

УДК [574.583:504.453 + 546.18](477.84)

*Е. И. Прокопчук<sup>1</sup>, О. В. Мантурова<sup>2</sup>***ФИТОПЛАНКТОН МАЛЫХ РЕК ТЕРНОПОЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ И СВЯЗЬ ЕГО КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ С СОДЕРЖАНИЕМ ФОСФОРА В ВОДЕ**

Проанализована связь между количественными характеристиками фитопланктона и содержанием соединений фосфора в воде малых рек Тернопольской области (Украина). Установлена преимущественно положительная корреляция между содержанием фосфора и биомассой фитопланктона, однако имела место и отрицательная связь, что может быть свидетельством антропогенного воздействия на гидрэкосистемы.

*Ключевые слова:* малые реки, соединения фосфора, фитопланктон, биомасса, численность.

Функционирование водных экосистем определяется автотрофными компонентами трофической цепи, основой которой является фитопланктон — продуцент органического вещества и кислорода в водоемах. Он непосредственно влияет на формирование качества воды, трофического статуса водоема и определяет экологическое состояние водной экосистемы в целом [3, 10, 15]. В процессе фотосинтеза водоросли создают основной фонд автотонного органического вещества (ОВ), которое вместе с поступающим в водоем аллотонным ОВ обеспечивает энергетическую основу функционирования биологических сообществ [7]. Как известно, рост водорослей основан на потреблении, по крайней мере, 19 химических элементов, однако большая их часть требуется водорослям в незначительном количестве [2]. Дополнительно к трем жизненно важным элементам (углерод, кислород и водород) для образования протоплазмы живой клетке в сравнительно большом количестве нужны азот и фосфор.

Содержание фосфора в среде относится к числу важнейших факторов, определяющих количественные показатели развития фитопланктона и его видовой состав [15]. Фосфор часто оказывается элементом, недостаток которого в пресных водах ограничивает продукцию фитопланктона и прирост его массы. Если продукция фитопланктона в водоеме в значительной степени определяется содержанием в среде доступного фосфора, то биомасса может и не зависеть от него [1, 4].

© Е. И. Прокопчук, О. В. Мантурова, 2017

Между содержанием различных форм фосфора и биомассой фитопланктона может наблюдаться как прямая, так и обратная связь [13]. Прямая зависимость между содержанием фосфора, стимулирующего развитие водорослей, и их обилием позволяет прогнозировать процесс евтрофирования [2, 7]. Изменение количественных показателей и видового состава фитопланктона под влиянием природных и антропогенных факторов может служить важным индикатором состояния водных экосистем [13].

Целью исследования было установить динамику количественных показателей фитопланктона и ее связи с содержанием фосфат-ионов ( $\text{PO}_4^3$ ) в воде малых рек Тернопольской области, различающихся уровнем антропогенной нагрузки.

**Материал и методика исследований.** Тернопольская область относится к Волыно-Подольскому артезианскому бассейну. В области насчитывается более 2400 рек и ручьев, подавляющее большинство из которых относятся к категории малых (длина до 25 км), средняя плотность речной сети — 0,48 км/км<sup>2</sup>. В бассейнах левых притоков Днестра преобладают ионы  $\text{HCO}_3^-$  — 260 мг/дм<sup>3</sup> и  $\text{Ca}^{2+}$  — 70 мг/дм<sup>3</sup>. Меньше  $\text{SO}_4^2-$  — 21,0 мг/дм<sup>3</sup>,  $\text{Na}^+ + \text{K}^+$  — 12 мг/дм<sup>3</sup>,  $\text{Cl}$  — 10 мг/дм<sup>3</sup>,  $\text{Mg}^{2+}$  — 10 мг/дм<sup>3</sup>. Воды Тернопольской области имеют хорошее качество и выраженный гидрокарбонатный состав, однако за последние годы отмечена тенденция к повышению содержания азота и фосфора в результате хозяйственной деятельности [8]. Значительная плотность речной сети, маловодность, низкая защищенность подземных горизонтов вследствие доминирования в подстилающих породах известняков, мела и гипса являются причинами уязвимости водных ресурсов для загрязнения [9].

