

ЭКОЛОГИЯ

УДК [502.175:911.375]:[582.29+594.141+595]

**ВЛИЯНИЕ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ УРБОСРЕДЫ
НА ПОКАЗАТЕЛИ ЖИЗНЕННОСТИ ГОРОДСКОЙ БИОТЫ
(ПРЕСНОВОДНОЙ МАЛАКОФАУНЫ, ПОЧВЕННОЙ МЕЗОФАУНЫ,
ЭПИФИТНОЙ ЛИХЕНОФЛОРЫ)****Н.В. Ёркина**

*Мелитопольский государственный педагогический университет имени Б. Хмельницкого;
72312, Запорожская обл., г. Мелитополь, ул. Ленина, д. 20
e-mail: nadeen777@mail.ru*

В статье представлены результаты эколого-химической и биоиндикационной оценки урбоэкосистемы промышленного города юга Украины. Проанализирована динамика физико-химических параметров почв, поверхностных вод и атмосферного воздуха в различных функциональных зонах города. Определены комплексные индексы загрязнения компонентов окружающей среды. Проведена биоиндикационная оценка экологического состояния территории урбоэкосистемы по показателям жизненности эпифитной лишайной флоры, почвенной мезофауны и пресноводной малакофауны. На основе показателей жизненности биоиндикаторов выделены зоны с различным экологическим состоянием территории. Проанализировано токсическое воздействие различных загрязняющих веществ на живые организмы и толерантность некоторых видов-биоиндикаторов в условиях антропогенной нагрузки. Установлено, что на антропогенно трансформированных участках повышается количество зоофагов, а также наблюдается гомогенизация ценоморфического состава основных групп мезопедобионтов с доминированием отдельных видов. В щелочных почвах функциональных зон урбоэкосистемы отмечено превалирование калыцефилов — многоножек, мокриц, брюхоногих моллюсков, что позволяет использовать их для индикации уровня алкализации почв. Определена степень корреляционных зависимостей между показателями жизненности групп биоиндикаторов и комплексными индексами загрязнения основных компонентов окружающей среды города. Так, установлена обратная корреляция между показателем жизненности эпифитной лишайной флоры (G , %) и комплексным индексом (P_a) аэротехногенного загрязнения ($-0,80$, $p < 0,05$) и прямая корреляция между снижением показателя жизненности почвенной мезофауны ($\bar{G}$, %) и комплексным индексом (Z_c) загрязнения почвенного покрова ($0,84$, $p < 0,05$). Таким образом, биоморфы эпифитной лишайной флоры и отдельные группы мезопедобионтов целесообразно использовать в качестве индикаторов загрязнения урбосреды. На основе проведенного исследования предложен алгоритм комплексной эколого-химической и биоиндикационной оценки экологического состояния урбоэкосистемы промышленного города.

Ключевые слова: биоиндикационная оценка, урбоэкосистема, малакофауна, почвенная мезофауна, эпифитные лишайники, экологическое состояние, жизненность.

Активный процесс урбанизации и развитие промышленного комплекса привели к значительному загрязнению почвы, поверхностных вод и атмосферного воздуха городов. Это обусловило снижение толерантности живых организмов — обитателей педосферы, гидробионтов и лишайной флоры, а также рост заболеваемости населения. В связи с этим, современные исследования урбоэкосистем направлены на поиск методов, которые позволят быстро и адекватно оценить состояние воздуха, воды и почвы городов. Однако классические подходы на основе эколого-химических исследований урбосреды требуют больших инвестиций, а используемые методы чаще всего сводятся к идентификации отдельных источников загрязнения грунта, атмосферы, поверхностных вод [1–5].

Действенным и малозатратным методом экологической оценки состояния урбоэкосистемы вы-

ступает биоиндикация, которая основана на выявлении наиболее репрезентативных маркеров среди видов флоры и фауны, адаптирующихся к условиям существования в урбосреде [6]. Таким образом, анализ влияния техногенного загрязнения на показатели жизненности городской биоты и комплексная оценка экологического состояния разных по своему функциональному назначению зон города выступает приоритетной задачей фундаментальных исследований в области урбоэкологии.

Материалы и методы

Экспериментальная часть работы выполнялась в течение 2008–2012 гг. в городе Мелитополь Запорожской области. Программа исследования предусматривала эколого-химическую оценку урбоэкосистемы города, биоиндикационную оценку

показателей жизненности эпифитной лишенофлоры, пресноводных моллюсков и почвенной мезофауны, установление экологического состояния территории.

Функциональные зоны выделяли согласно методике зонирования городской территории А.Л. Калабекова [7]. Основными единицами выступили районы внутри жилой застройки (6 зон), промышленные объекты (4 зоны), рекреационные территории (3 зоны), районы, расположенные рядом с автодорогами (3 зоны).

