

УДК [(581.526.3:58.02)574.2](282.247.32)

*Г. А. Карпова, Е. В. Клепец*

**ВЛИЯНИЕ УРБАНИЗИРОВАННОГО ЛАНДШАФТА НА  
СТРУКТУРНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ МАКРОФИТОВ РЕКИ  
ВОРСКЛЫ**

Изучена трансформация структурных показателей макрофитов (видовое богатство, экологическая структура, обилие, встречаемость) на различных участках средней реки, различающихся степенью урбанизации. Выделены соответствующие индикаторные группы макрофитов.

*Ключевые слова:* макрофиты, структурные показатели, урбанизированный ландшафт, р. Ворскла.

Общеизвестно, что в мире и в Украине в частности наблюдается интенсивный рост городов, который в большинстве случаев сопровождается деградацией всех компонентов природной среды, в том числе водоемов и водотоков. Водные объекты являются одними из наиболее уязвимых элементов урбанизированного ландшафта в связи с тем, что, с одной стороны, они подвергаются непосредственной техногенной трансформации (канализация русел рек, заключение малых рек в коллекторы, одамбирование берегов, дноуглубление и др.), а с другой — аккумулируют стоки с застроенного и загрязненного водосборного бассейна. Часто в условиях города водоемы не только утрачивают свои природно-эстетические функции, но и становятся небезопасными для здоровья людей в связи с ухудшением их санитарно-эпидемиологического состояния. Изучение влияния урбанизации на различные компоненты водных экосистем является необходимой основой для разработки мер по их реабилитации.

В системе современных подходов оценки качества водной среды приоритетное место отводится гидробионтам, среди которых к числу наиболее показательных относятся макрофиты. Водные макрофиты — крупные, видимые невооруженным взглядом растения различных систематических групп, жизненный цикл которых тесно связан с водной средой. Они являются важным компонентом водных экосистем и широко используются для оценки состояния водоемов, в том числе для индикации экологического состояния текучих вод [17]. Основанием для этого служит то, что качественный состав макрофитов и их количественные характеристики трансформируются вслед за изменениями условий среды, что может быть оценено при определении степени антропогенного влияния, в частности урбанизации.

© Г. А. Карпова, Е. В. Клепец, 2014

Целью работы было изучение влияния урбанизированного ландшафта на структурные показатели водных макрофитов русла средней реки.

**Материал и методика исследований.** Материалом послужила геоботаническая съемка среднего течения р. Ворсклы в окрестностях г. Полтавы, проведенная в период максимального развития макрофитов (июль — август 2011—2012 гг.). Была использована методика полевого обследования макрофитов рек для целей ВРД [17], основывающаяся на учете присутствия и показателях обилия видов водных макрофитов.

При оценке изменений качества среды методами биоиндикации отклонение характеристик выбранного биоиндикатора в нарушенной среде необходимо сравнивать с нормой, или контролем. Наиболее адекватным является сравнение современных характеристик объекта с его состоянием в прошлом, до антропогенного воздействия (исторические стандарты). Однако имеющиеся сведения о водных макрофитах р. Ворсклы немногочисленны и в основном лишь косвенно отражены в ботанических сводках по территории Полтавской области [2, 3], Полтавского района [5] и г. Полтавы [9, 10, 11]. Поскольку данные представлены в формате, который не отвечает поставленным задачам, то отсутствует возможность исторического сравнения современного состояния структурных показателей макрофитов р. Ворсклы в районе г. Полтавы с состоянием до усиленного антропогенного воздействия. В связи с этим на изученном отрезке русла (25 км) было выбрано пять участков с различной степенью урбанизации ландшафта и антропогенного воздействия на русло реки, в том числе участок с референсными условиями (рис. 1): 5,5 км выше города, верхне-, средне- и нижегородской и 4,5 км ниже города, на которых было выделено 11 станций, представляющих собой отрезки русла длиной по 100 м. На каждой станции анализировали следующие структурные показатели макрофитов: видовое богатство, обилие каждого вида (по показателям проективного покрытия), встречаемость видов и экологическую структуру флоры. Сравнительный анализ показателей осуществляли по коэффициентам Серенсена.

### *Результаты исследований и их обсуждение*

I участок (ст. 1—3) расположен в 5,5 км выше города, пойма реки слабо трансформирована, с разреженной дачной застройкой, незначительным воздействием стихийной рекреации, выпаса, сенокосения. Русло реки природное, меандрирующее, шириной до 40 м, степень зарастания около 40%. Растительность располагается поясами, что свойственно речным системам, доминируют сообщества роголистника погруженного (*Ceratophyllum demersum* L.), кубышки желтой (*Nuphar lutea* (L.) Smith), рогозов узколистного (*Typha angustifolia* L.) и широколистного (*T. latifolia* L.). Вследствие незначительной антропогенной трансформации ландшафта и природного состояния русла этот участок выбран в качестве референсного (эталонного).

II участок — вышегородской (ст. 4, 5) характеризуется средней степенью трансформации ландшафта (сельская жилая застройка, городская зона рекреации). Русло спрямлено и слегка расширено (до 50—60 м), меандры слабо выражены, степень зарастания до 60%. Целостность растительного по-

кровя нарушена в зонах многочисленных пляжей, к доминирующим сообществам первого участка добавляются ценозы тростника обыкновенного (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.).