Для проведения исследований на территории Тернопольской области было выделено четыре типа территорий, различающихся по уровню антропогенной нагрузки: природно-заповедная, аграрная, урбанизированная и техногенно-трансформированная. Выделение территорий осуществлено согласно эколого-географического районирования Тернопольской области, разработанного на основе влияния хозяйственной деятельности человека на окружающую среду [15].

К природно-заповедной территории (ПЗТ) отнесена гидроэкосистема р. Збруч. Длина реки в пределах области составляет 244 км, площадь бассейна — 3955 км<sup>2</sup>, ширина русла — 15—25 м, глубина — 0,2—2,5 м. Для реки характерно частое колебание уровня воды, вызванное зарегулированием. Река в основном используется для гидроэнергетики и промышленного водоснабжения.

К аграрной территории (АТ) отнесена гидроэкосистема р. Стрыпы. Длина реки — 135 км, площадь ее водосбора составляет 1610 км (почти 12% территории области). Ширина русла в среднем течении — 10—65 м, глубина — 0,5—1,0 м, скорость течения — 0,2—0,5 м/с.

К техногенно-трансформированной территории (ТТ) отнесена гидроэкосистема р. Золотой Липы. Ее длина — 85 км, площадь водосбора — 1310 км, ширина русла — 5—50 м, средняя глубина — 0,5—2,0 м, скорость течения — 0,1—1,3 м/с.

В качестве урбанизированной территории (УТ) рассматривали гидроэкосистему р. Серет. Длина реки — 218 км, площадь ее бассейна — 3900 км<sup>2</sup>, что составляет около 30% территории области. Ширина русла — 10—20 м, скорость течения — 0,6 м/с. Река используется для промышленного водоснабжения, гидроэнергетики, рыбозаводства. На р. Серет расположен г. Тернополь.

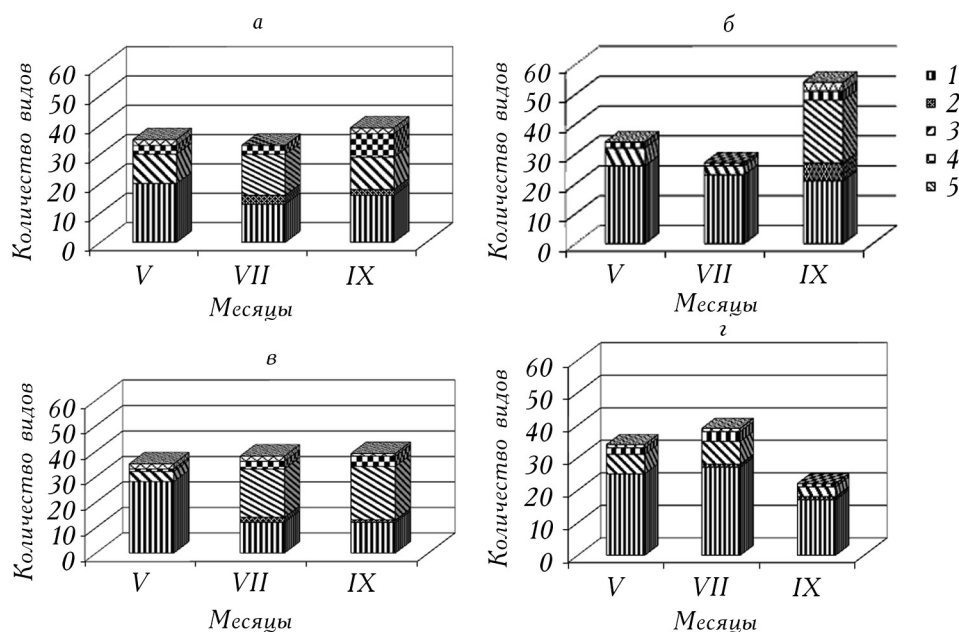
Гидробиологические и гидрохимические пробы отбирали в 2014 г. ежеквартально с глубины 0,2—0,5 м и обрабатывали по общепринятым методам [5]. Доминирующими считали виды, численности или биомасса которых превышали 10% соответствующих показателей. Проанализировано 36 проб фитопланктона и 60 гидрохимических (отобранных соответственно на трех и пяти створах в пределах каждой территории). Обсчеты и измерения проводили в трехразовой повторности. Содержание фосфатов определяли согласно методике [6].

