

УДК 502.51(282):582.26/.27(477.81)

И. Л. Суходольская¹, О. В. Мантурова², И. Б. Грюк¹

**ФИТОПЛАНКТОН МАЛЫХ РЕК РОВЕНСКОЙ
ОБЛАСТИ (УКРАИНА) И СВЯЗЬ ЕГО
КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ С
СОДЕРЖАНИЕМ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

Проанализирована связь между количественными характеристиками фитопланктона и содержанием неорганических соединений азота и фосфора в воде малых рек Ровенской области (Украина). Установлена позитивная корреляция между отношением N : P и биомассой фитопланктона.

Ключевые слова: поверхностные воды, малые реки, биогенные элементы, фитопланктон, биомасса, численность.

Фитопланктону принадлежит ведущая роль в функционировании водных экосистем. За счет его фотосинтеза формируются потоки энергии и пул автохтонных органических веществ водоемов. Фитопланктон является основным агентом формирования качества воды благодаря участию в самоочищении, физико-химической трансформации и биологическом круговороте веществ [3, 11, 12].

В процессе жизнедеятельности планктонные водоросли существенно модифицируют условия водной среды, влияя на кислородный режим, pH, содержание биогенных элементов и др. [5, 11, 12]. Вследствие экскреции прижизненных и, особенно, постлетальных метаболитов водорослей в воде увеличивается содержание органических веществ. При их минерализации она обогащается неорганическими соединениями азота и фосфора. Чаще всего высокая концентрация этих соединений отмечается при снижении температуры, когда процессы их ассимиляции гидробионтами замедляются [13].

Между содержанием различных форм неорганического растворенного азота и фосфора и биомассой фитопланктона может наблюдаться как обратная, так и прямая связь [2, 7, 8, 13], однако информации о причинах того или иного характера этих зависимостей в литературе недостаточно. Изменение количественных показателей и видового состава фитопланктона под влиянием природных и антропогенных факторов может служить важным индикатором состояния водных экосистем [7, 12].

© И. Л. Суходольская, О. В. Мантурова, И. Б. Грюк, 2015

Целью исследования было установить особенности динамики развития фитопланктона и его связи с содержанием биогенных элементов в воде малых рек Ровенской области, различающихся уровнем антропогенной нагрузки на водосбор.

Материал и методика исследований. Исследовали реки четырех условно выделенных типов территорий, различающихся уровнем и характером антропогенной нагрузки: рекреационной (р. Простырь), урбанизированной (р. Устя, г. Ровно), аграрной (р. Иква) и техногенно-трансформированной (р. Устя, г. Здолбунов) [17].

Река Простырь является правым притоком р. Припяти, протекает по территории Украины (Ровенская обл.) и Республики Беларусь. Общая длина реки — 18 км, площадь водосбора — 92 км² (в пределах Ровенской области соответственно 5 км и 24 км²). На территории Ровенской области берега реки пологие, заросшие высшими водными растениями. Ширина русла — свыше 80 м, глубина — 0,3—2,5 м, скорость течения — до 0,45 м/с [19]. Основным источником загрязнения р. Простырь являются сточные воды животноводства и частных усадеб.

Река Устя является левым притоком р. Горынь. Ее длина составляет 68 км, площадь водосбора — 755 км², ширина русла — 25—27 м, глубина — 1,2—1,6 м, скорость течения колеблется от 0,2 до 0,8 м/с [6, 9]. На качество воды значительно влияют сбросы недостаточно очищенных сточных вод предприятий Здолбуновского и Ровенского районов.

Река Иква является правым притоком р. Стырь, протекает по территории Львовской, Тернопольской и Ровенской областей. Ее длина составляет 156 км, площадь бассейна — 2250 км² [9]. Русло на отдельных участках регулировано прудами и водохранилищами. Ширина русла изменяется от 5 до 25 м, глубина — от 0,5 до 2,2 м. Скорость течения составляет 0,2—0,6 м/с в межень и 0,45—1,3 м/с в многоводные периоды. Максимальное антропогенное воздействие испытывает участок р. Иква на территории Ровенской области. Источником загрязнения являются сбросы с очистных сооружений населенных пунктов, находящихся в водоохраной зоне, городская свалка, а также промышленные, сельскохозяйственные стоки и смывы средств химизации с полей.

Гидробиологические и гидрохимические пробы отбирали ежемесячно с мая по октябрь 2013 г. на глубине 0,2—0,5 м и обрабатывали по общепринятым методикам [14]. Проанализировано 72 пробы фитопланктона и 144 гидрохимических (отобранных соответственно на трех и шести створах в пределах каждой территории). Результаты определения содержания NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- и PO_4^{3-} опубликованы ранее [16—18].

При отборе проб измеряли температуру воды, pH и содержание растворенного кислорода. В силу климатических условий разница между температурой воды за период исследований была незначительной (от 15,0 до 20,5°C). Содержание растворенного кислорода варьировало от 3,0 до 4,8 мг/дм³, pH — от 4,1 до 7,5.

Результаты исследований и их обсуждение

Фитопланктон. К важнейшим факторам, определяющим численность и биомассу фитопланктона рек, относятся водность, динамика водных масс (скорость течения), интенсивность и масштабы половодья, климатические условия (температура, инсоляция) и поступление химических веществ [3, 12]. За период исследований в водных объектах обнаружено 199 видов (205 видов и внутривидовых таксонов) планктонных водорослей из восьми отделов: Bacillariophyta — 72 (74), Chlorophyta — 66 (67), Euglenophyta — 26 (27), Цианопроккариота — 20 (22), Chrysophyta — 7, Dinophyta — 4, Cryptophyta и Xanthophyta — по 2 вида. Состав и сезонная динамика развития фитопланктона в водных объектах каждой из территорий различались.