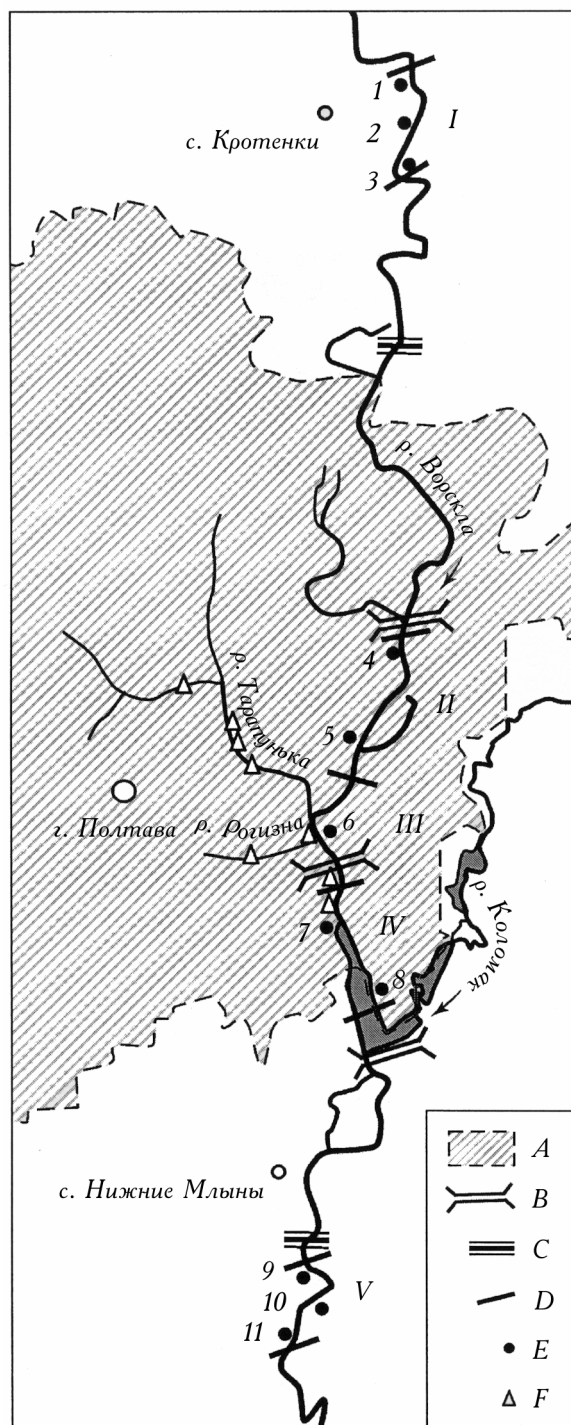
III участок — среднегородской (ст. 6) с высокой степенью урбанизации (плотная городская жилая застройка, промышленные зоны, стихийные зоны отдыха). Кроме диффузного стока с городских территорий, в реку поступают точечные ливнестоки с густонаселенных микрорайонов, а также загрязненные малые притоки, протекающие через районы плотной малоэтажной застройки без централизованной канализации. Русло значительно трансформировано (ширина 80—90 м, течение замедленное, меандры выражены слабо), степень зарастания около 100%. Вдоль берегов развиваются широкие пояса высокотравных гелофитов (тростник, рогоз широколистный), центральная часть зарастает кубышкой желтой с рясками и водокрасом обыкновенным (*Hydrocharis morsus-ranae* L.).

IV участок — нижегородской (ст. 7, 8) наиболее трансформирован в связи с полной застройкой поймы жилыми микрорайонами (спрямление, расширение и углубление русла, добыча и намыв песка, одамбирование и закрепление берегов щебенкой, выходы многочисленных ливнестоков). Речное русло представляет собой плесовидный участок шириной 150—270 м, степень зарастания до 30%. Воздушно-водная растительность вдоль берегов выражена фрагментарно, растительность с плавающими листьями отсутствует, площадь погруженной значительно сокращена.

V участок (ст. 9—11) расположен в 4,5 км вниз по течению от Полтавы и находится вне зоны прямого влияния населенных пунктов; ландшафт близок к природному, с минимальной антропогенной трансформацией (стихийная рекреация, частичная распашка поймы под агроценозы). Русло природного характера, меандрирующее, с чередованием плесов и перекатов, степень зарастания до 80%. Наиболее развиты ценозы роголистника погруженного, кубышки желтой, рдеста узловатого (*Potamogeton nodosus* Poir.), на плесах отмечены сообщества рясок, сальвинии плавающей (*Salvinia natans* (L.) All.), узкий прерывистый пояс вдоль берегов формируют низкотравные гелофиты: стрелолист стрелолистный (*Sagittaria sagittifolia* L.), ежеголовники прямой (*Sparganium erectum* L.) и всплывший (*S. emersum* Rehm.).

Таким образом, изученная часть русла реки включает как слабо трансформированные участки, приближающиеся к природным (выше города, ниже города), так и участки в урбанизированном ландшафте с различной степенью антропогенного воздействия (зоны стихийной и организованной рекреации, диффузные и точечные источники поступления коммунально-бытовых и ливневых стоков, участки сельхозугодий, городская инфраструктура, автомобильные и железнодорожные мосты, шлюзы для регулирования стока).

*Виговое богатство.* Всего на исследованном отрезке среднего течения р. Ворсклы зарегистрировано 57 видов водных макрофитов, из которых цветковых растений — 49, папоротников — 1, хвощей — 1, печеночных мхов — 1, водорослей — 5 таксонов (три определено до вида). На каждой из

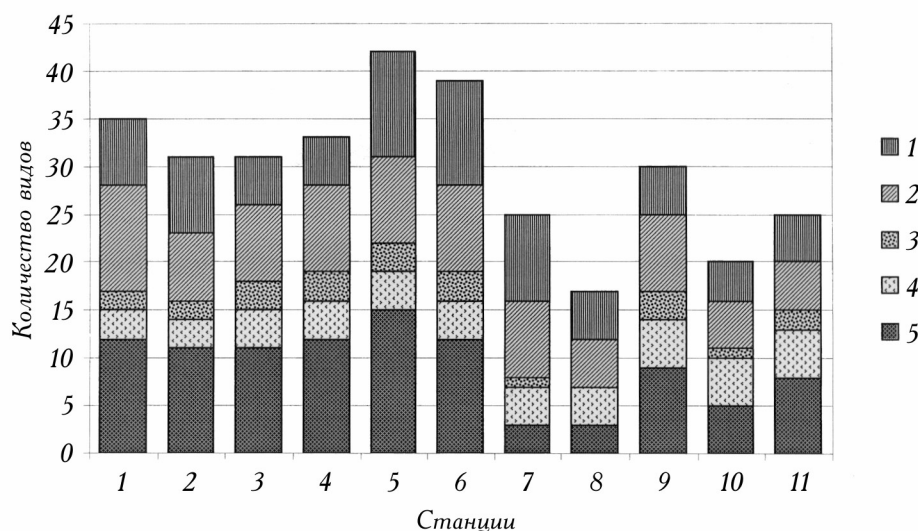


1. Карта-схема района исследований и расположение участков и станций на р. Ворскле: *A* — урбанизированная территория; *B* — мосты; *C* — шлюзы — регуляторы речного стока; *D* — границы участков; *E* — станции; *F* — выпуски ливневой канализации; I—V — номера участков; 1—11 — номера станций.