### Результаты исследований и их обсуждение

**Фитопланктон.** Сезонные изменения численности и биомассы фитопланктона определяются воздействием на водоросли сложного комплекса внешних условий, прежде всего освещения, температуры, содержания в воде биогенных элементов, органических веществ и пр. [11]. За период наблюдений в составе фитопланктона исследуемых рек было обнаружено 117 видов, представленных 121 внутривидовым таксоном (ввт) водорослей из семи отделов. Из них около половины (56 видов, 59 ввт) диатомовых, 36 видов (37 ввт) — зеленых, 11 — эвгленовых, 8 — синезеленых, остальные отделы представлены одним — тремя видами. В целом флористический состав фитопланктона исследованных гидроэкосистем можно охарактеризовать как диатомово-зеленый. Наибольшего развития планктонные водоросли в большинстве водных объектов достигали в конце лета — начале осени. Состав и сезонная динамика развития фитопланктона в водных объектах каждой из территорий различались (рис. 1).

В фитопланктоне р. Збруч максимальное количество видов (54 (56 ввт)) из четырех отделов) зарегистрировано в мае. Наиболее разнообразно были представлены диатомовые и зеленые — соответственно 32 (34 ввт) и 16 видов. По численности доминировали зеленые (61,7%), по биомассе — диатомовые (76,0%). В июле количество видов уменьшилось до 33 (35 ввт), количество зеленых и диатомовых практически сравнялось (соответственно 14 (15 ввт) и 13 видов), появились синезеленые водоросли. В сентябре общее количество видов несколько увеличилось (до 39), из которых диатомовых было 16 видов (41,0%). Как весной, так и летом по численности доминировали зеленые (37,0%), а по биомассе — диатомовые (71,6%). Наибольшей численности достигала *Oscillatoria* sp. (26,1%), биомассы — *Aulacoseira granulata* (Ehr.) Sim. (23,1%) и *Amphora ovalis* (Kütz.) Kütz. (19,9%). За период исследований количественные показатели фитопланктона р. Збруч колебались в широких пределах — от 5,0 до 580,0 тыс. кл/дм<sup>3</sup> и от 0,001 до 0,569 мг/дм<sup>3</sup>.

В фитопланктоне р. Стрыпа в мае было зарегистрировано 33 вида (34 ввт) из трех отделов. Диатомовые преобладали как по видовому богатству (26 видов, 27 ввт), так и по численности и биомассе. Наибольшей числен-



1. Динамика видового состава фитопланктона малых рек Тернопольской области. 1 — Bacillariophyta; 2 — Cyanophyta; 3 — Chlorophyta; 4 — Euglenophyta; 5 — другие. Здесь и на рис. 2: природно-заповедной (а); аграрной (б); техногенно-трансформированной (в) и урбанизированной (г) территории.

ности достигали *Cocconeis placentula* Ehr. и *Nitzschia palea* (Kütz.) W. Sm. (соответственно 11,0 и 11,2%), биомассы — *N. vermicularis* и *C. placentula* (соответственно 19,5 и 11,5%). В июле количество видов снизилось до 27 (28 ввт), при этом доминирующее положение диатомовых сохранилось. По численности доминировали *Navicula cryptocephala* Kütz. и *C. placentula* (соответственно 17,6 и 11,8%), по биомассе — *A. granulata* (24,6%). В сентябре количество видов значительно увеличилось (до 54 (56 ввт) из шести отделов), диатомовые и зеленые были представлены одинаковым количеством — по 21 виду. По численности преобладали синезеленые, в частности *Gomphosphaeria lacustris* Chod. и *Microcystis pulverea* (Wood) Forti emend. Elenk. (соответственно 31,5 и 13,9%) и *A. italica* v. *tenuissima* (Grun.) Sim. (12,6%), по биомассе — *A. italica* v. *tenuissima* (17,4%), *Gyrosigma acuminatum* (Kütz.) Rabenh. (12,9%), а также *Glenodinium* sp. (10,2%). За период исследований количественные показатели фитопланктона р. Стрыпа колебались в широких пределах — от 2,7 до 1138,7 тыс. кл/дм<sup>3</sup> и от 0,002 до 0,740 мг/дм<sup>3</sup>.

