафона. Особую группу среди организмов, населяющих почву, представляют водоросли, большинство из которых способны к фотосинтезу, а некоторые – к азотфиксации. Почвенные водоросли играют важную роль в большинстве физико-химических и биологических процессов почв, основными из которых являются: накопление органического вещества и азота, перераспределение, аккумуляция и круговорот элементов. Также они чутко реагируют на изменение экологических условий, что широко используется для биодиагностики почв. Поэтому в настоящий период изучение изменений основных химических показателей поверхностных слоев почв (рН, содержания гумуса, тяжелых металлов) в промышленных центрах в сравнении с зональными почвами фоновых территорий является актуальным для выяснения их возможного влияния на видовое разнообразие и структуру группировок почвенных водорослей.

ОБЪЕКТ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В настоящей работе в качестве объектов исследований представлены почвы природных ландшафтов для получения фоновых данных в процессе их мониторинга и почвы урбоэкосистем г. Мариуполя.

Природные ландшафты Донецкого Приазовья формируются на черноземах обыкновенных, механический состав которых, в основном, суглинистый и тяжело-суглинистый (Почвенно-биогеоценологические исследования..., 1976). Исследования проводили: 1) в искусственных насаждениях дуба черешчатого в Азовском лесничестве «Азовская дача» (1); 2) в степном биогеоценозе Украинского степного природного заповедника «Каменные могилы» (2).

В работе были исследованы почвы различных зон урбанизированных ландшафтов промышленного комплекса г. Мариуполя:

1) санитарно-защитная зона металлургического комбината «Азовсталь» (3);

2) санитарно-защитная зона промышленного узла «Азовмаш» (4);

3) природно-рекреационная зона парка культуры и отдыха «Азовмаш» (5);

4) природно-рекреационная парковая зона возле стадиона «Азовец» (6);

5) селитебная зона ул. Ленина центральной части города (7);

6) селитебная зона пер. Доменный, район металлургического комбината им. Ильича (8);

7) вдоль трассы Володарского шоссе при выезде из города (9).

Точечные пробы отбирали на пробной площадке методом конверта по радиусу от источника загрязнения с учетом господствующих восточных ветров, на глубине 0–5 и 5–10 см. Материалом для работы послужили результаты исследований 162 усредненных почвенных образцов, собранных за период 2008–2009 гг.

Определили: *pH* водной вытяжки – потенциометрическим методом; общий азот – методом Кьельдаля в модификации ЦИНАО; гумус – мокрым сжиганием по Тюрину (Аринушкина, 1970).

Содержание свинца и меди определяли методом потенциометрического инверсионного анализа ТМ в почве. Подготовка проб проводилась путем мокрой минерализации. Полученные данные обрабатывались с применением статистических методов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено, что количественный состав гумуса в исследуемых почвах соответствует географической зональности (Почвенно-биогеоценологические исследования..., 1976). Во всех пробах можно наблюдать тенденцию постепенного уменьшения с глубиной количества гумуса, независимо от урбанизированных зон или фоновых (табл. 1).

Общее содержание азота в почвах изменялось параллельно содержанию гумуса. Показатели гумуса на пробных площадках антропогенно преобразованных почв в слое 0–5 см варьируют от 4,82 % до 5,2 %, в лесном заказнике соответствуют 5,4 %, а в почвах степного заповедника – 4,52 %.

Таблица 1

Некоторые усредненные химические показатели (зима, весна 2008–2009гг.) зональных почв и почв г. Мариуполя

Показатель	Глубина, см	Урбанизированные почвы				Зональные (фоновые) почвы	
		Санитарно-защитная зона	Ландшафтно-рекреационная зона	Селитебная зона	Трасса	Лесной заказник	Степной заповедник
Гумус, %	0-5	5,06	4,82	4,99	5,2	5,4	4,52
	5-10	4,96	4,72	4,47	4,94	4,94	4,2
Общий азот, %	0-5	0,25	0,24	0,25	0,26	0,27	0,22
	5-10	0,24	0,23	0,22	0,24	0,24	0,20
<i>pH</i>	0-5	8,05	8,00	8,14	8,01	6,41	7,12
		7,69*	7,41*	7,57*	7,36*	6,04*	7,05*
	5-10	8,13	8,23	8,25	8,22	6,11	7,18

Примечание. * – данные исследований, проведенных в зимний период.