исследованных станций количество видов составляло от 17 до 42 (рис. 2). На I участке (ст. 1—3) колебания были незначительными (31—35 видов), что свидетельствует об однородности условий.

Значительные колебания видового богатства на участках в черте города (участки II—IV, ст. 4—8) обусловлены большой гетерогенностью антропогенных факторов и различной степенью их воздействия. Так, на верхней станции в городе (ст. 4), еще не испытывающей значительного пресса, отмечено 32 вида (аналогично станциям I референсного участка), на последующих двух (ст. 5, 6) видовое богатство возросло до 39—42 (вследствие расширения спектра экотопов), а на нижегородских (ст. 7, 8) снизилось до 17—25 (из-за синергизма различных факторов урбанизированной среды). На станциях ниже города (ст. 9—11) количество видов значительно колебалось (20—30), что указывает на нестабильность условий и

невозвращение системы в прежнее эталонное состояние. Такие перестройки структуры, названные экологическими модификациями экосистемы [1,



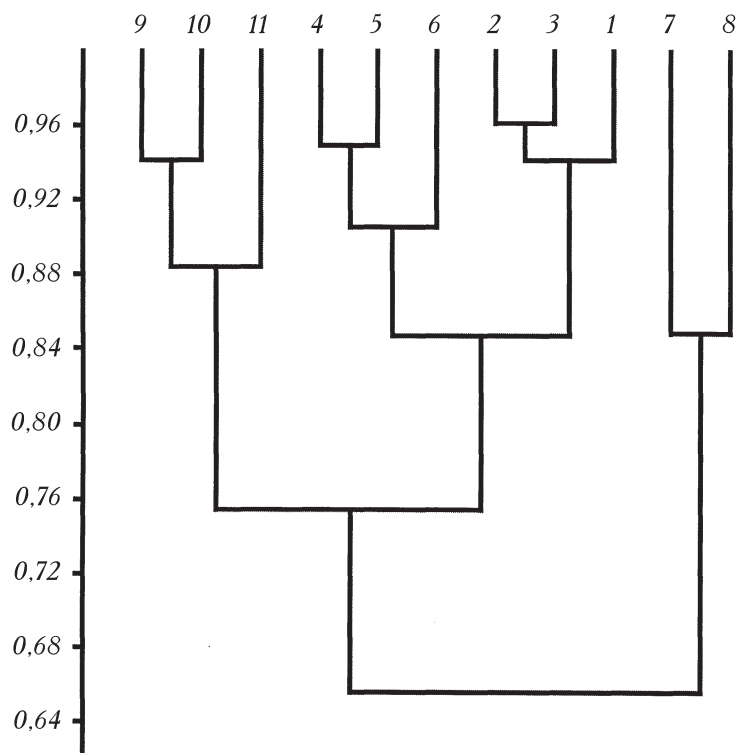
2. Видовое богатство и экологическая структура макрофитов исследованного участка русла р. Ворсклы: 1 — гигрогелофиты; 2 — гелофиты; 3 — гидрофиты с плавающими листьями укореняющиеся; 4 — гидрофиты свободно плавающие на поверхности воды; 5 — гидрофиты погруженные.

8, 14], соответствуют следующим состояниям водных экосистем, отражающим разные уровни антропогенного воздействия:

- фоновое состояние — станции, расположенные выше города, первые в черте и ниже города (ст. 1—4, 9), на которых имеются некоторые перестройки структуры, не ведущие к ее усложнению или упрощению;
- состояние антропогенного экологического напряжения — среднеродские станции (ст. 5, 6), на которых отмечается увеличение видового богатства;
- состояние антропогенного экологического регресса — нижегородские и станции ниже города (ст. 7, 8, 10, 11), которые характеризуются уменьшением разнообразия.

Таким образом, при небольшой антропогенной нагрузке происходит увеличение количества видов макрофитов, с ее усилением — оно уменьшается наполовину, что может свидетельствовать о критическом нарушении структуры биоценоза.

Кластерный анализ с привлечением качественных (видовое богатство) и количественных (обилие видов) данных методом невзвешенного попарного арифметического среднего, где в качестве меры сходства использован индекс Чекановского — Серенсена, показал самое высокое сходство (94%) в кластере референсного участка (рис. 3), 90% — II и III (ст. 4—6), 89% — V (ст. 9—11), 85% — IV участка (ст. 7, 8). Такое высокое сходство свидетельствует о сравнительной однородности условий на каждом из выделенных уча-



3. Дендрограмма сходства станций р. Ворсклы по структурным показателям макрофитов.

стков. Высокое сходство (75%) обнаруживается между кластерами более высокого порядка — станциями I, II, III и V участков. Наиболее низкое сходство (65%) отмечено между кластером станций IV участка со всеми остальными, что свидетельствует о наиболее значительных трансформациях видового состава и обилия видов макрофитов на этом участке под влиянием комплексного воздействия урбанизированного ландшафта.

*Экологическая структура флоры макрофитов.* Флора макрофитов изученного отрезка русла р. Ворсклы включает следующие экологические группы: гидрофиты, или настоящие водные растения, — 30 видов (52,6%), в том числе погруженные — 21 (36,8%), свободноплавающие на поверхности воды — 5 (8,8%), с плавающими листьями укореняющиеся — 4 (7,0%), гелофиты, или воздушно-водные растения, — 12 (21,1%), гигрогелофиты, или растения уреза воды, — 15 (26,3%). То есть, наибольшим видовым богатством характеризуются настоящие водные растения. Состав гелофитов значительно обеднен вследствие недостаточного развития экотопов прибрежной зоны (крутые обрывистые берега).