Для характеристики эколого-химического состояния функциональных зон определялись: показатель комплексного загрязнения атмосферы (P_a), индекс комплексной оценки качества водных объектов (P_v) и показатель суммарного загрязнения почв (Z_c). Результаты эколого-химической оценки сопоставлялись с показателями жизненности (G) эпифитной лишенофлоры, гидробионтов и мезопедобионтов, которые рассчитывались как произведение биоразнообразия W_i и плотности популяции S групп индикаторов относительно их максимальных значений: $G = W_i/W_{\max} S_i/S_{\max}$ [6, 8].

Эколого-химическая оценка аэротехногенного загрязнения г. Мелитополя предусматривала анализ проб на содержание в них диоксида азота, монооксида углерода, фенола, аммиака, диоксида серы, взвешенных веществ. Отбор проб осуществлялся по общепринятой методике. Для измерения концентраций поллютантов использовались: аспираторы М 822 и Тайфун Р-100 (Б), для анализа содержания угарного газа — универсальный газоанализатор “Палладий-3М”.

Пробы воды отбирали вдоль русла реки Молочной, ручьев Песчаный и Кизиярский. Перечень показателей для измерения включал: pH; взвешенные вещества (ВВ); химическое и биохимическое потребление кислорода (БПК; ХПК); концентрация хлоридов, сульфатов; подвижные формы Cd, Pb, Zn, Cr. Для отбора и анализа проб пользовались соответствующими определителями. Для измерения концентраций поллютантов в водных объектах использовали атомно-абсорбционный спектрометр VARIAN AA240Z, pH определяли потенциометрически посредством pH-метра милливольтметра pH-121.

Образцы почвы отбирали из верхнего 10–20 см горизонта в дерновых, преимущественно оглеенных песчаных и супесчаных почвах со слабо гумусированными песками, южных солонцеватых черноземах, темно-каштановых окончательно солончаковых почвах.

Для установления экологического состояния почв урбоэкосистемы Мелитополя был выбран следующий набор параметров: реакция среды (pH), содержание подвижных форм биологически активных тяжелых металлов — Cd, Pb, Zn и Cu. Кислотность определяли потенциометрически посредством pH-метра милливольтметра pH-121. Определение содержания подвижных форм тяжелых металлов осуществляли атомно-абсорбционным методом

с применением спектрометра VARIAN AA240FS. Экстракцию подвижных форм ТМ производили аммонийно-ацетатным буферным раствором с pH 4,8.

Для сравнения воздействия урбанизации на уровень загрязнения почв тяжелыми металлами выбраны локальные (фоновые) участки, размещенные за границами антропогенного воздействия в рекреационной зоне Лесопарк. При подборе фоновых участков учитывали принцип геологической и ландшафтно-геохимической однородности почв, предложенный Ю.Е. Саеом.

Определение лишайников осуществлялось по определителям А.Н. Окснера и С.Я. Кондратюка, пресноводных и наземных моллюсков по определителям Н.В. Гураль-Сверловой, Р.И. Гураль [9].

Для расчетов и графического оформления данных использовали программные пакеты Microsoft Excel и “STATISTICA-6.1”. Исследования проводились на основе алгоритма комплексной эколого-химической и биоиндикационной оценки экологического состояния урбоэкосистемы (рис. 1).

Результаты и обсуждение

Мелитополь (46°50'00" с.ш. 35°22'00" в.д.) — крупный город областного значения, расположенный на юго-западе Восточноевропейской равнины на границе средне-степной и сухостепной подзон степной зоны. Общая площадь — 49,66 км². Климат — умеренно-континентальный.

В городе насчитывается 78 промышленных объектов, деятельность которых негативно влияет на состояние окружающей среды.

Для эколого-химической оценки почвенного покрова города была выбрана группа биофильных металлов — Cd, Pb, Zn и Cu, которые обладают высокой токсичностью, устойчивы к разложению и аккумулируются в тканях мезопедобионтов. Загрязнение урбоэкосистемы Мелитополя тяжелыми металлами происходит от стационарных и передвижных источников, среди которых доминирующими выступают машиностроительные и металлообрабатывающие промышленные предприятия, выбросы автотранспорта, бытовые отходы, сточные воды.

Согласно зарубежным исследованиям, “ключевые” функциональные группы почвенной мезофауны представлены “инженерами” экосистемы, микрорегуляторами и микросимбионтами, сапрофагами, возбудителями болезней и бактериальными трансформерами [10].

Кроме того, почвенные беспозвоночные, используемые в качестве биоиндикаторов, должны быть достаточно многочисленными, устойчивыми к воздействию малых доз токсикантов, а результаты биодиагностики — хорошо воспроизводиться [11].