В фитопланктоне р. Золотой Липы в мае было обнаружено 35 видов (38 ввт), из которых 28 видов (80,0%) относились к Bacillariophyta. Они же в целом доминировали по численности (69,0%) и биомассе (94,6%). Наибольшей численности достигали *Desmodesmus communis* (Hegew.) Hegew. (21,8%) и *N. cryptocephala* (13,9%), по биомассе — *G. acuminatum* (11,5%), *C. lanceolata* (15,3%) и *Surirella ovata* W. Sm. (21,7%). В июле количество видов возросло до 38 (39 ввт), при этом зеленых было 19 (50,0%), а диатомовых — лишь 12 видов (31,6%). По общей численности преобладали представители зеленые (55,3%), а по биомассе — динофитовые (32,8%). Максимальной численности

достигали *Oscillatoria* sp. (10,6%), *M. pulverea* (39,0%) и *Coelastrum astroideum* De-Not (10,2%), по биомассе — *Glenodinium* sp. (19,1%), *G. quadridens* (Stein) Bourg. (26,9%) и *S. ovata* (10,0%). В сентябре общее видовое богатство и доля зеленых и диатомовых практически не изменились (соответственно 39 (40 ВВТ), 21 и 12 (13 ВВТ) видов). Также не изменились и преобладающие отделы — численности Chlorophyta (55,4%), по биомассе — Dinophyta (47,6%). Максимальной численности достигали *M. pulverea* (40,4%), по биомассе — *Cymatopleura solea* (Breb.) W. Sm. (16,5%), *Stephanodiscus hantzschii* Grun. (26,4%), *C. placentula* (14,7%), *Pandorina morum* (O. Müll.) Bory (12,7%) и *Chlamydomonas* sp. (11,5%). В целом за период исследований количественные показатели фитопланктона р. Стрыпы также колебались в широких пределах — от 1,3 до 729,3 тыс. кл/дм<sup>3</sup> и от 0,000 до 0,439 мг/дм<sup>3</sup>.

Фитопланктон р. Серет в мае насчитывал 62 вида (65 ввт) из четырех отделов, из которых Bacillariophyta — 40 (64,5%), Chlorophyta — 16 (25,8%). По общей численности и биомассе преобладали Bacillariophyta — соответственно 62,5 и 89,2%. Максимальной численности достигали *Chlamydomonas* sp. (14,7%), *Acutodesmus obliquus* (Turp.) Tsar. (12,0%), *Synedra tabulata* (Ag.) Kütz. (12,1%), *C. placentula* (15,6%) и *N. sublinearis* (11,3%), по биомассе — *Chlamydomonas* sp. (14,7%), *Synedra ulna* (Nitzsch.) Ehr. (13,8%), *C. placentula* (12,3%) и *Nitzschia sigmoidea* (11,6%). В июле было обнаружено 39 (41 ввт) видов из пяти отделов, по численности преобладали Bacillariophyta (43,3%), по биомассе — Dinophyta (73,7%). Максимальной численности достигали *Oscillatoria* sp. (18,2%), *C. astroideum* (11,7%), *C. placentula* (10,5%) и *S. tabulata* (10,9%), по биомассе — *Ceratium hirundinella* (O. Müll.) Bergh (76,2%). В сентябре количество видов снизилось до 22 (23 ввт), из них 17 (18 ввт) — диатомовых, которые преобладали и по биомассе (92,0%). Максимальной численности достигали *Scenedesmus acuminatus* (22,2%), *C. astroideum* (20,7%), *S. tabulata* (17,6%), *N. cryptocephala* (11,8%) и *Cyclotella* sp. (11,8%), по биомассе — *A. granulata* (27,9%) и *Cymatopleura elliptica* (Breb.) Cl. (26,4%). В целом количественные показатели фитопланктона р. Серет, как и других исследованных рек, колебались в широких пределах — от 1,3 до 489,3 тыс. кл/дм<sup>3</sup> и от 0,001 до 0,719 мг/дм<sup>3</sup>.