Анализируя экологическую структуру макрофитов на выделенных участках, можно отметить некоторое обеднение количества видов гелофитов на

V участке (5—8) по сравнению с другими (7—11) (рис. 2). На III участке оно увеличивается и практически соответствует количеству видов этого экотипа для всего изученного отрезка русла реки (11). Если учесть, что большинство гигрогелофитов являются индикаторами заболоченных земель (*Carex acuta* L., *Acorus calamus* L., *Lythrum salicaria* L. и др.) [7], то можно констатировать, что на этом участке проходят процессы негативной трансформации прибрежных экотопов в сторону их заболачивания и, таким образом, ухудшения экологического состояния реки. Среди гидрофитов — видов, наиболее четко реагирующих на изменение качества водной среды и в силу этого являющихся наиболее адекватными индикаторами ее состояния, от I участка до III (то есть от референсных условий до умеренного антропогенного воздействия) отмечается постепенное увеличение количества видов (от 16—17 до 19—22), а затем на IV участке максимального воздействия урбанизированной среды происходит резкое его сокращение (до 7—8). На V участке количество видов этого экотипа восстанавливается до референсных (11—17).

Рассмотрим более подробно динамику составляющих экологического типа гидрофитов. С увеличением антропогенной нагрузки до состояния экологического напряжения (ст. 6) постепенно возрастает количество видов погруженных, с плавающими листьями и свободноплавающих на поверхности воды гидрофитов. При дальнейшем повышении нагрузки до экологического регресса (ст. 7, 8) происходит резкое уменьшение количества погруженных видов и укореняющихся с плавающими листьями до полного их отсутствия на ст. 8, что свидетельствует о значительном ухудшении качества водной среды. На V участке отмечается восстановление видового состава гидрофитов погруженных и укореняющихся с плавающими листьями, а также наиболее богатый видовой состав свободноплавающих на поверхности воды видов, которые для своего развития требуют значительной концентрации питательных веществ именно в водной среде, что имеет место после прохождения рекой города. Таким образом, среди экологических типов макрофитов наиболее информативными для оценки экологического состояния водной экосистемы являются гигрогелофиты (отражают состояние прибрежных экотопов) и гидрофиты (индицируют состояние водной среды).

*Встречаемость.* Важной мерой оценки разнообразия является не только видовое богатство, но и встречаемость отдельных видов. Встречаемость — одна из важнейших характеристик вида, значения которой могут быть обусловлены как природными, так и антропогенными факторами<sup>1</sup>. В природных ненарушенных местообитаниях, кроме относительно небольшого количества видов-доминантов, обычно отмечается множество редко встречающихся, поэтому классическая кривая встречаемости Раункиера имеет наиболее высокую левую часть (область низкой встречаемости), минимальную среднюю и некоторый подъем в области классов с максимальной встречаемостью. Снижение общего количества видов при переходе от класса с минимальной встречаемостью к последующим отражает природную законо-

<sup>1</sup> Для каждой станции была рассчитана встречаемость видов как отношение количества площадок, на которых вид присутствовал, к общему их количеству (количество площадок на каждой станции — 8—10, размер 5×10 м).

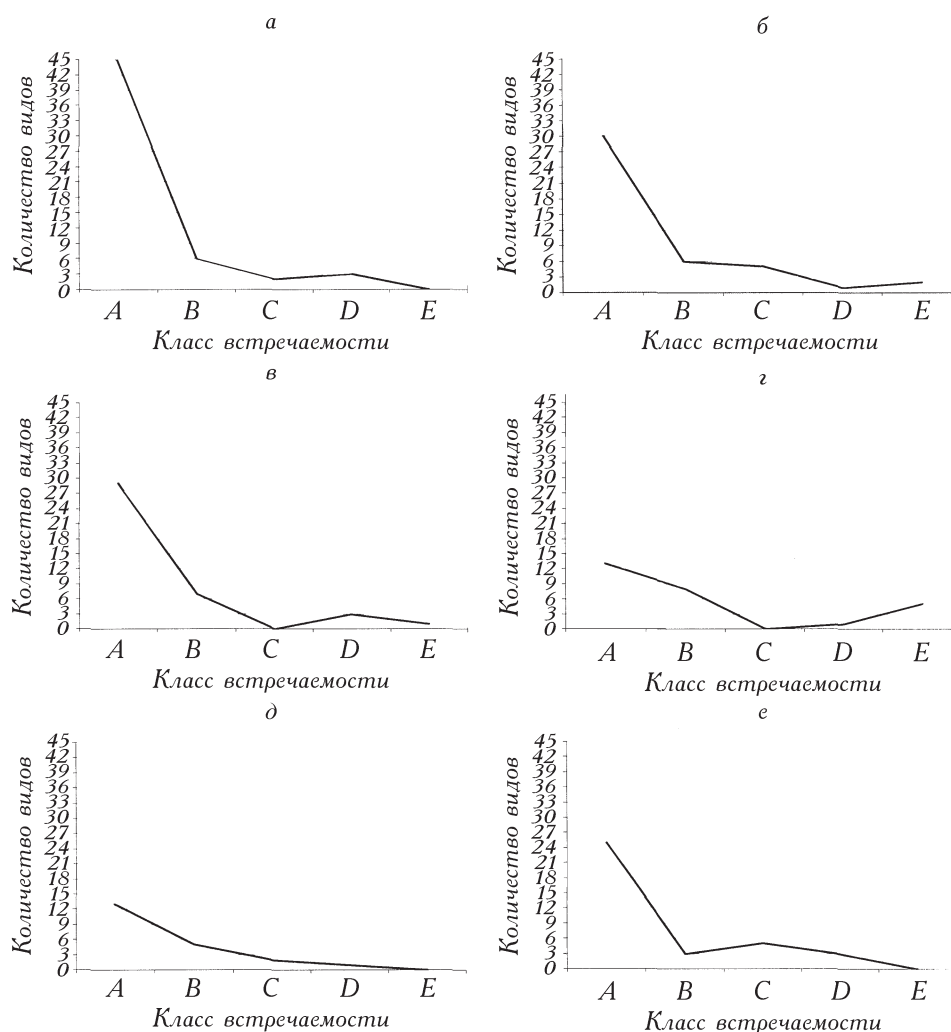
мерность, согласно которой редко встречающихся видов больше, чем массовых [6].