Важной характеристикой почвы, которая во многом определяет соотношение разных форм ионов в растворе, является активная концентрация ионов водорода (*pH*). Анализ полученных данных показал, что реакция почвенного раствора в весенний период (апрель, май) в почвах лесничества – слабокислая (*pH* – 6,11–6,41), в почвах степного заповедника – нейтральная (*pH* 7,12–7,18).

На урбанизированной территории *pH* почвы лежит в узком щелочном диапазоне: 8,0–8,14 – в слое 0–5 см и 8,13–8,25 в слое 5–10 см. В зимний период (январь) наблюдается подкисление и показатели *pH* смещаются в нейтрально-щелочной диапазон: от 7,63 до 7,69. Если сравнивать данные *pH* городских почв по городским зонам, то наибольшее подщелачивание сохраняется в селитебной и санитарно-защитной зоне, как в зимний, так и в весенний периоды (табл.1).

С возрастанием глубины *pH* сравниваемых почв колеблется в сторону увеличения: в эталонных почвах верхнего слоя – 6,41–7,12, более глубоких – 6,11–7,18; в городских почвах и вдоль трассы – в пределах 8,0–8,14, а глубже – 8,13–8,25.

Как отмечено некоторыми авторами (Хакимов, 2006), для городских почв характерны изменения значений *pH* в сторону подщелачивания, что подтверждается и нашими исследованиями. Во всех зонах города в почвах обнаружено значительное повышение значений *pH* относительно фоновых.

Считается, что смещение значений *pH* в щелочной диапазон в городских почвах происходит под влиянием перемещения пылевого аэрозоля атмосферных масс, что соответствует известным в научной литературе исследованиям аэрогенного влияния на химические показатели почв (Глазовская, 1997; Хассан Эльшейх, 2005).

Известно, что техногенное подщелачивание почв снижает подвижность большинства тяжелых металлов, их доступность растениям и поступление в грунтовые воды (Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989), следовательно, уменьшает их токсичность, выступая механизмом устойчивости городской экосистемы, тем самым компенсируя негативные для биоты процессы урбаногеоза.

Для изучения динамики содержания ТМ в почвах выбраны свинец и медь. Свинец (Pb) – приоритетный элемент-токсикант I класса опасности, все его растворимые соединения ядовиты для микроорганизмов, растений, животных и людей. Медь (Cu) относится ко II классу опасности, ее соли очень токсичны для почвенной микрофлоры, а высокие концентрации понижают ферментативную активность почв, снижают уровень азотфиксации и дыхания почв, а также ведут к перестройкам в микробных сообществах (Звягинцев, 2005).

Количественные данные по накоплению ТМ в почвах г. Мариуполя позволили установить (табл. 2), что содержание Pb по средним и минимальным величинам ниже предельно допустимых концентраций (ПДК), но в санитарно-защитной (3) и ландшафтно-рекреационной (6) зонах максимальное валовое значение этого элемента в почве составило 73,92 мг/кг (2,31 ПДК) и 39,62 мг/кг (1,24 ПДК) соответственно, что превышает общесанитарные показатели.

