

УДК 911.2+581.5+504.54

А.Л. ГУСЕВ

ФИТОИНДИКАЦИЯ СОСТОЯНИЯ ВОДОЕМОВ В УРБОЛАНДШАФТЕ (на примере г. Гомеля)

Results of studying of aquatic and coastal vegetation of water bodies objects of a city landscape are considered. The plant communities being indicators of anthropogenous influence are revealed. On the basis of phytoindicator scales the estimation of a condition of water objects of Gomel is executed.

Деятельность человека оказывает значительное влияние на водные экосистемы, в том числе на их растительный компонент. Основными факторами воздействия на водную и прибрежную растительность являются: поступление сточных вод и питательных веществ с прилегающей территории, вызывающих эвтрофикацию, загрязнение нефтепродуктами, хлоридами, сульфатами, тяжелыми металлами, отложение ила, механическое повреждение и др. Значительная антропогенная нагрузка приходится на находящиеся на территории городов водоемы и водотоки, водная и прибрежная растительность которых может служить индикатором антропогенного воздействия на водные экосистемы в целом, уровня эвтрофикации стоячих и проточных вод.

Цель наших исследований - выявление показателей водной и прибрежной растительности, которые могут использоваться для определения состояния водной среды на территории Беларуси. Объект исследований - высшая водная и прибрежная растительность водоемов и водотоков, расположенных в пределах Гомеля. В ходе исследований выполнялась геоботаническая съемка на пробных площадках (размер 5x5, 2x2 м). Всего было обследовано 26 водоемов и водотоков различной величины. Для характеристики растительности каждого водоема использовалось от 5 до 20 описаний

ний. В пределах пробной площадки изучались характеристики экотопа (местоположение, микрорельеф, характер берега, дна, глубина водоема, прозрачность воды и т. д.) и антропогенная нагрузка (формы использования территории, выбитость травяного покрова и т. д.). Геоботанические описания сводились в фитоценологические таблицы, при обработке которых использовался эколого-флористический метод Браун-Бланке [1, 2]. Синтаксономическая диагностика ассоциаций выполнялась по В. Матушкевичу [3].

Для изучения экологических условий применялись фитоиндикационные шкалы Г. Элленберга [4] и Д.Н. Цыганова [5], содержащие балловые оценки экологических свойств видов растений по различным факторам среды для каждого геоботанического описания. При использовании шкал Цыганова расчет выполнялся методом средневзвешенной середины интервала. Достоверность отличий средних значений балловых оценок определялась по t -критерию Стьюдента.

Для оценки связи растительных сообществ (ассоциаций) с уровнем антропогенного воздействия в зависимости от его формы и интенсивности изучаемые водоемы и водотоки были разделены на три группы:

1 - водоемы и водотоки, расположенные на окраинах города, на удалении от промышленных и селитебных зон; основной фактор воздействия - рекреация;

2 - водоемы и водотоки, расположенные в центральной части города среди селитебной и промышленной застройки; основные факторы воздействия - рекреация и сток с прилегающих территорий (дворов, автостоянок, дорог, садово-огородных участков и т. д.);

3 - водоемы-отстойники, расположенные на территории промплощадок крупных предприятий, места спуска стоков и сточных вод; основные факторы воздействия - сточные воды, сток с полигонов отходов и промплощадок.

Оценка связи и проверка ее достоверности выполнялись соответственно с помощью известного коэффициента сопряженности Дайса (ТКД) и критерия Пирсона (χ^2) [6].

На основе выполненных в 2002-2006 гг. исследований установлено, что фитоценотическая структура водной и прибрежной растительности на территории Гомеля представлена 4 классами, 7 порядками, 8 союзами и 19 ассоциациями эколого-флористической классификации Браун-Бланке. Выделены сообщества, относящиеся к классам: *Lemnetea R. Tx. 1955* (сообщества свободно плавающих на поверхности и в толще воды растений-плейстофитов); *Potametea Klika in Klika et Novak 1941* (сообщества прикрепленных к дну растений с плавающими на поверхности или погруженными в толщу воды листьями); *Phragmitti-Magnocaricetea Klika in Klika et Novak 1941* (водные и околотовные сообщества прикрепленных к дну и возвышающихся над водой растений); *Bidentetea tripartiti Tx., Lohm. et Prsg. in Tx. 1950* (синантропные сообщества на богатых илистых мокрых почвах).