Для построения графика все отмеченные на изученном отрезке русла виды были разбиты в соответствии с их встречаемостью на пять классов: *A* (0—20%), *B* (21—40%), *C* (41—60%), *D* (61—80%) и *E* (81—100%) (рис. 4). Распределение видов-макрофитов для всего отрезка русла Ворсклы (25 км) (см. рис. 4, *a*) имеет вид кривой, приближающейся к классической кривой Раункиера. Однако значительное преобладание видов класса *A* (редко встречающиеся) — 46 видов (82,1% общего списка) и отсутствие видов класса *E* (константных), по-видимому, обусловлены гетерогенностью экологических условий исследуемой части реки, которая включает как природное русло, так и трансформированный участок в условиях урбанизированной среды.

В класс *A* вошли, в частности, редкие флористические находки для Полтавского региона из групп гидрофитов и гелофитов (*Enteromorpha intestinalis* Link, *Hydrodictyon reticulatum* Lagerh., *Nitella mucronata* A. Br., *Riccia fluitans* L., *Nymphaea alba* (L.) Smith, *Phragmites altissimus* (Benth.) Nabile, *Lemna gibba* L.). С встречаемостью до 40% (класс *B*) отмечено шесть видов (10,7%), среди которых — характерные представители речных систем (*Nuphar lutea*, *Sagittaria sagittifolia*), а также индикаторы умеренного и значительного евтрофирования (нитчатые водоросли, *Lemna trisulca* L., *Salvinia natans*). С высокой встречаемостью отмечены виды-индикаторы умеренного заболачивания — *Hydrocharis morsus-ranae*, *Typha latifolia* (класс *C*), а также евтрофных водоемов, богатых органическими веществами, — *Ceratophyllum demersum*, *Lemna minor* L., *Spirodela polyrhiza* (L.) Schleid. (класс *D*), которые к тому же имели высокие показатели обилия (проективное покрытие до 80—100%).

Анализ данных по всем выделенным участкам выявил следующие особенности. Для I участка (см. рис. 4, *b*) встречаемость видов описывается классической кривой Раункиера с доминирующей левой частью (редко встречающиеся виды), невысокой средней и некоторым подъемом в области классов максимальной встречаемости, что отражает природный характер этой части русла. Для II участка, где напряжение антропогенного влияния еще невелико, кривая видоизменяется незначительно (см. рис. 4, *в*). Иная форма кривой наблюдается для III и IV участков (см. рис. 4, *г*, *г*). Так, на III участке на фоне резкого обеднения видового состава преимущественно за счет редко встречающихся видов отмечается сравнительно большое количество видов с высокой встречаемостью (классы *D*, *E*): *Hydrocharis morsus-ranae*, *Ceratophyllum demersum*, *Lemna minor*, *Salvinia natans*, *Myriophyllum spicatum* L. и *Spirodela polyrhiza*, которые относятся к индикаторам высоко-трофных вод (то есть произошло выпадение из состава зарослей видов-индикаторов более низкого трофического уровня). На IV участке в условиях комплексного воздействия урбанизированной среды наблюдается еще большее обеднение видового состава макрофитов, а кривая встречаемости приближается к прямой за счет крайнего обеднения группы редко встречающихся видов, а также исчезновения группы константных (кроме *Ceratophyllum demersum*), что может свидетельствовать о значительном нарушении структуры зарослей вследствие крайне неблагоприятных экологических условий, которые складываются после прохождения реки городской сре-





4. Встречаемость водных макрофитов на различных участках р. Ворсклы: а — весь исследованный отрезок русла; б — I; в — II; г — III; д — IV; е — V.

ды. На V участке кривая не принимает формы, характерной для эталонного участка, в связи с тем, что качество среды, по-видимому, еще не восстановилось (см. рис. 4, е).