Известно, что биоиндикационная оценка экологического состояния почвенного покрова осуществляется на основании показателей жизненности мезопедобионтов, которые по чувствительности к тяжелым металлам составляют такую последова-

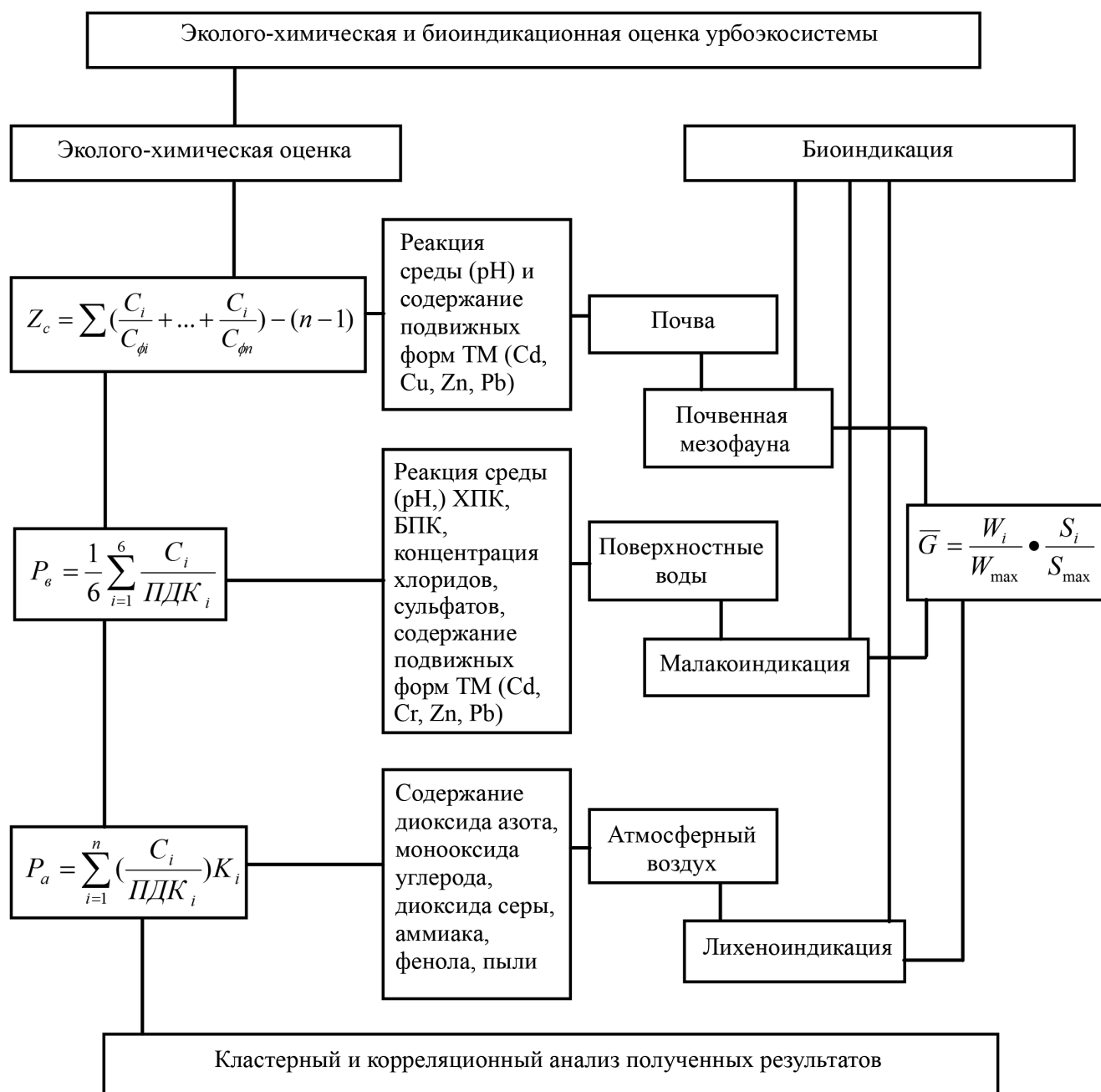


Рис. 1. Схема-алгоритм комплексной оценки экологического состояния урбоэкосистемы

тельность: многоножки — паукообразные — моллюски — дождевые черви — мокрицы (от наименее до наиболее уязвимых) [12].

Все вышесказанное послужило основанием для определения влияния техногенного загрязнения урбосреды на показатели жизнеспособности городской биоты. По результатам биоиндикационной оценки урбоэкосистемы Мелитополя были установлены функциональные зоны с разным уровнем загрязнения территории.