Таблица 2

Концентрация свинца и меди (мг/кг) в зональных почвах и почвах г. Мариуполя

Показатель	Глубина, см	Концентрация, мг/кг	Зональные (фоновые) почвы		Урбанизированные почвы						
			Лесной заказник	Степной заповедник	Санитарно-защитная зона		Ландшафтно-рекреационная зона		Селитебная зона		Трасса
					3	4	5	6	7	8	
1	2	3	4	5	6	7	8	9			
Медь	0-5	min	2,41	2,55	2,82	2,83	1,85	2,88	2,16	2,4	2,72
		max	4,08	2,64	2,88	4,32	2,16	3,57	3,21	3,12	5,76
		Хср	3,25	2,60	2,85	3,56	2,01	3,23	2,69	2,76	4,24
	5-10	min	2,64	1,58	2,64	3,89	1,61	2,64	1,61	1,58	2,64
		max	3,83	1,61	2,8	4,08	2,88	2,72	2,86	2,41	3,21
		Хср	3,24	1,60	2,72	3,99	2,25	2,68	2,24	2,00	2,93
Свинец	0-5	min	7,85	нчм*	20,79	нчм*	25,00	нчм	нчм	нчм	18,49
		max	13,2	3,96	29,09	23,78	26,42	15,84	21,14	23,78	21,12
		Хср	10,5	1,98	24,94	11,89	25,71	7,92	10,57	11,79	19,81
	5-10	Min	10,56	5,28	42,25	26,42	21,14	36,96	21,44	нчм	8,05
		max	12,91	7,09	73,92	26,64	22,44	39,62	29,06	25,59	15,84
		Хср	11,74	6,19	58,09	26,53	21,79	38,29	25,25	12,80	11,95

Примечание. нчм* – ниже чувствительности метода 0,05 мг/кг

Сравнивая полученные данные концентрации Pb с региональными кларками (Фоновий вміст..., 2003) можно сделать вывод, что во всех почвах урбанизированных территорий г. Мариуполя наблюдается превышение содержания этого элемента. Наибольшие показатели констатируются на участках, расположенных в западной

части города (превышение фоновых в 6,2 раза). Это связано с рельефом местности и розой ветров. Рельеф и наличие постоянных ветров обеспечивают хорошую проветриваемость территории города и рассеивание пылегазовых выбросов. Учитывая преобладание восточных ветров, следует отметить, что аэрогенное облако поллютантов перемещается в западном направлении.

В целом изменения концентраций Pb по отношению к горизонтам почв свидетельствуют, что более высокие цифры можно наблюдать в образцах почв, взятых с глубины 5–10 см. Вдоль трассы Pb больше аккумулируется в верхнем гумусовом горизонте.

Максимальные значения концентрации Cu, превышающие ПДК, присутствуют в различных зонах почв урболандшафтов: санитарно-защитной (4,32 мг/кг), ландшафтно-рекреационной (3,57 мг/кг), селитебной (3,21 мг/кг) зонах, также вдоль трассы (5,76 мг/кг) и в лесном заказнике, как в горизонте 0–5 см (1,4 ПДК), так и в более глубоком слое 5–10 см (1,3 ПДК).

На основе полученных данных (табл. 2) и известных сведений в научной литературе (Волкова, 2005; Грищенко, 2001) по количеству валовых форм Pb и Cu в почвах г. Мариуполя и Володарского района на протяжении более 40 лет фиксируется постоянное превышение общесанитарных показателей обоих металлов.

ВЫВОДЫ

1. Обеспеченность по гумусу на исследуемых участках почв соответствуют географической зональности. С глубиной количество гумуса постепенно уменьшается как в техногенных зонах, так и в фоновых.

2. В зимний период pH урбанизированных почв соответствует нейтрально-щелочному, а в весенний – узко-щелочному диапазону. В сравнении с эталонными территориями для урбанизированных почв г. Мариуполя характерны изменения pH в сторону подщелачивания, которые на глубине 5–10 см становятся более выраженными.

3. В результате исследования содержания ТМ в урболандшафтах г. Мариуполя было выявлено увеличение содержания валовых форм свинца и меди по сравнению с зональными почвами. Особенно загрязнению подвержены почвы, расположенные в западной части города, где выделены урболандшафты со слабой степенью загрязнения.

4. По результатам исследований можно судить о неоднородном характере накопления исследуемых ТМ в почвах различных зон городских ландшафтов. Согласно полученным данным, почвы санитарно-защитной зоны г. Мариуполя часто характеризуются повышенными концентрациями свинца и меди в сравнении с рекреационной и селитебной зонами.