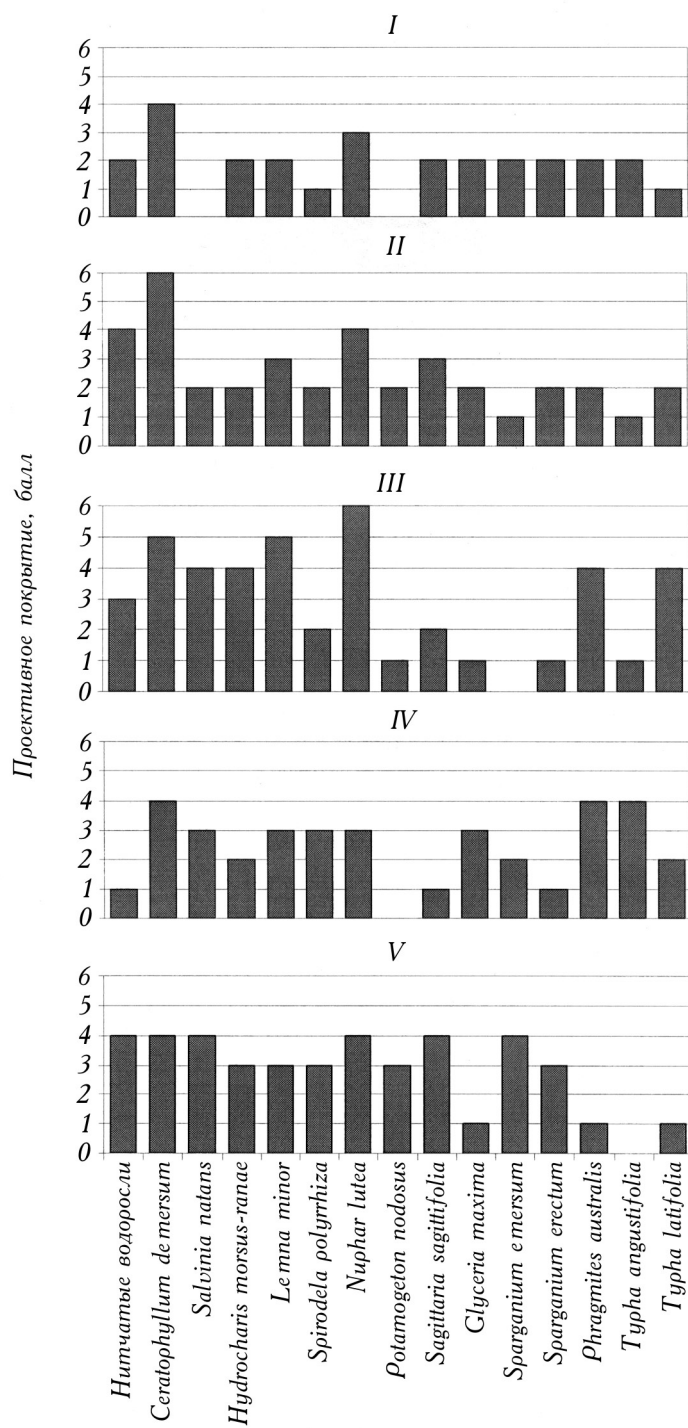
Таким образом, при усилении действия антропогенных факторов нарушается структура растительного покрова, что отражается на форме кривой встречаемости видов (ее приближение к прямой линии). Такая трансформация происходит в первую очередь за счет сокращения количества редко встречающихся видов, которые обычно являются стенотопными, в отличие от константных эвритопных.

*Обилие видов.* Показатели обилия отдельных организмов являются важной характеристикой качества среды, которая может отражать степень антропогенного воздействия. Для этого анализа рассматривалось обилие константных видов, которые обычно выступают ценозообразователями и определяют облик сообществ, а также видов, встречающихся редко, обычно с невысоким обилием, но являющихся довольно чувствительными индикаторами экологических условий. Обилие макрофитов выражали через проективное покрытие (ПП) и оценивали в баллах с использованием модифицированной шкалы Браун-Бланке: 1 балл — вид присутствует единично, 2 — ПП до 5%, 3 — 5—25%, 4 — 25—50%, 5 — 50—75%, 6 — более 75%.

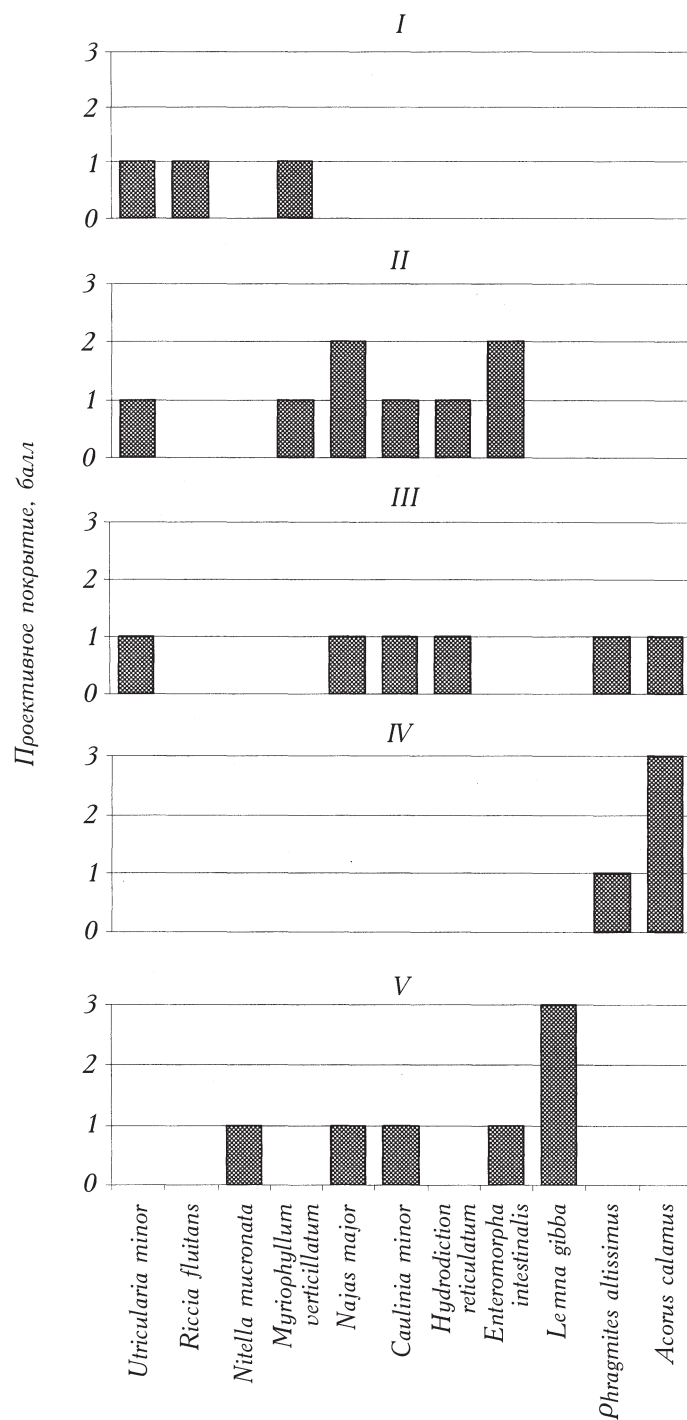
Для I участка отмечены 13 константных видов-ценозообразователей (рис. 5) со сравнительной выравненностью их обилия, и наличие только одного вида с более высокими показателями (*Ceratophyllum demersum*). На II участке встречаются все виды этой группы, выравненность их обилия нарушается, а количество видов с наивысшими показателями обилия увеличивается до трех (*Ceratophyllum demersum*, *Nuphar lutea*, нитчатая водоросль). Таким образом, если по видовому составу эти участки практически не различаются, то количественные характеристики макрофитов (ПП) увеличиваются, что может указывать на повышение трофического статуса.