Благоприятное состояние территории отмечено в функциональной зоне рекреационного назначения “Лесопарк”. Снижение показателя жизнеспособности мезопедобионтов $\bar{G}$ составило (G_6 от $G_{\max} = 60$ экз./м²) — 9,5%. Во всех обследованных участках рекреационной зоны доминантной тро-

фической группой выступили фитофаги (68,3%). Диапазон гигроморф мезопедобионтов находился в пределах от ультрагигрофилов до ксерофилов.

Напряженное экологическое состояние территории согласно показателю жизнеспособности мезопедобионтов было зафиксировано и в рекреационных зонах — Городской парк ($\bar{G} = 24,7\%$), Институт орошаемого садоводства ($\bar{G} = 24,3\%$), а также жилых массивов — Микрорайон ($\bar{G} = 22,5\%$) и Район дач на Новом Мелитополе ($\bar{G} = 23,8\%$).

Территории с критическим экологическим состоянием охватывали функциональные зоны жилых массивов (Центр, Авиагородок) и автомагистрали (Телецентр). Снижение жизнеспособности мезофауны в Центре города составило $\bar{G} = 50\%$, в районе Авиагородка $\bar{G} = 40,2\%$, а в Телецентре $\bar{G} = 45,7\%$.

Экологическое состояние территорий как кризисное было зафиксировано на участке жилмассива Песчаное ($\bar{G} = 58,2\%$) и автомагистралях — Бердянский мост ($\bar{G} = 66,3\%$) и Южный переезд ($\bar{G} = 78,3\%$).

По итогам биоиндикационной оценки урбоэкосистемы установлены четыре участка с катастрофическим экологическим состоянием. Среди них — районы производственных объектов и жилой массив Кизияр (снижение показателя жизнеспособности мезофауны превысило 90%). Зафиксировано повышение числа зоофагов, гомогенизация ценоморфического состава основных групп мезопедобионтов с доминированием отдельных видов.

В щелочных почвах урбоэкосистемы Мелитополя отмечено превалирование кальцефилов — многоножек, мокриц, брюхоногих моллюсков, что позволяет использовать их в качестве индикаторов алкализации почвенного покрова.

Полученные результаты подтверждаются данными эколого-химической оценки городской территории. В функциональных зонах, состояние которых характеризовалось как кризисное и катастрофическое, отмечено превышение подвижных форм Cd, Pb, Zn и Cu. Главным источником загрязнения эдафотопов урбоэкосистемы выступили промышленные предприятия и автотранспорт.

Сравнение результатов эколого-химической и биоиндикационной оценки состояния почв урбоэкосистемы Мелитополя указывает на наличие сильной корреляционной связи между снижением жизнеспособности групп биоиндикаторов и суммарным показателем уровня загрязнения $Z_c = 0,84$ (отмеченные корреляции значимы на уровне $p < 0,05$).

Биоиндикаторами экологического состояния водотоков выступили β -мезосапробные брюхоногие моллюски — *Lymnaea stagnalis* (Linnaeus, 1758), *Viviparus viviparus* (Linnaeus, 1758) и двустворчатый моллюск-олигосапробионт — *Anodonta anatina* (Linnaeus, 1758).

Доминирование β -мезосапробной малакофауны свидетельствовало об умеренном уровне загрязнения городских водотоков.

По итогам малакоиндикационной оценки урбоэкосистемы Мелитополя были установлены функциональные зоны с напряженным, кризисным и катастрофическим состоянием водных объектов.

Напряженное экологическое состояние реки Молочной отмечено в функциональной зоне производственного объекта “Рефма”. Снижение жизнеспособности пресноводной малакофауны $\bar{G}$ в данной функциональной зоне ($G_m = 69$ экз./м² по отношению к $G_{max} = 91$ экз./м²) составило 24%. На обследованном участке отмечены все группы гидробионтов (олиго-, мезосапробионты).

Кризисное экологическое состояние поверхностных вод согласно показателю снижения жизнеспособности гидробионтов было зафиксировано на территории рекреационной зоны Лесопарк ($\bar{G} = 67\%$) и жилого массива Песчаное ($\bar{G} = 72\%$). В данных

функциональных зонах встретились только представители β -мезосапробной малакофауны.

На большинстве участков отмечено катастрофическое экологическое состояние водных объектов по данным малакоиндикационной оценки. В районах жилмассивов снижение жизнеспособности гидробионтов составило: Песчаное ($\bar{G} = 93\%$), Новый Мелитополь ($\bar{G} = 95\%$), Авиагородок ($\bar{G} = 96\%$).

Таким образом, малакоиндикационная оценка свидетельствует о преобладании функциональных зон с кризисным и катастрофическим экологическим состоянием водных объектов.