В фитопланктоне р. Простырь максимальное количество видов (51 из пяти отделов) зарегистрировано в мае (рис. 1). Наиболее разнообразно были представлены Bacillariophyta — 34 вида (66,7%) и Chlorophyta — 10 (19,6%). Доминировали диатомовые водоросли — 78,5% общей численности и 81,8% общей биомассы. В июне было обнаружено всего девять видов. По численности преобладал *Desmodesmus communis* (Hegew.) Hegew. (41,7%), по биомассе — *Synedra ulna* (Nitzsch.) Ehr. (40,7%) и *Cocconeis placentula* Ehr. (36,7%). В июле было отмечено по пять видов Bacillariophyta и Chlorophyta и один Cryptophyta. Наибольшей численности достигали *Crucigenia tetrapedia* (Kirchn.) W. et G.S. West и *Pseudodidymocystis planctonica* Korsch. (по 26,7%), биомассы — *Diatoma vulgare* Bory (45,9%). В августе количество видов увеличилось до 32, из которых 15 относились к зеленым и 13 — к диатомовым. По численности преобладала мелкоклеточная синезеленая водоросль *Merismopedia punctata* Meyen (21,8%), а по биомассе — *Gyrosigma acuminatum* (Kütz.) Rabenh. (28,4%).

В сентябре было зарегистрировано 15 видов диатомовых, десять — зеленых и пять — эвгленовых водорослей. Максимальной численности достигали *Coelastrum astroideum* De-Not. (19,9%) и *Desmodesmus communis* (17,7%), биомассы — *Gyrosigma acuminatum* (27%) и *Surirela biseriata* Brèb. in Brèb. et God (14,7%). В октябре количество видов снизилось до 19, из которых 16 относились к диатомовым и три — к зеленым. По количественным показателям доминировала *Aulacoseira granulata* (Ehr.) Sim. (52,1% численности и 46,3% биомассы). В целом за период исследований количественные показатели фитопланктона р. Простырь колебались в широких пределах: численность — от 172 до 4525 тыс. кл/дм³, биомасса — от 0,121 до 3,729 мг/дм³.

Фитопланктон р. Устья, дренирующей урбанизированную территорию, в мае насчитывал 58 видов из восьми отделов. Наибольшим количеством видов характеризовались отделы Chlorophyta — 25, Bacillariophyta — 18 и Euglenophyta — семь (см. рис. 1). По численности преобладал *Aphanizomenon flos-aquae* (22% общей), по биомассе — *Aulacoseira granulata* (27,0%) и *Synedra ulna* (18,5%). В июне было обнаружено 68 видов. По численности и биомассе доминировали центрические диатомовые (виды рода *Cyclotella* Kütz.). В июле обнаружено 49 видов, наиболее широко были представлены зеленые (20) и диатомовые (16) водоросли. По численности доминировали синезеленые *Gomphosphaeria lacustris* Chod. (15,4%) и *Aphanizomenon flos-aquae* (L.)

Ralfs (14,5%), по биомассе — диатомея *Stephanodiscus hantzschii* Grun. (13%) и представитель динофитовых *Gymnodinium sp.* (10,7%). В августе количество видов осталось прежним, но изменилось соотношение ведущих отделов — зеленых было зарегистрировано 30, а диатомовых — 10 видов. По численности продолжал доминировать *Aphanizomenon flos-aquae* (28,7%), к нему добавилась *Cyclotella sp.* (13,3%), по биомассе преобладали центрические диатомовые (преимущественно *Cyclotella sp.* (36,2%) и *Stephanodiscus hantzschii* (10,8%)).

В сентябре количество видов снизилось до 40, из которых зеленых было 22, диатомовых — девять и эвгленовых — пять. Безусловным доминантом был *Stephanodiscus hantzschii*, достигавший 63,9% численности и 92,8% биомассы. В октябре был обнаружен 31 вид. По численности преобладали *Aphanizomenon flos-aquae* (17,2%), *Cyclotella sp.* (14,3%) и *Synedra acus* Kütz. (11,6%), по биомассе — *Synedra acus* (24,1%) и *Cyclotella sp.* (17,3%). В целом численность фитопланктона р. Устья колебалась в пределах 4964,6—11 380,0 тыс. кл/дм³, биомасса — 1,133—2,902 мг/дм³.

В планктоне р. Иквы, протекающей по аграрной территории, в мае зарегистрирован 51 вид водорослей из пяти отделов, при этом зеленые и диатомовые были представлены почти одинаково — соответственно 22 и 20 видами (см. рис. 1). Наибольшей численности достигали *Desmodesmus communis* (15,6%) и *Microcystis pulverea* (Wood) Forti emend. Elenk. (10,3%), биомассы — *Aulacoseira granulata* (17,1%) и *Melosira varians* Ag. (10,0%). В июне и июле количество видов составляло соответственно 47 и 50, соотношение зеленых и диатомовых водорослей практически не изменилось. В июне по численности доминировала *Synedra acus* (10,8%), в июле — *Desmodesmus communis* (16,1%), по биомассе в июне преобладали *Synedra acus* (23,4%) и *Aulacoseira granulata* (22,1%), в июле — *Ceratium hirundinella* (O. Müll.) Bergh (66,3%). В августе количество видов возросло до 55, соотношение зеленых и диатомовых не изменилось. По численности продолжал доминировать *Desmodesmus communis* (25,3%), максимальной биомассы достигали крупноклеточные диатомовые *Gyrosigma acuminatum* (16,5%) и *Surirella robusta* Ehr. (12,2%).