Растительные сообщества существуют в определенных экологических нишах, обусловленных в том числе антропогенными факторами. Особенно четко связь растительное сообщество - среда проявляется для синтаксонов уровня ассоциаций эколого-флористической классификации Браун-Бланке [1]. Нами выявлено, что ряд сообществ имеет достоверную сопряженность с уровнем антропогенной нагрузки на водную экосистему (табл. 1). Видно, что такие сообщества, как *Bidentietum tripartiti* и *Elodeetum canadensis*, положительно сопряжены с водоемами и водотоками 2-й группы, испытывающими высокую антропогенную нагрузку.

Сопряженность ассоциаций водной и прибрежной растительности с уровнем антропогенной нагрузки (коэффициент сопряженности ТКД)

Ассоциация	Группы водоемов и водотоков		
	1-я	2-я	3-я
Nypharo-lutei-Nyphareetum albae Nowinski 1930	+1,0	-1,0	-1,0
Stratiotetum aloidis (Nowinski 1930) Miljan 1933	-	-	-1,0
Elodeetum canadensis Egger 1933	-0,46	+0,46	-1,0
Ceratophylletum demersi Hild. 1956	-	-	-0,86
Spirodeletum polyrhizae (Kelhofer 1915) W. Koch 1954	+1,0	-1,0	-1,0
Lemnetum trisulcae (Kelhofer 1915) Knapp et Staffers 1962	+0,67	-0,83	-0,83
Butometum umbellati (Konczak 1968) Philippi 1973	+0,82	-0,82	-1,0
Typhetum latifolium G. Long 1973	+0,73	-0,73	-1,0
Phragmitetum australis (Gams 1927) Schmale 1939	+0,87	-1,0	-0,87
Bidentietum tripartiti W. Koch 1940	-0,86	+0,74	-0,86

Примечание. Указаны только достоверные значения ТКД ($\chi^2 > 3,84$).

Так, широкое распространение в водоемах Гомеля имеет ассоциация *Elodeetum canadensis*. Элодея канадская, или водяная чума (*Elodea canadensis* Rich.), - адвентивный вид, занесенный в Европу из Северной Америки (в первой половине XIX в.). Интенсивное размножение и миграция этого вида привели к формированию специфических сообществ водной растительности. Одноименная ассоциация характеризуется доминированием *Elodea canadensis* (проективное покрытие - 25÷50 %, постоянство - 80÷100 %). Проективное покрытие других видов незначительно (менее 5 %). С постоянством 40÷60 % встречаются *Lemna trisulca* L., *Ceratophyllum demersum* L., *Potamogeton crispus* L.; с постоянством 20÷40 % - *Lemna minor* L., *Stratiotes aloides* L. Вторая распространенная синантропная ассоциация *Bidentietum tripartiti* характеризуется относительно устойчивым видовым составом. Диагностические виды ассоциации: *Bidens tripartita* L., *Polygonum persicaria* L., *Ranunculus scelerantus* L. (постоянство - 80÷100 %). В составе данной ассоциации также отмечаются *Alisma plantago-aquatica* L., *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv., *Juncus bufonius* L., *Lycopus europaeus* L., *Cirsium arvense* (L.) Scop. Данная ассоциация формируется на берегах водоемов, подверженных интенсивному рекреационному воздействию, основным фактором которого является вытаптывание. Ассоциация широко распространена по берегам водоемов 2-й группы.

Ряд сообществ распространен преимущественно в водоемах 1-й группы - *Nypharo-lutei-Nyphareetum albae*, *Phragmitetum communis*, *Butometum umbellati* и др. Это сообщества, слабо устойчивые к антропогенным стрессам. Например, ассоциация *Phragmitetum communis* (Gams 1927) Schmale 1939, наблюдающаяся в широком диапазоне природных экологических условий, но редко встречающаяся по берегам водоемов с высоким уровнем антропогенной нагрузки. Диагностическим признаком ассоциации является доминирование тростника обыкновенного (*Phragmites communis* Trin.), имеющего здесь проективное покрытие более 50 %. Виды *Typha latifolia* L., *Typha angustifolia* L., *Lycopus europaeus* L., *Lythrum salicaria* L., *Alisma plantago-aquatica* L. имеют значительно меньшее покрытие.