Среди биоморф эпифитной лишенофлоры Мелитополя превалировали листоватые и накипные нитрофиты и ацидофиты. В частности, *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr., *Physcia stellaris* (L.) Nyl., *Scoliciosporum chlorococcum* (Stenh.) Vezda, *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. Причем, эпифиты предпочитали эвтрофные субстраты, богатые минеральными элементами питания и были зафиксированы на сильно запыленной коре форофитов [13].

Виды кустистых и листоватых лишайников (*Ramalina fraxinea* (L.) Ach., *Evernia Prunastri* (L.) Ach., *Parmelia sulcata* Tayl., *Pleurosticta acetabulum* (Neck.) Elix et Lumbsch) отмечены в зонах рекреационных объектов. На всех участках наблюдалось заметное увеличение полиотолерантных видов, устойчивых к аэротехногенному загрязнению — *Physcia stellaris*, *Xanthoria parietina*, *Scoliciosporum chlorococcum*.

Анализ количественного состава эпифитов показал, что на исследованных участках предпочтение в качестве субстрата отдавалось листовым видам — клену полемому (*Acer campestre* L.), робинии псевдоакация (*Robinia pseudoacacia* L.), тополям (*Populus nigra* L., *Populus alba* L.), клену ясенелистному (*Acer negundo* L.) и др.

На основе комплексного индекса P_a и показателя жизнеспособности эпифитной лишенофлоры (G) были выделены зоны с разным экологическим состоянием территории.

Кризисное экологическое состояние территории зафиксировано в районе промышленного объекта “Рефма” ($G_{нд}$ составило 8%) и жилого массива Кизияр ($G_{нд} = 9\%$).

Функциональные зоны жилмассивов Новый Мелитополь, Микрорайон, Песчаное и промышленного объекта МЗТГ — территории с критическим экологическим состоянием. Наибольший показатель жизнеспособности листоватой лишенофлоры зафиксирован на территории рекреационного назначения Городской парк ($G = 48\%$), наименьший — в районе автомагистрали Телецентра ($G = 14\%$). Удовлетворительное экологическое состояние отмечено в промышленной зоне Южный переезд ($G_{л} = 35\%$) и в жилмассиве Авиагородок ($G_{л} = 45\%$).

Для рекреационной зоны Лесопарк характерно благоприятное экологическое состояние территории ($G = 80\%$).

Основные загрязнители функциональных зон города Мелитополя — диоксид серы, диоксид азота, взвешенные вещества. Их увеличение наблю-