В сентябре зарегистрировано 50 видов водорослей, доля зеленых и диатомовых несколько уменьшилась, но их соотношение осталось прежним, при этом увеличилось количество эвгленовых. По численности доминировал *Acutodesmus acuminatus* (Lagerh.) Hegew. et Hanagata (16,2%), по биомассе — *Cumatopleura solea* (Breb.) W. Sm. и *Aulacoseira granulata* (соответственно 10,0 и 10,9%). В октябре количество видов уменьшилось до 23, среди них преобладали диатомовые — 14 видов. Состав доминантов расширился и включал: по численности — *Cyclotella sp.* (20,9%), *Desmodesmus communis* (12,8%) и *Dinobryon divergens* Imhof (11,2%), по биомассе — *Aulacoseira granulata* (25,4%), *Stephanodiscus hantzschii* (15,9%) и *Cyclotella sp.* (10,5%). В целом численность и биомасса фитопланктона р. Иквы колебалась в широких пределах — 389,6—7070,8 тыс. кл/дм³ и 0,282—4,067 мг/дм³.

В фитопланктоне р. Устья на техногенно-трансформированной территории в мае было обнаружено 52 вида, из которых 32 — диатомовых и 12 — зе-

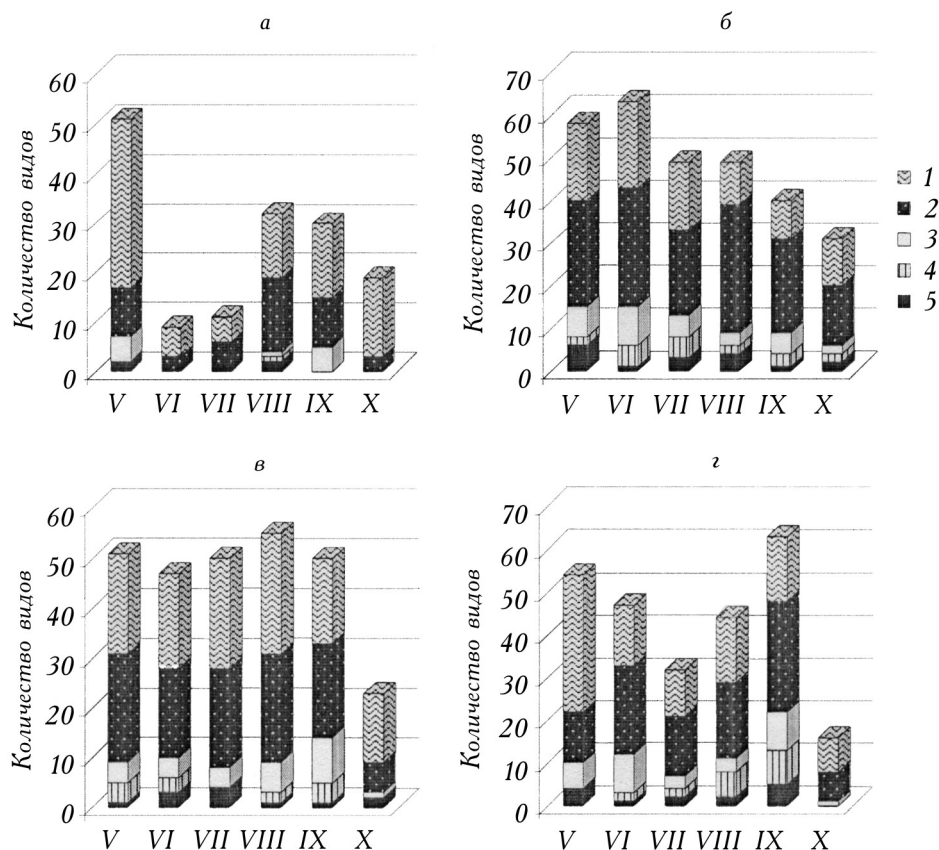
ленных (см. рис. 1). По численности доминировал *Dictyosphaerium tetrachotomum* Printz. (12,0%), по биомассе — *Synedra ulna* (31,1%) и *Aulacoseira granulata* (13,9%). В июне количество видов уменьшилось до 47, при этом видовое богатство зеленых увеличилось до 21 вида, эвгленовых — до девяти, а диатомовых — уменьшилось до 14. Максимальной численности достигал *Microcystis pulverea* (20%), биомассы — *Aulacoseira granulata* (18,4%) и *Cocconeis placentula* (11,7%). В июле количество видов водорослей в планктоне уменьшилось до 32, из которых 14 было зеленых и 11 — диатомовых. Наибольшей численности достигали синезеленые *Microcystis aeruginosa* Kütz. emend Elenk. (51,0%) и *Merismopedia tenuissima* Lemm. (11,0%), биомассы — *Gymnodinium sp.* (22,8%) и *Aulacoseira granulata* (15,5%). В августе было зарегистрировано 44 вида, соотношение зеленых и диатомовых осталось прежним. По численности доминировали мелкоклеточные синезеленые *Merismopedia punctata* и *Gomphosphaeria lacustris* (соответственно 19,4 и 16,3%), по биомассе — диатомеи *Gyrosigma acuminatum* (18,3%) и *Cyclotella sp.* (13,4%).