5. Аэротехногенные изменения химических показателей поверхностных горизонтов почвы урбоэкосистем создают качественно новые условия существования почвенных организмов, в том числе водорослей, что требует проведения мониторинговых альгоэкологических исследований почв промышленных центров.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв / Е. В. Аринушкина. – М. : МГУ, 1970. – 487 с.

Волкова Т. П. Эколого-геологическая характеристика особенности накопления химических элементов в почвах Приазовья / Т. П. Волкова, Ю. С. Попова, А. А. Омельченко // Наукові праці Донецького національного технічного університету / Редкол. : Є. О. Башков та ін. – Донецьк : ДонНТУ, 2005. – С. 84-91.

Грищенко С. В. Комплексная гигиеническая оценка загрязнения почв населенных мест Донецкой области / С. В. Грищенко, Н. Г. Степанова, В. П. Коровина и др. // Весник гігієни і епідеміології. – 2001. – Т. 5, № 2. – С. 168-171.

Звягинцев Д. Г. Биология почв: Учебник / Д. Г. Звягинцев, И. П. Бабьева, Г. М. Зенова. – М. : МГУ, 2005. – 445 с.

Зубков Р. М. Экологическая обстановка в Донецкой области / Р. М. Зубков, Е. С. Матлак // Одесский гидрометеорологический институт. Материалы III Всеукраинской научной студенческой конференции «Экологические проблемы регионов» (г. Одесса, 25–26 апреля 2001 г.) – С. 30-32.

- Кабата-Пендиас А.** Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – М. : Мир, 1989. – 439 с.
- Кундиев Ю. И.** Химическая опасность в Украине и меры по ее предупреждению / Ю. И. Кундиев, И. М. Трахтенберг // Журнал АМН України. – 2004. – Т. 10, № 2, – С. 259-267.
- Майнулов В. Г.** Гигиеническая оценка техногенного загрязнения почвы Санкт-Петербурга тяжелыми металлами / В. Г. Майнулов, К. Б. Фридман, И. М. Бек и др. // Вестник С.-Петербургской ГосМедАкадемии. – 2001. – № 1 (2). – С. 66-69.
- Мірзак О. В.** Досвід дослідження ґрунтів великих промислових центрів степової зони України (на прикладі м. Дніпропетровська) / О. В. Мірзак // Ґрунтознавство. – 2001. – Т. 1, № 1-2. – С. 87-92.
- Моргун Є. М.** Динамика рухомих форм важких металів в ґрунтах біосферного заповідника «Асканія-Нова» / Є. М. Моргун // Збірник наукових праць Інституту землеробства УААН. – К. : Фітосоціоцентр, 2002. – С. 40.
- Почвенно-биогеоценологические исследования в Приазовье.** – М. : Наука. – 1976. – 2. – С. 133-169.
- Тютюник Ю. Г.** Техногенне забруднення міських ґрунтів України / Ю. Г. Тютюник, Б. А. Горлицкий // Доповіді НАН України. – 2000. – Т. 6, № 6. – С. 208-211.
- Фоновий вміст мікроелементів в ґрунтах України** / А. І. Фатєєв, Я. В. Пащенко, С. А. Балюк та ін. / За ред. А. І. Фатєєва, Я. В. Пащенко. – Х. : УААН, 2003. – 120 с.
- Хакимов Ф. И.** Почвы промышленного города: Трансформация и загрязнение / Ф. И. Хакимов, Н. Ф. Деева, А. О. Ильина // Экология та ноосферология. – 2006. – Т. 17, № 1-2. – С. 24-40.
- Хассан Эльшейх Т.А., Черных Н.А.** Уровни содержания тяжелых металлов в почвенном покрове Республики Судан / Т. А. Хассан Эльшейх, Н. А. Черных // Актуальные проблемы экологии и природопользования. – М. : РУДН, 2005. – Вып. 7. – С. 281-284.

Надійшла до редколегії 24.03.10