Ассоциаций, положительно сопряженных с водоемами 3-й группы, не обнаружено (см. табл. 1). Это объясняется тем, что условия здесь крайне неблагоприятны для формирования «нормальных» сообществ водной и прибрежной растительности.

Для оценки некоторых характеристик водной среды нами были использованы фитоиндикационные шкалы Г. Элленберга (шкала азотообеспеченности N, шкала кислотности R) и Д.Н. Цыганова (шкала азотообеспеченности Nt, шкала кислотности Rc, шкала солевого богатства Tr). На основе описаний водной и прибрежной растительности были рассчитаны средние балловые оценки для водоемов Гомеля, а затем для групп водоемов (табл. 2). Колебания азотообеспеченности по шкале N в исследуемых водоемах находятся в интервале 5,80÷7,80, по шкале Nt - в интервале 6,10÷8,14. Колебания значений кислотности по шкале R находятся в пределах 6,3÷7,5, по шкале Rc - 6,8÷8,1 (что примерно соответствует значениям рН=6,5÷8,5). Значения шкалы солевого богатства изменяются от 6,9 до 8,9 балла.

Таблица 2

Фитоиндикаторы состояния водоемов на территории Гомеля

	Группы водоемов и водотоков		
	1-я	2-я	3-я
Содержание азота по шкале Г. Элленберга (N)	6,60±0,09	7,12±0,08	7,53±0,10
Содержание азота по шкале Д.Н. Цыганова (Nt)	6,56±0,05	7,23±0,06	7,76±0,09
Кислотность по шкале Г. Элленберга (R)	7,23±0,10	7,08±0,11	6,84±0,15
Кислотность по шкале Д.Н. Цыганова (Re)	7,70±0,09	7,61 ±0,08	7,09±0,10
Солевое богатство по шкале Д.Н. Цыганова (Tr)	8,04±0,06	8,03±0,07	7,90±0,07
Фитосоциологический спектр, % от числа видов			
Lemnetea R.Tx. 1955	9,5	10,2	3,5
Potametea Klika in Klika et Novak 1941	21,8	22,0	-
Phragmitti-Magnocaricetea Klika in Klika et Novak 1941	44,7	42,5	3,5
Bidentetea tripartitae R.Tx., Lohm. et Prsg. in R.Tx. 1950	0,6	13,7	32,2
Stellarietea media (Br.-Bl. 1931) Tx., Lohmeyer et Preising in Tx. 1950 em Huppe et Hofmeister 1990	0,6	3,2	15,5
Artemisietea vulgaris, Agropyretea repentis, Plan-taginetea majoris, Galio-Urticetea	5,2	8,3	29,8

Видно, что водоемы 3-й группы характеризуются высокими значениями оценок по шкалам азотообеспеченности (см. табл. 2). Для водоемов 1-й группы характерны наименьшие величины азотообеспеченности. По шкалам кислотности между водоемами 1-й и 2-й групп достоверных отличий нет. Достоверное снижение рН отмечается в водоемах 3-й группы. Причем применение шкал Г. Элленберга и Д.Н. Цыганова дает схожие результаты. По шкале солевого богатства (Tr) достоверных различий между тремя группами водоемов не наблюдается.

Фитоценотическая структура растительности связана с экологическими условиями, прежде всего со степенью эвтрофированности водоема, которая во многом определяется содержанием соединений азота. Так, для водоемов с высоким содержанием азота (более 7 баллов) характерны ассоциации: *Stratiotetum aloidis*, *Lemno-Hydrocharitetum*, *Typhetum latifolium*, *Bidentietum tripartiti*. В водоемах, для которых значения по шкалам азотообеспеченности составили 7,7÷8 баллов и более, водная раститель-

ность, как правило, отсутствует полностью (например, пруд-отстойник оз. Дедно), при умеренном содержании азота (ниже 7 баллов) широко распространены такие сообщества, как *Nypharo-lutei-Nyphareetum albae*, *Lemnetum trisulcae*, *Phragmitetum australis*, *Butometum umbellati*.