В сентябре количество видов увеличилось до 63, из которых 26 относились к Chlorophyta, 15 — Bacillariophyta, девять — Euglenophyta и восемь — Cyanophyta. По численности доминировали *Stephanodiscus hantzschii* (13,8%) и *Microcystis pulverea* (11,9%), по биомассе — *Stephanodiscus hantzschii* (45,1%). В октябре количество видов сократилось до 16, доля зеленых и диатомовых были практически одинаковой — соответственно восемь и семь. Состав доминантов расширился и включал по численности *Cyclotella sp.* (21,1%), *Aulacoseira granulata* (13,4%) и *Chlamydomonas sp.* (11,5%), по биомассе — *Aulacoseira granulata* (47%), *Stephanodiscus hantzschii* (15,1%) и *Chlamydomonas sp.* (11,7%). Таким образом, максимальных количественных показателей достигали центрические диатомовые водоросли. Численность и биомасса фитопланктона р. Устья также изменялись в широких пределах — 108,5—6460,4 тыс. кл/дм³ и 0,064—1,678 мг/дм³.

Таким образом, в исследованных реках наибольшим видовым богатством и количественными показателями характеризовались отделы Bacillariophyta, Chlorophyta и Euglenophyta.

Связь развития фитопланктона с содержанием биогенных элементов. Химический состав воды является одним из основных экологических факторов, определяющих структурно-функциональные характеристики сообществ гидробионтов. Азот и фосфор, влияя на интенсивность развития фитопланктона [7], определяют биологическую продуктивность водных экосистем, их дефицит приводит к снижению интенсивности фотосинтеза, а избыточное поступление часто становится причиной евтрофикации водоемов и их загрязнения [15]. Наиболее широко распространенной формой нахождения азота в водоемах считаются его оксиды, а фосфора — полифосфаты [1].

Известно, что водоросли усваивают минеральный азот в форме ионов аммония (NH_4^+), нитрит-ионов (NO_2^-) и нитрат-ионов (NO_3^-). Главное различие между поглощением ионов NO_3^- и NH_4^+ заключается в разной чувствительности к рН среды: NH_4^+ лучше усваиваются при нейтральной реакции



1. Динамика видового состава фитопланктона малых рек Ровенской области: рекреационной территории (а); урбанизированной территории (б); аграрной территории (в); техногенно-трансформированной территории (г).

pH (≈ 7), в то же время оптимальными условиями для поглощения NO_3^- является кислая реакция (pH $\approx 5,5$) [20].

Как показали полученные результаты [20—22], исследованные водные объекты характеризовались достаточно высоким содержанием NH_4^+ и PO_4^{3-} . В реках на всех территориях максимальная концентрация NH_4^+ отмечена в мае, июне и октябре, PO_4^{3-} — в октябре, а в р. Усте — в июне (рис. 2—5).

В реках на рекреационной и урбанизированной территориях минимальное содержание NH_4^+ установлено в июле (соответственно 0,460 и 0,591 мг/дм³), а максимальное — в июне (1,814 и 2,397 мг/дм³, что превышало ПДК_{рыбохоз} соответственно в 3,6 и 4,8 раза). В реке на аграрной территории наименьшее содержание NH_4^+ (0,283 мг/дм³) зарегистрировано в августе, а наибольшее (1,526 мг/дм³ или 3,1 ПДК_{рыбохоз}) — в мае. В реке на техногенно-трансформированной территории этот показатель был минимальным (0,380 мг/дм³) в июле и максимальным (1,123 мг/дм³) — в мае.

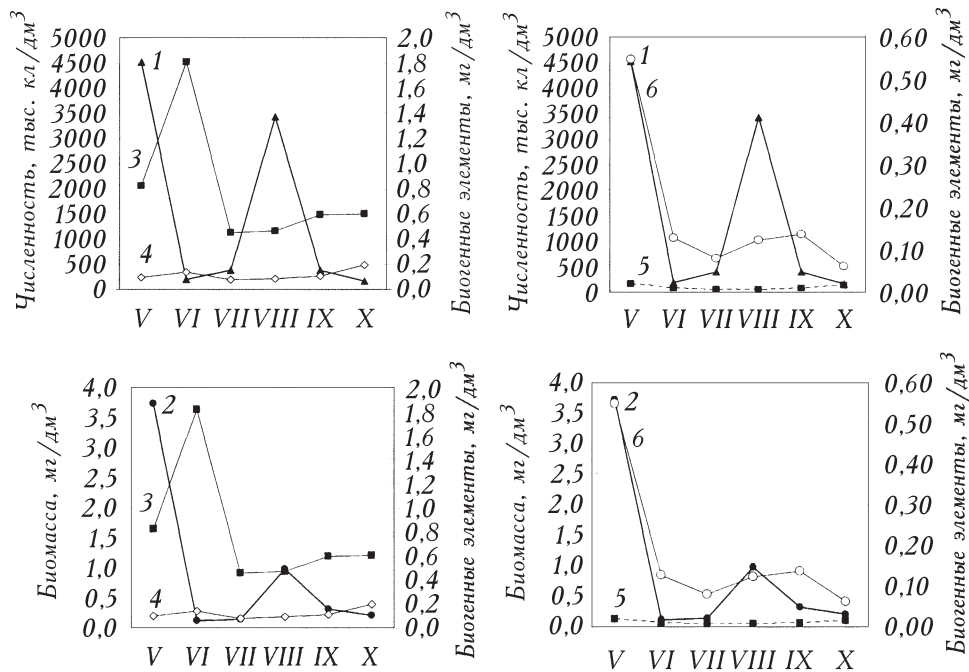
Содержание нитритов в реке на рекреационной территории изменялось от 0,020 мг/дм³ в мае до 0,007 мг/дм³ в июле и августе, то есть было значительно ниже ПДК_{рыбохоз} (0,080 мг/дм³), а в реке на урбанизированной территории — от 0,033 мг/дм³ в мае до 0,007 мг/дм³ в августе и сентябре. Содержание нитритов в реке на аграрной территории колебалось от 0,020 мг/дм³ в мае, июне и июле до 0,026 мг/дм³ в августе, а на техногенно-трансформированной — от 0,010 мг/дм³ в августе до 0,023 мг/дм³ в сентябре (см. рис. 2—5). Таким образом, среди всех исследованных рек наиболее высокое содержание нитритов отмечено в реке на урбанизированной территории в мае.