Таким образом, в исследованных реках наибольшим видовым богатством и количественными показателями характеризовались отделы Bacillariophyta и Chlorophyta. На основании показателей численности фитопланктона был рассчитан индекс сапробности, значения которого (1,51—2,50) позволили отнести все исследованные реки к  $\beta$ -мезосапробной зоне (умеренно загрязненная вода). По биомассе фитопланктона трофность водотоков определялась как олиготрофный тип (средняя биомасса за вегетационный период не превышала 1,0 мг/дм<sup>3</sup>).

*Связь развития фитопланктона с содержанием фосфора.* Содержание неорганического фосфора ( $P_{\text{неорг}}$ ) в природных водах играет важную роль для нормального функционирования гидробионтов. Оно является лимитирующим фактором развития фитопланктона, а его избыток угнетает жизнедеятельность некоторых видов (так, для диатомовых водорослей оптимальный диапазон составляет 0,002—0,010 мг P/дм<sup>3</sup>) [4]. Незначительное повышение концентрации  $P_{\text{неорг}}$  в воде не способствует существенному увеличению количественных показателей фитопланктона, при более высокой кон-

центрации происходит уменьшение численности и биомассы водорослей. При определенных условиях избыток  $P_{\text{неорг}}$  в водоеме может привести к вспышке численности фитопланктона [17].

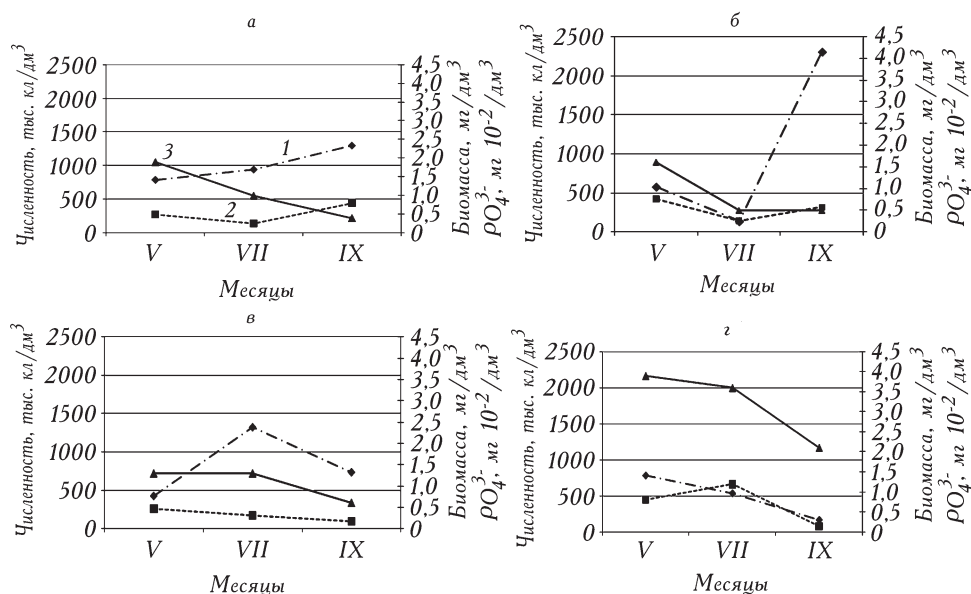
Замедление роста фитопланктона при избытке  $P_{\text{неорг}}$  связано с усилением дефицита азота, возникающим вследствие увеличения его потребления альгобактериальным сообществом. Причиной этого также может быть образование фосфата кальция и его выпадение в осадок, в результате чего рост водорослей замедляется. Известно, что образованию этой формы способствуют щелочные условия [4].