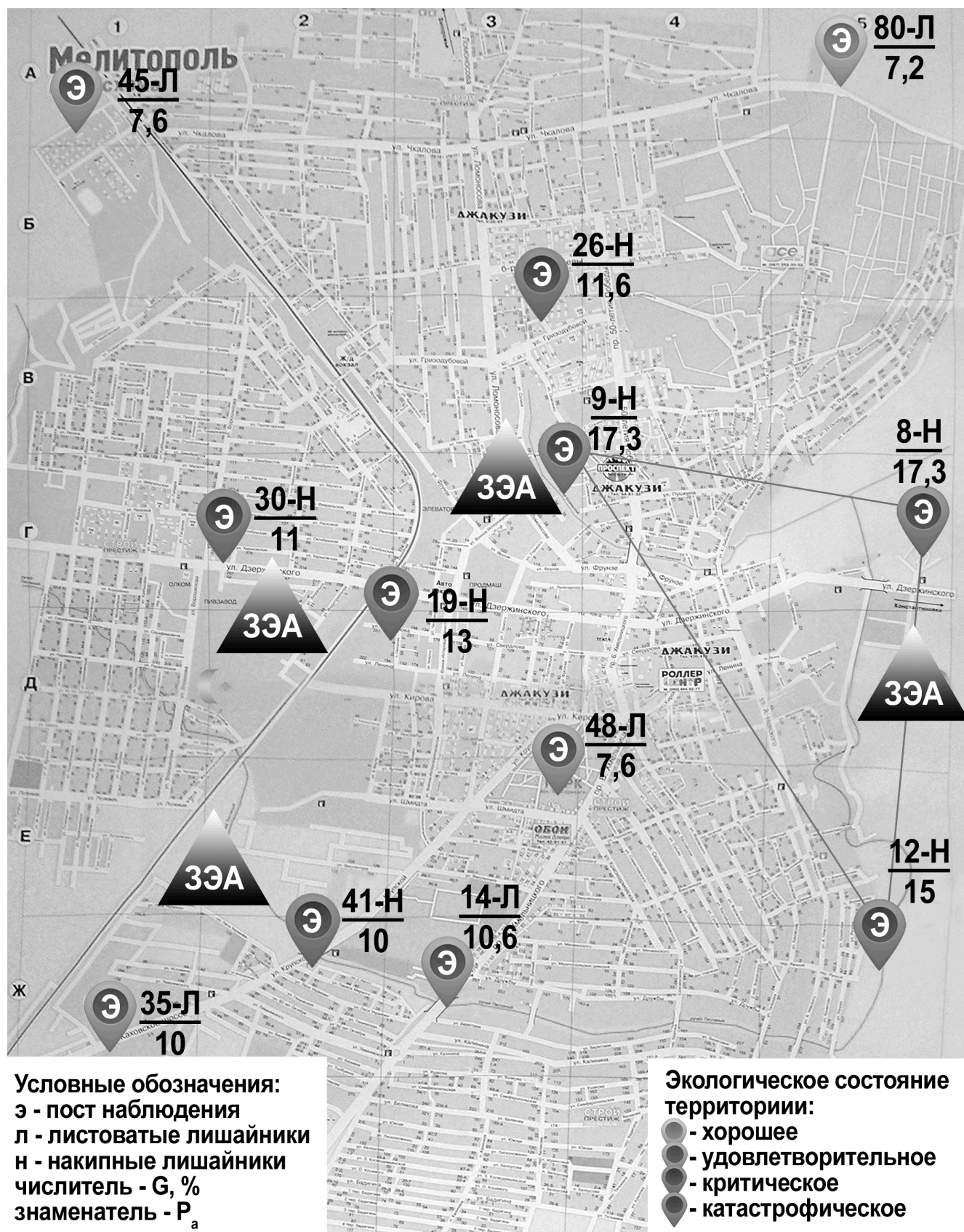
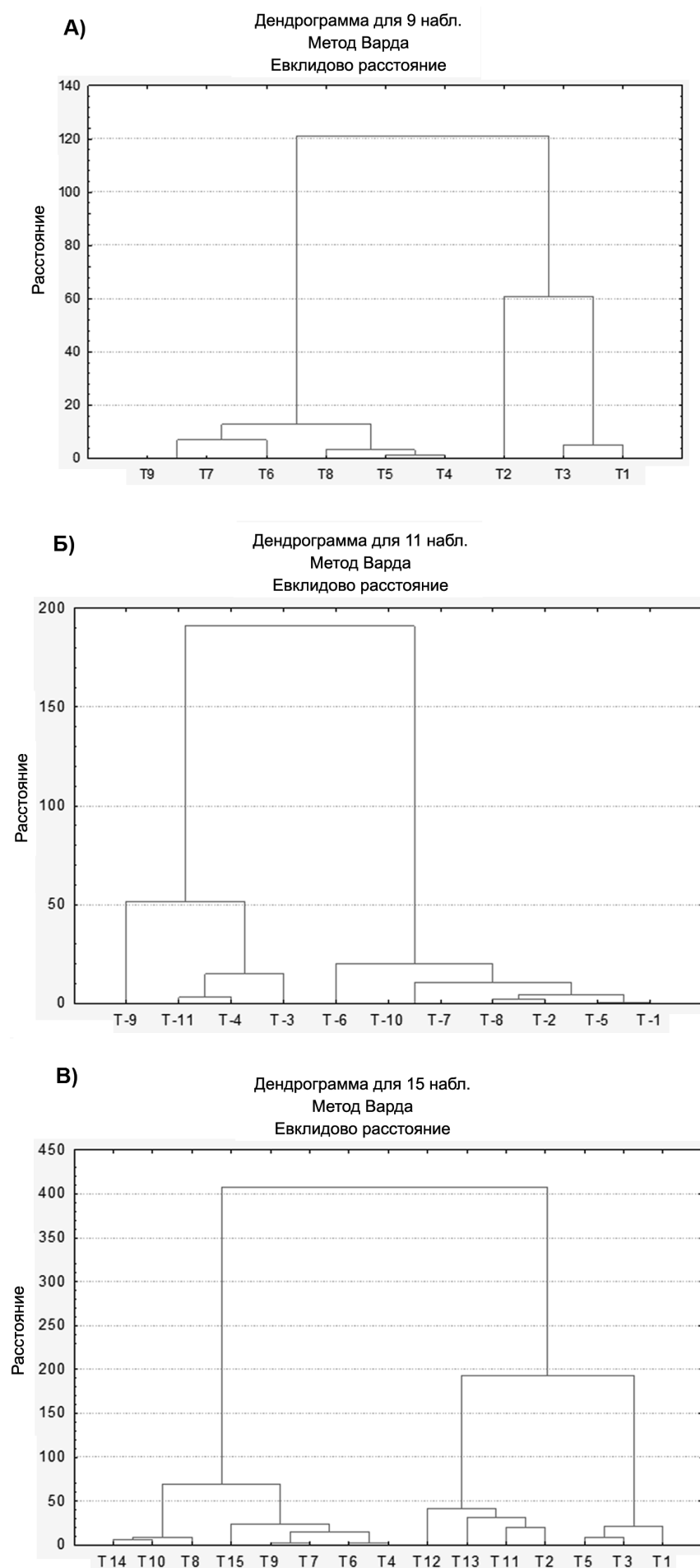