Содержание нитратов в поверхностных водах, как правило, невелико. Их наличие в природных водоемах может быть связано с внутриводоемными процессами, поступлением хозяйственно-бытовых стоков и др. [1, 4]. В реке на рекреационной территории минимальное содержание NO₃⁻ (0,062 мг/дм³) отмечено в октябре, максимальное (0,549 мг/дм³) — в мае, на урбанизированной территории — соответственно в сентябре (0,035 мг/дм³) и мае (0,208 мг/дм³). Содержание нитратов в реке на аграрной территории колебалось от минимального (0,115 мг/дм³) в июне до максимального (0,436 мг/дм³) в октябре, а на техногенно-трансформированной — соответственно от 0,058 мг/дм³ в августе до 0,509 мг/дм³ в сентябре. В течение лета оно постепенно уменьшалось.

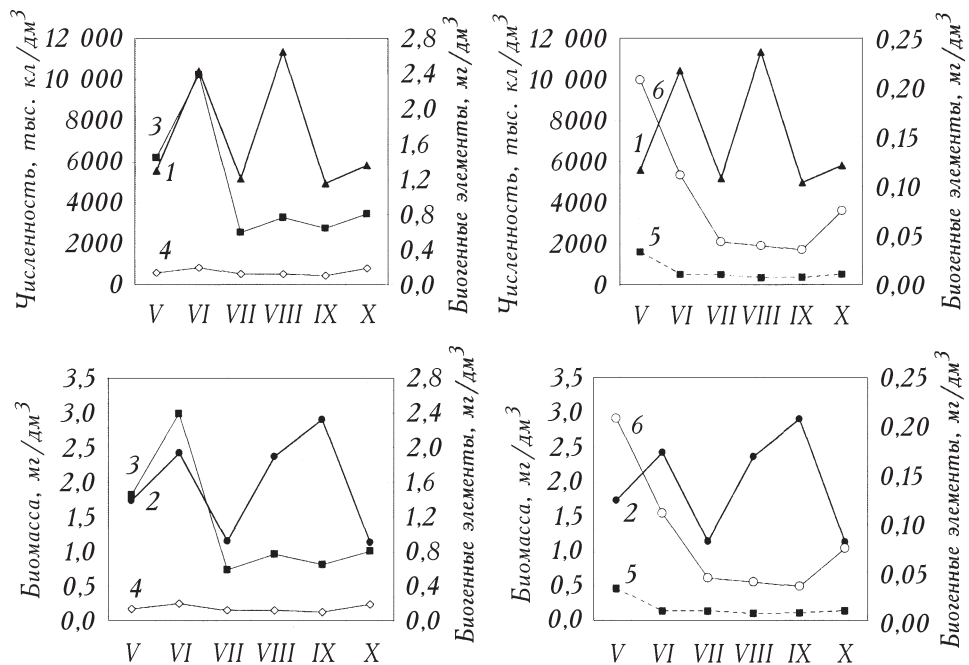
В реке на рекреационной территории минимальное содержание PO₄³⁻ отмечено в июле и августе (соответственно 0,08 и 0,09 мг/дм³), максимальное — в октябре (0,20 мг/дм³). В реке на урбанизированной территории содержание PO₄³⁻ колебалось от наименьшего (0,10 мг/дм³) в сентябре до наибольшего (0,20 мг/дм³) в июне, в реке на аграрной территории — от 0,10 в июле до 0,22 мг/дм³ в октябре. В реке на техногенно-трансформированной территории этот показатель был минимальным (0,06 мг/дм³) в июле и максимальным (0,20 мг/дм³) в октябре. Содержание PO₄³⁻ в реках на рекреационной, аграрной и техногенно-трансформированной территориях характеризовалось одним максимумом осенью, а в реке на урбанизированной — двумя, летом и осенью.

Динамика количественных показателей развития планктонных водорослей в реках на всех исследованных территориях была тесно связана с динамикой содержания PO₄³⁻, NH₄⁺ и NO₃⁻ и в меньшей степени содержания NO₂⁻ (см. рис. 2—5). Так, с повышением численности фитопланктона концентрация указанных соединений азота и фосфора снижалась, что связано с их активным поглощением клетками водорослей [7, 8]. При уменьшении их обилия содержание PO₄³⁻ в воде рек на рекреационной территории повышалось в июне, сентябре и октябре, на урбанизированной и техногенно-трансформированной — в октябре, на аграрной — в сентябре и октябре. Содержание NH₄⁺ возрастало при снижении численности фитопланктона в реке на рекреационной территории в июне, сентябре и октябре, в реках на урбанизированной и техногенно-трансформированной территориях — в августе и октябре, а на аграрной — в сентябре и октябре.