Изменение эколого-фитоценотической структуры отражается в фитосоциологическом спектре (соотношение диагностических видов различных классов растительности). По мере роста антропогенной нагрузки наблюдается увеличение доли видов классов синантропной растительности (*Bidentetea*, *Stellarietea*, *Artemisietea* и т. д.), причем в водоемах 3-й группы они доминируют.

Таблица 3

Фитоиндикаторы состояния оз. Дедно

Показатель	Оз. Дедно			Залив р. Сож, расположенный выше по течению (фоновый водоем)
	Пруд-отстойник	Залив вблизи дамбы	Залив в месте соединения с р. Сож	
Содержание азота по шкале Г. Элленберга (N)	7,93±0,15	6,93±0,11	6,92±0,16	5,88±0,12
Содержание азота по шкале Д.Н. Цыганова (Nt)	8,14±0,11	7,03±0,08	6,96±0,08	6,18±0,10
Кислотность по шкале Г. Элленберга (R)	7,00±0,15	7,00±0,16	6,93±0,16	7,00±0,11
Кислотность по шкале Д.Н. Цыганова (Re)	6,86±0,12	8,12±0,09	7,86±0,07	8,05±0,10
Солевое богатство по шкале Д.Н. Цыганова (Tr)	8,85±0,14	8,59±0,10	8,61±0,11	8,10±0,11
Фитосоциологический спектр, % от числа видов				
<i>Lemnetea</i> R. Tx. 1955	-	10,5	6,7	9,1
<i>Potametea</i> Klika in Klika et Novak 1941	-	36,8	40,0	36,4
<i>Phragmitti-Magnocaricetea</i> Klika in Klika et Novak 1941	-	42,1	20,0	54,5
<i>Bidentetea tripartitae</i> R.Tx., Lohm. et Prsg. in R. Tx. 1950	50,0	10,6	13,3	-
<i>Stellarietea media</i> (Br.-Bl. 1931) Tx., Lohmeyer et Preising in Tx. 1950 em Huppe et Hofmeister 1990	16,7	-	-	-

В табл. 3 приводятся результаты фитоиндикации оз. Дедно, находящегося на территории Центрального района Гомеля и представляющего собой разделенную на две части старицу р. Сож. Первая часть озера служит прудом-отстойником для одного из городских коллекторов, вторая является заливом р. Сож, используемым в целях рекреации. Сравнение проводилось с другим заливом, расположенным выше по течению. Видно, что наибольшие отличия характерны для шкал азотообеспеченности, в меньшей степени - для шкалы солевого богатства. По шкале кислотности R достоверных отличий нет, тогда как по шкале Rc наблюдается существенное снижение pH в пруде-отстойнике. В значительной степени по градиенту антропогенного воздействия трансформируется фитосоциологический спектр растительности. В водоеме-отстойнике естественная водная и даже береговая растительность отсутствует, а растительный покров представлен группировками синантропных видов-нитрофилов.

Таким образом, для экологической оценки состояния водной среды в урболандшафте можно использовать комплекс показателей высшей водной и прибрежной растительности, которая отражает суммарный эффект воздействия различных антропогенных факторов.

1. Миркин Б.М., Наумова Л.Г., Соломещ А.И. Современная наука о растительности. М., 2002.
2. Braun-Blanquet J. Pflanzensociologie. Wien; New York, 1964.
3. Matuszkiewicz W. Przewodnik do oznaszania zbiorowisk roslinnych Polski. Warszawa, 1984.
4. Ellenberg H. Zeigerwerte der Gefasspflanzen Mitteleuropas. Gottingen, 1974.
5. Цыганов Д.Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М., 1983.
6. Миркин Б.М. Закономерности формирования растительности речных пойм. М., 1974.

Поступила в редакцию 02.02.07.

Андрей Петрович Гусев - доцент кафедры экологии, декан геолого-географического факультета ГГУ им. Ф. Скорины.