В энергетических процессах у синезеленых водорослей, как и у других фотосинтезирующих организмов, важную роль играют макроэргические фосфатные соединения, в частности полифосфаты, которые рассматриваются как запасной источник энергии. В клетках *Microcystis*, *Anabaena* и *Aphanizomenon* установлено высокое содержание фосфорных соединений (0,5—1,0% сухой массы), в число которых входят кислото-нерастворимая и кислото-растворимая фракции. К последней относятся неорганические фосфаты, низкоконденсированные полифосфаты, фосфорные эфиры сахаров и фосфонуклеотиды, в частности АТФ и АДФ [12].

Фосфаты могут накапливаться в клетках водорослей в количестве, значительно превышающем метаболические потребности, в результате аккумуляции фосфат-ионов в вакуолях или образования полифосфатных гранул диаметром 30—500 мкм. Накопление  $P_{\text{неорг}}$  считается адаптивной реакцией водорослей на значительные сезонные колебания его концентрации. Кроме того, большое количество накопленного водорослевыми клетками фосфора высвобождается после их гибели, что увеличивает его содержание в воде [13].

Сезонная динамика содержания соединений фосфора в воде зависит от гидрометеорологических, гидрологических и гидрохимических условий среды, развития фитопланктона и высших водных растений, а также от уровня антропогенной нагрузки территории. Каждая исследуемая гидроэкосистема характеризуется своеобразной буферной емкостью по отношению к содержанию  $P_{\text{неорг}}$  и способностью к самоочищению. Самое низкое содержание  $P_{\text{неорг}}$  отмечено в сентябре на ПЗТ и в июне на ТТ — 0,004 мг P/дм<sup>3</sup>, самое высокое — в августе на УТ (0,046 мг P/дм<sup>3</sup>). Прослеживается подобная для всех территорий динамика содержания  $P_{\text{неорг}}$  в воде: повышение с апреля по май, снижение в июне, последующим возрастанием в июле (за исключением АТ) и августе, снижением в сентябре и повышением в октябре. Содержание  $P_{\text{неорг}}$  (фоновый уровень) в реке УТ на два порядка выше, чем на других территориях.

Летний минимум показателя в воде реки на ТТ связан с высоким уровнем развития гидробионтов (особенно диатомовых водорослей) и активным потреблением ими  $P_{\text{неорг}}$ , а также с седиментацией фосфора в составе взвешенных веществ при низком уровне воды и малой скорости течения. Максимальное содержание соединений фосфора на УТ в августе связано, в первую очередь, с регенерацией фосфатов при отмирании значительного количества фитопланктона при низком содержании кислорода и значитель-



2. Количественные показатели фитопланктона и содержание  $P_{\text{неорг}}$  в малых реках Тернопольской области. 1 — численность; 2 — биомасса; 3 —  $P_{\text{неорг}}$ .

ной евтрофикации водоема. Большое влияние имеет развитие синезеленых водорослей (основных возбудителей «цветения» воды).

Минимальное содержание  $P_{\text{неорг}}$  зарегистрировано в сентябре (0,004 мг P/дм<sup>3</sup> на РТ, 0,005 мг P/дм<sup>3</sup> на АТ и 0,021 мг P/дм<sup>3</sup> на УТ), что, скорее всего, связано с большим количеством атмосферных осадков и значительным поверхностным стоком в результате этого. Кроме того, большое количество подвижной формы фосфора переходит в валовую (неподвижную) и оседает на дне водоемов. По содержанию  $P_{\text{неорг}}$  реки ПЗТ, АТ и ТТ относятся к водоемам с очень чистой водой, а УТ — с чистой.

Динамика количественных показателей планктонных водорослей в реках на всех исследованных территориях была тесно связана с динамикой содержания  $P_{\text{неорг}}$ . Так, при снижении его концентрации с мая по сентябрь на всех территориях численность фитопланктона повышалась, что связано с их активным поглощением клетками водорослей [13, 17]. В реках ПЗТ и АТ при снижении содержания  $P_{\text{неорг}}$  возрастала численность водорослей всех отделов, за исключением Chlorophyta. В гидроэкосистемах ТТ и УТ, наоборот, при снижении их содержания численность фитопланктона также снизилась, что может быть следствием повышенного антропогенного воздействия на водоемы. Как и численность, биомасса водорослей также зависит от содержания  $P_{\text{неорг}}$  в воде. В водоемах ПЗТ и АТ при снижении их концентрации биомасса фитопланктона возрастала, а в реках ТТ и УТ — также падала.