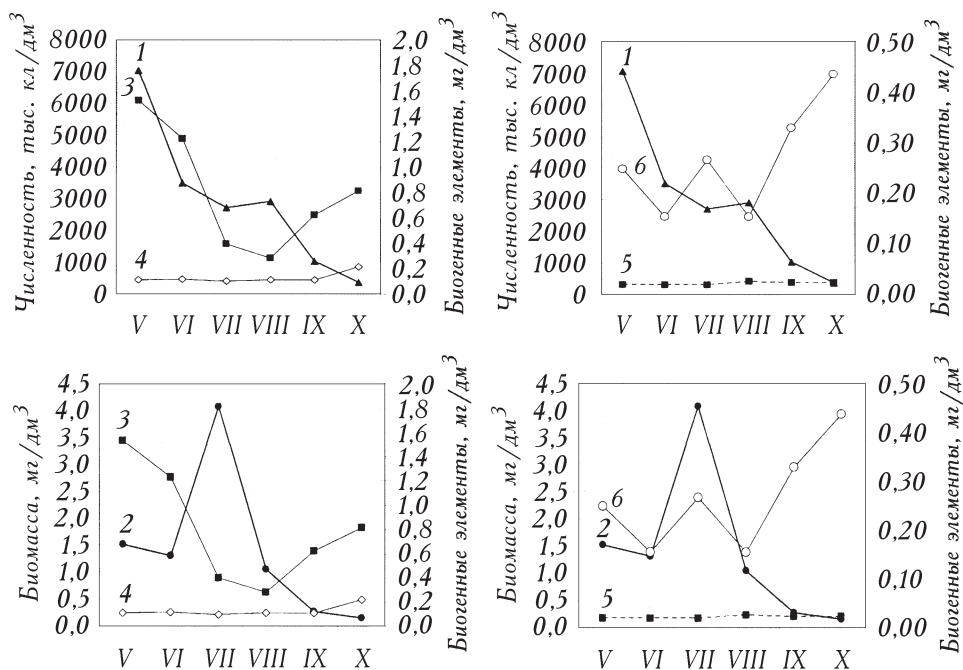
При снижении численности водорослей концентрация нитрат- и нитрит-ионов возрастала в реке на рекреационной территории в сентябре,



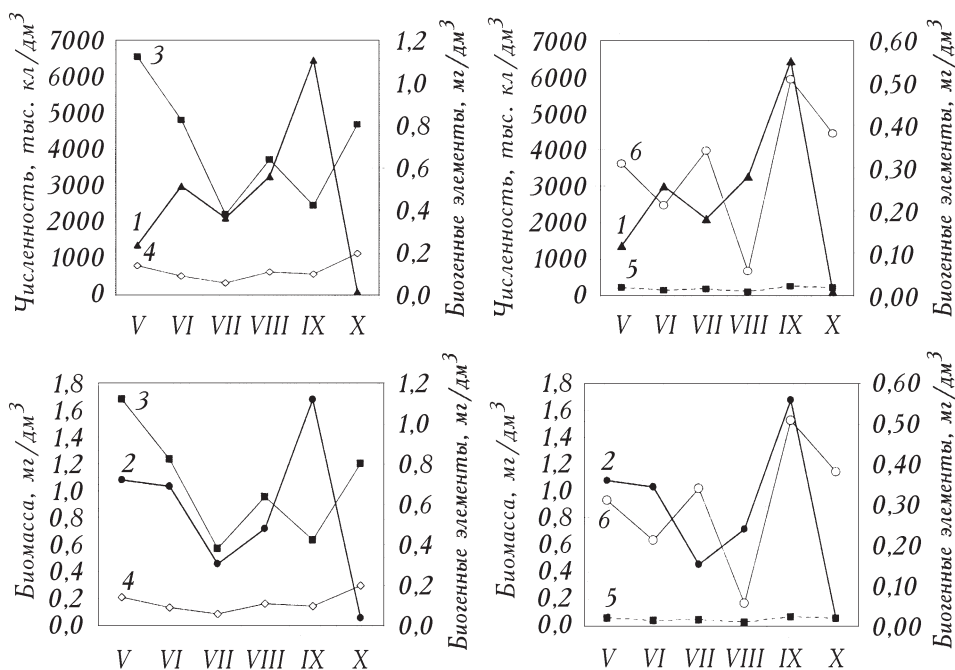
2. Количественные показатели фитопланктона и содержание биогенных веществ в реке на рекреационной территории. Здесь и на рис. 3—5: 1 — численность, 2 — биомасса, 3 — NH₄⁺, 4 — PO₄⁻, 5 — NO₃⁻, 6 — NO₂⁻.



3. Количественные показатели фитопланктона и содержание биогенных веществ в реке на урбанизированной территории.



4. Количественные показатели фитопланктона и содержание биогенных веществ на аграрной территории.



5. Количественные показатели фитопланктона и содержание биогенных веществ в реке на техногенно-трансформированной территории.

техногенно-трансформированной — в июле, урбанизированной — в октябре. В реке на аграрной территории содержание NO_3^- увеличилось в июле, сентябре и октябре, а NO_2^- — в октябре. Таким образом, содержание биогенных веществ достигало пиковых значений при минимальной численности водорослей.

Следует отметить, что содержание NO_2^- и NO_3^- в исследованных водных объектах было ниже ПДК для рыбохозяйственных водоемов. Повышению концентрации NO_3^- в реках на рекреационной и урбанизированной территориях в мае могла способствовать низкая физиологическая активность фитопланктона. Возрастание содержания NO_3^- в реках на аграрной и техногенно-трансформированной территориях в осенний период связано, скорее всего, с активизацией разложения органических веществ.