Рис. 2. Карта лишеноиндикации аэротехногенного загрязнения города Мелитополя



далось как в зонах производственных объектов и автодорог, так и на территории жилмассивов. Сравнение результатов эколого-химической и лишеноиндикационной оценки состояния атмосферного воздуха урбоэкосистемы Мелитополя указывает на наличие сильной отрицательной корреляционной связи между показателем жизнеспособности эпифитов и комплексным индексом аэротехногенного загрязнения $P_a = -0,80$ ($p < 0,05$, $N = 11$).

Результаты лишеноиндикации территории г. Мелитополя в сопоставлении со среднегодовыми индексами загрязнения атмосферного воздуха приведены ниже (рис. 2).

Биоиндикационная оценка экологического состояния урбоэкосистемы Мелитополя осуществлялась с помощью кластерного анализа (рис. 3).

По результатам кластерного анализа данных загрязнения почвенного покрова, функциональные зоны города Мелитополя ранжируются следующим образом:

1. Катастрофическое экологическое состояние территории — T-1, T-2, T-3, T-5.

2. Кризисное экологическое состояние территории — T-11, T-12, T-13.

3. Критическое экологическое состояние территории — T-8, T-10, T-14.

4. Напряженное экологическое состояние территории — T-4, T-6, T-17, T-9.

5. Благоприятное экологическое состояние территории — T-15.

Согласно результатам кластерного анализа малакоиндикационной оценки, функциональные зоны ранжируются по экологическому состоянию водотоков так:

1. Катастрофическое — T-4, T-5, T-6, T-7, T-8, T-9.

2. Кризисное — T-1, T-3.

3. Напряженное — T-2.

На рис. 3 также представлены результаты кластерного анализа данных аэротехногенного загрязнения

Рис. 3. Результаты кластерного анализа данных по загрязнению поверхностных водотоков (А), атмосферного воздуха (Б) и почвенного покрова (В) за 2008–2012 гг.

воздуха урбоэкосистемы Мелитополя. Согласно ним, функциональные зоны ранжируются следующим образом:

1. Кризисное экологическое состояние — Т-7 и Т-10.

2. Критическое экологическое состояние — Т-1, Т-2, Т-5, Т-8.

3. Удовлетворительное экологическое состояние — Т-3, Т-4, Т-6; Т-11.

4. Благоприятное экологическое состояние территории — Т-9.

Таким образом, согласно результатам эколого-химической оценки почв города Мелитополя установлены их различия в разных функциональных зонах по показателям кислотности и содержанию подвижных форм тяжелых металлов. Установлена

тесная прямая корреляция между показателем жизнеспособности почвенной мезофауны и суммарным показателем уровня загрязнения почвенного покрова (0,84, $p < 0,05$) и тесная обратная корреляция между показателем жизнеспособности эпифитов и комплексным индексом аэротехногенного загрязнения ($-0,80$, $p < 0,05$).