Для III участка характерна резкая дифференциация видов по обилию, а большая группа видов имеет высокие значения, вплоть до максимальных (100% ПП) (*Ceratophyllum demersum*, *Nuphar lutea*, *Salvinia natans*, *Hydrocharis morsus-ranae*, *Lemna minor*, *Phragmites australis*, *Typha latifolia*), что является ответом растительности на усиление антропогенного евтрофирования реки в черте города. На IV участке этот показатель изменяется наиболее значительно: он заметно падает у всех видов (доминируют только три: *Ceratophyllum demersum*, *Phragmites australis*, *Typha angustifolia*), вследствие ингибирования развития макрофитов комплексом загрязняющих веществ. На V участке ниже города состав константных видов-доминантов восстанавливается, их обилие также выравнивается, однако оно значительно превышает показатели референсного участка, что свидетельствует о повышенном трофическом статусе после прохождения урбанизированной территории.

Интересно также проследить трансформацию обилия редко встречающихся видов (рис. 6). Так, на I участке были отмечены риччия плавающая и пузырчатка малая (*Utricularia minor* L.) — индикаторы олигосапробной зоны [4, 16]. На II участке встречалась лишь пузырчатка малая, а также появились виды — индикаторы евтрофных и даже гипертрофных водоемов: *Hydrodictyon reticulatum* Lagerheim, *Enteromorpha intestinalis*, *Caulinia minor* (All.) Coss. et Germ. и *Najas major* All. Ниже по течению, на III участке, эта группа видов практически сохранилась, отмечены также инвазивные виды (*Phragmites altissimus*, *Acorus calamus*), появление которых связано с нарушением прибрежных экотопов в черте города. На IV участке сохраняются только инвазивные виды с высоким обилием. На V, кроме уже встречавшихся ранее на II участке видов — индикаторов значительного евтрофирования, появляются *Lemna gibba* и *Nitella mucronata*, которые также указывают на высокий трофический статус этого участка.



5. Обилие константных видов-доминантов на различных участках (I—V) русла р. Ворсклы.



6. Обилие редко встречающихся видов на различных участках (I—V) русла р. Ворсклы.

*Индикаторные группы макрофитов.* Среди макрофитов, обнаруженных на изученном отрезке русла р. Ворсклы, можно выделить несколько групп растений по их приуроченности к участкам с различной степенью урбанизации ландшафта:

1) виды, встречающиеся на всех участках, — наиболее многочисленная группа (22 вида), представленная преимущественно эвритопными видами-ценозообразователями (*Phragmites australis*, *Typha angustifolia*, *T. latifolia*, *Ceratophyllum demersum*, *Nuphar lutea*, *Lemna minor* и др.), а также характерными для речных систем (*Butomus umbellatus* L., *Alisma plantago-aquatica* L., *Sagittaria sagittifolia*, *Sparganium erectum* и *S. emersum*). В данном случае индикаторной характеристикой является не наличие этих видов, а их обилие, которое изменяется по участкам (см. выше);

2) виды, встречающиеся лишь на участке выше города, — *Elodea canadensis* Michx., *Catabrosa aquatica* (L.) P. Beauv., *Equisetum fluviatile* L. и *Riccia fluitans*. Первые два являются индикаторами умеренного антропогенного воздействия, хвощ — мезо-евтрофных условий, популяции которого при усилении евтрофирования деградируют [7], а риччию относят к индикаторам олигосапробной зоны [4]. Последний вид на I референсном участке встречался массово в ценозах *Phragmites australis*, *Ceratophyllum demersum*, *Glyceria maxima* (C. Hartm.) Holmberg и *Typha latifolia* с ПП до 5%, выступая ассектатором наряду с *Lemna trisulca*, видами рода *Utricularia* L. и нитчатыми водорослями;

3) виды, произрастающие на участках выше города и в городе в условиях умеренного антропогенного воздействия (I—III), — *Myriophyllum verticillatum* L., *Utricularia minor*, *U. vulgaris* L. и *U. australis* R. Br. Большинство этих видов являются индикаторами  $\beta$ -мезосапробной зоны [16], а *U. minor* — олигосапробной, в связи с этим они закономерно исчезают из состава зарослей в условиях чрезмерного антропогенного воздействия и не встречаются ниже III участка. Таким образом, комплекс видов второй и третьей групп в данных условиях является индикатором референсных условий р. Ворсклы и незначительного антропогенного воздействия на речную систему;

4) виды, встречающиеся лишь на IV участке в условиях значительного антропогенного воздействия, — *Phragmites altissimus*, *Acorus calamus* — инвазивные виды, образующие сообщества на нарушенных прибрежных местообитаниях. Среди макрофитных водорослей показательна находка только на этом участке *Hydrodictyon reticulatum* — вида, характерного для евтрофных и гипертрофных водоемов [13];

5) виды, встречающиеся в городе в условиях урбанизированной среды и ниже города (III—V), — *Caulinia minor*, *Najas major*, *Enteromorpha intestinalis*, *Salvinia natans* и *Potamogeton nodosus*. Это виды — индикаторы евтрофных условий, подверженных антропогенному влиянию, с донными отложениями, богатыми питательными веществами [7], а зеленая водоросль *E. intestinalis* является индикатором  $\alpha$ -,  $\beta$ -мезосапробных зон [12];

б) виды, встречающиеся лишь на V участке, — *Lemna gibba* и *Nitella mucronata*. Ряска горбатая характерна для водоемов с высоким содержанием солей и органических веществ, усиление антропогенного евтрофирования стимулирует развитие ее популяций [7], поэтому появление этого вида ниже города в зарослях гелофитов, где возможна концентрация загрязняющих веществ, вполне закономерно. Вид встречался массово (ПП до 80%) и часто. Харовая водоросль *Nitella mucronata* зафиксирована один раз, но ее появление также объясняется последствиями антропогенного загрязнения реки, поскольку среди харовых водорослей она считается наименее чувствительной к евтрофированию [15]. Таким образом, виды четвертой — шестой групп являются индикаторами значительного антропогенного воздействия на экосистему реки.