Уменьшение биомассы фитопланктона в реке на рекреационной территории приводило к повышению содержания NH_4^+ в июне, а NO_3^- — в июне и сентябре. В водных объектах остальных исследованных территорий содержание PO_4^{3-} снижалось с увеличением биомассы в августе и сентябре, а NO_3^- — в течение всего вегетационного сезона. Летом (июль — август) содержание NH_4^+ и NO_3^- было сравнительно низким — соответственно 0,283—0,771 и 0,040—0,341 мг/дм³, что связано, прежде всего, с активной вегетацией фитопланктона, приводящей к уменьшению концентрации этих форм азота [2].

Для установления особенностей связи количественных показателей фитопланктона и содержания азота и фосфора были рассчитаны коэффициенты корреляции между его биомассой и концентрацией растворенных неорганических соединений этих элементов, а также их атомарным отношением. Установлена как обратная, так и прямая связь между содержанием ионов NO_2^- и NO_3^- и биомассой фитопланктона. Она характеризовалась отрицательными коэффициентами корреляции для рек урбанизированной ($r = -0,25$ и $-0,17$) и аграрной ($r = -0,53$ и $-0,28$) территорий и положительными — для рек рекреационной ($r = 0,70$ и $0,97$) и техногенно-трансформированной ($r = 0,29$ и $0,26$) территорий. Наиболее тесной она была для р. Простырь, менее выраженной — для р. Устья на урбанизированной территории (таблица).

Между концентрацией PO_4^{3-} , NH_4^+ и развитием фитопланктона также отмечена определенная взаимосвязь. Установлено, что на всех территориях, за исключением урбанизированной, корреляция была отрицательной, хотя и не всегда достоверной. Наиболее тесной она была между биомассой фитопланктона и содержанием PO_4^{3-} в р. Устья на урбанизированной территории ($r = 0,84$).

Фосфаты, в отличие от соединений азота, могут накапливаться в клетках водорослей в количестве, значительно превышающем метаболические потребности. Фосфор может запасаться в результате аккумуляции фосфат-ионов в вакуолях или образования полифосфатных гранул диаметром 30—500 мкм. Накопление фосфора считается адаптивной реакцией водорослей на значительные сезонные колебания его содержания в воде [1, 19].

Коэффициенты корреляции между биомассой фитопланктона и содержанием неорганических соединений азота, фосфора и отношением N : P в малых реках Ровенской области

Реки, территории	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	N : P
Простырь (рекреационная)	-0,07	0,70	0,97	-0,30	0,31
Устя (урбанизированная)	0,24	-0,25	-0,17	0,84	0,77
Иква (аграрная)	-0,20	-0,53	-0,28	-0,51	—
Устя (техногенно-трансформированная)	-0,07	0,29	0,26	-0,41	0,28

Кроме того, большое количество накопленного водорослевыми клетками фосфора высвобождается после их гибели [2], что увеличивает его содержание в воде. В наших исследованиях это было хорошо выражено в октябре.

Известно, что интенсивность развития водорослей зависит не только от содержания биогенных элементов, но и от соотношения N : P [4, 13, 18, 25, 26]. Для реки на рекреационной территории это соотношение изменялось от 7 : 1 до 31 : 1, урбанизированной — от 10 : 1 до 28 : 1, аграрной — от 7 : 1 до 34 : 1, техногенно-трансформированной — от 11 : 1 до 23 : 1.

В течение вегетационного сезона соотношение N : P во всех исследованных реках снижалось. Установлена положительная связь биомассы фитопланктона и отношения N : P. Наиболее тесной ($r = 0,77$) она была для р. Устя на урбанизированной территории, и значительно слабее — на техногенно-трансформированной ($r = 0,28$) (см. таблицу).

Известно [1, 9, 11], что совместное действие соединений азота и фосфора стимулирует развитие фитопланктона сильнее, чем действие каждого из них в отдельности. Кроме того, фосфор играет регулируемую роль в формировании продукции, повышение его содержания способствует более полному использованию азота. Существует мнение, что фосфор имеет ключевое значение для процессов фиксации азота фитопланктоном [1, 22]. Фосфор можно считать основным агентом евтрофикации водоемов, без его участия, даже при обогащении водной среды азотом, этот процесс значительно ослабляется.

Заключение

В фитопланктоне исследованных рек Ровенской области обнаружено 199 видов (205 видов и внутривидовых таксонов) планктонных водорослей. Практически везде ведущая роль в формировании видового богатства и количественных показателей принадлежала отделам Chlorophyta, Bacillariophyta и Euglenophyta. В целом количество видов возрастало от весны к концу лета.

Развитие фитопланктона зависит от многих факторов. Среди них наиболее важным является содержание биогенных веществ, которое в исследованных реках часто превышает нормативное. Кроме того, концентрация соединений азота

и фосфора значительно изменяется в течение вегетационного сезона. Максимальное содержание азота аммонийного отмечено в мае и июне, фосфатов — в октябре.

Снижение содержания NH_4^+ , NO_3^- и PO_4^{3-} в исследованных реках связано с процессами их потребления фитопланктоном. Зависимость между его биомассой и этими ионами может быть как прямой, так и обратной. Отмечена положительная связь между биомассой фитопланктона и отношением N : P. Наиболее тесной она была в реке на урбанизированной территории ($r = 0,77$).