Сравнительный анализ биоиндикационной и эколого-химической оценки свидетельствует о том, что показатели жизнеспособности эпифитной лишайной флоры, почвенной мезофауны и гидробионтов могут быть использованы в качестве оперативного и малозатратного метода для изучения экологического состояния урбоэкосистем аналогичного типа, а также своевременного выявления признаков экологического неблагополучия городской территории.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Larsen R.S., Bell J.N.B., James P.W., Chimonides P.J., Rumsey F.J., Tremper A., Purvis O.W. Lichen and bryophyte distribution on oak in London in relation to air pollution and bark acidity // *Environmental Pollution*. 2007. Vol. 146. N 2. P. 332–340.
2. Wolseley P.A., James P.W., Theobald M.R., Sutton M.A. Detecting changes in epiphytic lichen communities at sites affected by atmospheric ammonia from agricultural sources // *Lichenologist*. 2006. Vol. 38. N 2. P. 161–176.
3. Бязров Л.Г. Изменение видового разнообразия эпифитных лишайников г. Москвы — сравнение учетов 1988-1991 и 2006 годов [Электронный ресурс] // A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution. 2007. URL: <http://www.sevin.ru> (дата обращения 10.05.2012)
4. Veselkin D.V., Calako V.A., Vlasenko W.E. The relationship between the characteristics of the state of Scots Pine trees and tree stands in the large industrial city // *Contemp. Probl. Ecol.* 2015. N 2. P. 301–309.
5. Uzbekov A.K., Uzbekov M.A. Effects of industrial pollution on the respiratory diseases. Moscow Univ. Biol. Sci. Bull. 2015. Vol. 70. N 1 P. 17–22.
6. Бадтмев Ю.С. Методология биодиагностики качества окружающей среды военных объектов: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. М., 2006. 48 с.
7. Калабеков А.Л. Структурно-функциональная организация и экологический мониторинг урбосистемы мегаполиса: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. М., 2003. 38 с.
8. Buckland S.T., Magurran A.E. Monitoring change in biodiversity through composite indices // *Philos. Trans. R. Soc. Lond., B, Biol. Sci.* 2005. Vol. 360. N 12. P. 243–254.
9. Sverlova N. Landschnecken-Farbpolyorphismus aus physikalischen Gründen (Gastropoda: Pulmonata: Stylommatophora) // *Malak. Abh. Mus. Tierkde. Dresden*. 2004. B. 22. S. 131–145.
10. Lavelle P. Diversity of soil fauna and ecosystem function // *Biol. Intern.* 1996. Vol. 33. P. 3–16.
11. Dunger W., Voigtländer K. Soil fauna (Lumbricidae, Collembola, Diplopoda and Chilopoda) as indicators of soil eco-subsystem development in post-mining sites of eastern Germany — a review // *Soil Organisms*. 2009. Vol. 81. N 1. P. 1–51.
12. Ganin G. N. The early bioindication of the HM's pollution (for example pedobionts) // *Papers presented at the Fourth European conference on ecotoxicology and environmental safety*, Metz, France, August 25-28, 1996. Metz, 1996. P. 11.
13. Van Dobben H.F., ter Braak C.J.F. Ranking of epiphytic lichen sensitivity to air pollution using survey data: a comparison of indicator scales // *Lichenologist*. 1999. Vol. 31. N 1. P. 27–39.

Поступила в редакцию 10.02.2016 г.

Принята в печать 20.05.2016 г.

ECOLOGY

IMPACT OF TECHNOGENIC POLLUTION OF URBAN ENVIRONMENT ON INDICATORS OF VITALITY OF URBAN BIOTA (MOLLUSK FAUNA, SOIL MESOFAUNA, EPIPHYTIC LICHENS)

N.V. Yorkina

Khmelnitsky Melitopol State Pedagogical University; Lenina ul. 20, Melitopol, Zaporizhia region, 72312, Ukraine
e-mail: nadeen777@mail.ru

The article presents the results of ecological, chemical and bioindication assessment of urban ecosystem of industrial city of the South of Ukraine. The dynamics of physical and chemical parameters of soil, surface water and air in various functional areas of the city was analyzed. The complex index of pollution of environment components was determined. Bioindicative assess-

ment of the ecological state of the territory of urban ecosystem in terms of vitality of epiphytic lichen flora, soil mesofauna and freshwater mollusk fauna was fulfilled. Based on vital bioindicators, zones with different ecological state of the territory were differentiated. The toxic effects of various pollutants on living organisms and the tolerance of some species-bioindicators under anthropogenic load were analyzed. It was found that on anthropogenically transformed areas the amount of zoophages increases and homogenization of anamorphoscope composition of major groups of mesopotamians with the dominance of individual species is observed. In alkaline soils of the functional areas of urban ecosystem prevalence of calcicole — millipedes, pill bugs, gastropods was noted, which allows to use them to indicate the level of alkalization of soils. The degree of correlation between the viability of bio-indicators groups and complex pollution index of basic components of the environment of the city was defined. So, an inverse correlation between the vitality of epiphytic lichen flora ($G, \%$) and the complex index (P_a) of environmental contamination ($-0,80, p < 0,05$), and direct correlation between the decline in the vitality of the soil mesofauna ($\bar{G}, \%$) and complex index (Z_c) of soil contamination ($0,84, p < 0,05$) was indicated. Thus, biomorphs of epiphytic lichen flora and separate groups of mesopotamians should be used as indicators of pollution of urban environment. Based on the fulfilled study the algorithm of complex ecological, chemical and bioindication assessment of ecological state of urban ecosystem of industrial city was proposed.

Key words: *bioindication assessment, urban ecosystem, mollusk fauna, soil mesofauna, epiphytic lichens, ecological state, vitality.*

Сведения об авторе:

Ёркина Надежда Владимировна — ассистент кафедры экологии и зоологии МГПУ имени Богдана Хмельницкого. Тел. +38068-154-15-78; e-mail: nadeen777@mail.ru