Исходя из вышеизложенного можно утверждать, что изменение видового состава макрофитов на различных участках реки связано как со степенью антропогенной трансформации, так и с различной толерантностью отдельных видов к этому воздействию.

### Заключение

Показано, что степень трансформации урбанизированного ландшафта влияет на изученные структурные показатели макрофитов:

— при небольшой антропогенной нагрузке количество видов макрофитов увеличивается, с ее усилением — значительно уменьшается вплоть до минимального, что может свидетельствовать о критическом нарушении экосистемы;

— высокое сходство видового богатства отмечено между референсными станциями и станциями с незначительной трансформацией урбанизированной среды; при ее усилении сходство значительно уменьшается, а затем несколько восстанавливается на участке ниже города;

— среди экотипов макрофитов наиболее информативными для оценки экологического состояния водной экосистемы являются гигрогелофиты (отражают состояние прибрежных экотопов) и гидрофиты (индицируют состояние водной среды);

— кривая встречаемости видов при усилении действия антропогенных факторов проявляет тенденцию к выравниванию и приближению к прямой за счет крайнего обеднения группы редко встречающихся видов, а при дальнейшем увеличении нагрузки — также за счет исчезновения группы константных видов;

— величина обилия эвритопных видов-ценозообразователей является индикатором антропогенного евтрофирования водных систем, а появление редко встречающихся видов свидетельствует об изменении качества водной среды;

— при умеренном воздействии урбанизированной среды на речную экосистему происходит увеличение видового богатства, обилия видов и усложнение экологической структуры макрофитов. При дальнейшем усилении воздействия наблюдаются негативные изменения структурных показателей (упрощение,

обеднение), которые в условиях максимального воздействия урбосреды достигают критических значений. Показано, что на участке р. Ворсклы в 4,5 км ниже г. Полтавы структурные показатели макрофитов не соответствуют референсным в связи с тем, что качество водной среды не восстановилось до первоначального уровня (на участке выше города).

\*\*

*Досліджено трансформацію структурних показників макрофітів (видове багатство, розподіл за екогрупами, рясність, частота трапляння) на ділянках середньої річки, що різняться ступенем впливу урбанізованого середовища. Виділено відповідні індикаторні групи макрофітів.*

\*\*

*It was investigated the transformation of macrophytes structure indexes (species composition, distribution over the ecological groups, abundance, frequency) from various plots of a middle river, which differ by the degree of influence of urban environment. The appropriate indicator groups of macrophytes was distinguished.*

\*\*

1. Абакумов В.А., Максимов В.Н., Ганьшина Л.А. Экологические модуляции как показатель изменения качества воды // Научные основы контроля качества вод по гидробиологическим показателям: Тр. Всесоюз. конф. — Л., 1981. — С. 117—136.
2. Байрак О.М., Стецюк Н.О. Атлас рідкісних і зникаючих рослин Полтавщини. — Полтава: Верстка, 2005. — 248 с.
3. Байрак О.М., Стецюк Н.О. Конспект флори Полтавської області. Вищі судинні рослини. — Полтава: Верстка, 2008. — 196 с.
4. Барінова С.С., Мегведєва Л.А., Анисимова О.В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. — Тель-Авив: Pilies Studio, 2006. — 498 с.
5. Гомля Л.М., Давигов Д.А. Флора вищих судинних рослин Полтавського району. — Полтава: Техсервіс, 2008. — 212 с.
6. Грейг-Смит П. Количественная экология растений / Под ред. Т.А. Работнова и А.А. Уранова. — М.: Мир, 1967. — 359 с.
7. Дубына Д.В., Гейны С., Гроугова З. и др. Макрофиты — индикаторы изменений природной среды. — Киев: Наук. думка, 1993. — 434 с.
8. Израэль Ю.А., Абакумов В.А. Об экологическом состоянии поверхностных вод СССР и критериях экологического нормирования // Экологические модификации и критерии экологического нормирования. — Л.: Гидрометеиздат, 1991. — С. 7—18.
9. Иллчевский С.О. Зональное распределение растительности в окрестностях г. Полтавы // Журн. Рус. ботан. об-ва. — 1926. — Т. 11, вып. 3—4. — С. 277—283.
10. Іллічевський С. Список найцікавіших рослин околиць міста Полтави // Укр. бот. журн. — 1926. — № 4. — С. 34—40.

11. *Іллічевський С.* Флора околиць Полтави. З повним списком дикої рослинності // Зап. Полтав. с.-г. політехнікуму. — 1927. — Т. 1, № 2. — С. 19—49.
12. *Миронюк О.М., Ткаченко Ф.П.* Характеристика флористического состава фитобентоса реки Кучурган (Одесская область, Украина) // Вісн. Харк. нац. ун-ту. Сер. Біологія. — 2012. — Вип. 15, № 1008. — С. 67—75.
13. *Михеева Т.М.* Альгофлора Беларуси. Таксономический каталог. — Минск: Изд-во Белорус. ун-та, 1999. — 396 с.
14. *Попченко В.И.* Экологические модификации сообществ зообентоса в условиях загрязнения водных экосистем // Экологические модификации и критерии экологического нормирования. — Л.: Гидрометеоиздат, 1991. — С. 144—151.
15. *Hrivnák R., Otahelová H., Husak S.* *Nitella mucronata* and *N. translucens* — contribution to occurrence and ecology in Slovakia // *Biologia: Bratislava*. — 2001. — Vol. 56, N 1. — P. 13—15.
16. *Husak S., Sladeczek V., Sladeczkova A.* Freshwater macrophytes as indicators of organic pollution // *Acta hydrochem. hydrobiol.* — 1989. — Vol. 6. — P. 693—697.
17. *Guidance for the field assessment of macrophytes of river.* — Режим доступа: <http://www.eu-star.at/pdf/MacrophyteGuidance.pdf>