**

Досліджено сезонний розвиток фітопланктону у річках різнотипних територій Рівненщини та зв'язок між його кількісними характеристиками і вмістом неорганічних сполук азоту і фосфору у воді. Встановлено прямий кореляційний зв'язок між біомасою фітопланктону та відношенням N : P.

**

Seasonal dynamics of phytoplankton vegetation in small rivers of the Rivne region (Ukraine), located within areas with different type of anthropogenic load was investigated. Relation between phytoplankton abundance and content of inorganic compounds of nitrogen and phosphorus was assessed. Positive relation was revealed between phytoplankton biomass and relation N : P.

**

1. Аристархова Е.О., Сльнікова Т.О., Купріць О.Л., Трускавецька Л.М. Дослідження впливу біогенів на особливості розвитку евтрофних процесів у водосховищі Дениші // Вісн. Житомир. технол. ун-ту. — 2006. — № 3 (38). — С. 130—133.
2. Васильчук Т.А., Клоченко П.Д. Динамика содержания биогенных и органических веществ в некоторых притоках Днепра и ее связь с развитием фитопланктона // Гидробиол. журн. — 2001. — Т. 31, № 1. — С. 36—47.
3. Георгиева Е.Ю. Особенности суточной изменчивости фитопланктона северо-западного шельфа Черного моря в осенний период // Экосистемы, их оптимизация и охрана. — Симферополь: Изд-во Таврий. ун-та, 2012. — Вып. 7. — С. 191—197.
4. Гончаров О.Ю., Гаркава Г.П., Богатова Ю.І. Дослідження біогенних елементів і первинної продукції в лиманах північно-західного Причорномор'я в різні періоди // Наук. зап. Терноп. пед. ун-ту. Сер. Біологія. — 2005. — № 4. — С. 50—51.
5. Курпенко Н.И., Курейшевич А.В., Мегведь В.А. и др. К вопросу об участии метаболитов водных растений в формировании фитоценозов и качества воды // Материалы 2-й Международ. науч. конф. «Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды». — Минск; Нарочь, 2003. — С. 144—147.
6. Клименко М.О., Гроховська Ю.Р. Оцінка екологічного стану водних екосистем річок басейну Прип'яті за вищими водними рослинами. — Рівне, 2005. — 194 с.

7. Клоченко П.Д. Содержание неорганических соединений азота и развитие фитопланктона в некоторых типах водоемов // Гидробиол. журн. — 1993. — Т. 29, № 6. — С. 88—95.
8. Клоченко П.Д. О взаимосвязи между содержанием неорганических соединений азота и интенсивностью развития фитопланктона в Днепровских водохранилищах // Там же. — 1998. — Т. 34, № 3. — С. 75—81.
9. Коротун І.М., Коротун Л.К. Географія Рівненської області: Природа. Населення. Господарство. Екологія. — Рівне, 1996. — 274 с.
10. Курейшевич А.В. «Отклик» фитопланктона Днепровских водохранилищ на увеличение содержания в воде азота и фосфора // Гидробиол. журн. — 2005. — Т. 41, № 4. — С. 3—23.
11. Курейшевич А.В., Сиренко Л.А. Влияние фитопланктона на формирование рН воды (на примере Днепровских водохранилищ) // Там же. — 1994. — Т. 30, № 2. — С. 7—22.
12. Левич А.П., Булгаков Н.Г., Замолодчиков Д.Г. Оптимизация структуры кормовых фитопланктонных сообществ. — М.: Т-во науч. изд. КМК, 1999. — 136 с.
13. Лузовицька Ю.А., Осагча Н.М., Осагчий В.І. Винос біогенних елементів із водозбору річки Десни // Наук. праці УкрНДГМІ. — 2011. — Вип. 261. — С. 117—138.
14. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / За ред. В.Д. Романенка. — К.: ЛОГОС, 2006. — 408 с.
15. Романенко В.Д. Основы гидроэкологии. — Киев: Генеза, 2004. — 664 с.
16. Суходольська І. Сезонна динаміка вмісту нітрогену амонійного у поверхневих водах малих річок Рівненщини // Актуальні питання суспільно-природничих наук: Міжвуз зб. наук. праць. — Дрогобич: Посвіт, 2013. — С. 40—46.
17. Суходольська І.Л., Грюк І.Б. Сезонні зміни хімічного складу поверхневих вод Рівненщини на територіях з різним характером антропогенного тиску // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. — 2013. — Т. 24. — С. 51—65.
18. Суходольська І.Л., Грюк І.Б., Грубінко В.В. Сезонна динаміка вмісту сполук нітрогену у водних екосистемах малих річок Рівненщини // Наук. зап. Терноп. пед. ун-ту. Сер. Біологія. — 2014. — № 1. — С. 61—71.
19. Управление трансграничным бассейном Днепра: суббасейн реки Припяти / Под ред. А. Г. Ободовского, А. П. Станкевича, С. А. Афанасьева. — К.: Кафедра 2012. — 448 с.
20. Фізіологія рослин / За ред. М. М. Макрушина. — Вінниця: Нова книга, 2006. — 416 с.
21. Reynolds C.S. Non-determinism to probability, or N : P in the community ecology phytoplankton // Arch. Hydrobiol. — 1999. — Vol. 146. — P. 23—45.
22. Weber T., Deutsch C. Oceanic nitrogen reservoir regulated by plankton diversity and ocean circulation // Nature. — 2012. — Vol. 489. — P. 419—422.

¹ Тернопольский национальный педагогический университет

² Институт гидробиологии НАН Украины, Киев

Поступила 10.09.14