Возрастание концентрации  $P_{\text{неорг}}$  в воде большинства водоемов способствует увеличению биомассы фитопланктона [4], поэтому имеется положи-

тельная достоверная связь между его концентрацией в воде и продуктивностью фитопланктона [14]. Для установления особенностей связи количественных показателей фитопланктона и содержания  $P_{\text{неорг}}$  были рассчитаны коэффициенты корреляции между его биомассой (доминантными видами) и концентрацией фосфатов в воде, которая в могла быть как положительной, так и отрицательной. В мае положительные коэффициенты корреляции зафиксированы для ПЗТ и УТ (соответственно  $r = 0,702$  и  $0,274$ ,  $p < 0,05$ ), а отрицательные — для АТ и ТТ (соответственно  $r = -0,383$  и  $-0,883$ ,  $p < 0,05$ ). В июле для ПЗТ и ТТ сохранилась положительная корреляция (соответственно  $r = 0,330$  и  $0,410$ ,  $p < 0,05$ ), а для АТ и УТ — отрицательная ( $r = -0,273$  и  $-0,835$ ,  $p < 0,05$ ). В сентябре для всех исследуемых водотоков отмечена положительную связь с наибольшим коэффициентом корреляции на ТТ ( $r = 0,858$ ,  $p < 0,05$ ). Наиболее тесной была положительная связь между биомассой фитопланктона и содержанием  $P_{\text{неорг}}$  в р. Збруч (ПЗТ), что свидетельствует о нормальном функционировании водной экосистемы и минимальном воздействии антропогенного фактора.

### Заключение

В фитопланктоне исследованных рек Тернопольской области обнаружено 117 видов (121 внутривидовой таксон) планктонных водорослей. Практически везде ведущая роль в формировании видового богатства и количественных показателей принадлежала Bacillariophyta и Chlorophyta. Количество видов возрастало с мая по июль на ТТ и УТ, а на ПЗТ и АТ — уменьшалось. К сентябрю количество видов возросло на всех исследуемых территориях за исключением УТ, что связано с усиленным антропогенным воздействием. Максимальное содержание  $P_{\text{неорг}}$  зарегистрировано фиксировано на УТ, что связано как с развитием фитопланктона, так и антропогенным воздействием на гидроэкосистему.

\*\*

*Проаналізовано зв'язок між кількісними характеристиками фітопланктону і вмістом фосфору у воді малих річок Тернопільської області (Україна). Встановлена переважно позитивна кореляція між вмістом фосфору і біомасою фітопланктону, в окремих випадках вона була негативною, що може свідчити про антропогенний вплив на гідроекосистеми.*

\*\*

*Connection between quantitative characteristics of phytoplankton and phosphorus content in small rivers of the Ternopil region was analyzed. Correlation between phosphorus content and phytoplankton biomass was found to be mainly positive; in certain cases correlation was negative, which can indicated anthropogenic load on hydroecosystems.*

\*\*

1. Гіляров О. В. Фітопланктон, фосфор і риби: (матеріали до уроку хімії) // Хімія. — 2013. — № 13/14. — С. 75—76.
2. Даценко Ю. С. Эвтрофирование водохранилищ. Гидролого-гидрохимические аспекты. — М.: ГЕОС, 2007. — 252 с.



3. Денисова А. Н. Оценка степени антропогенного евтрофирования пойменных озер по фитопланктону // Гидробиол. журн. — 2005. — Т. 41, № 6. — С. 33—43
4. Курейшевич А. В. Отклик фитопланктона евтрофных водохранилищ на увеличение содержания в воде фосфора и азота // Там же. — 2005. — Т. 41, № 4. — С. 3—24
5. *Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод* / За ред. В.Д. Романенка. — К.: ЛОГОС, 2006. — 408 с.
6. *Методика виконання вимірювань «Поверхневі та очищені стічні води. Методика виконання вимірювань масової концентрації розчинених ортофосфатів фотометричним методом»*. МВВ081/12-0005-01 від 16.11.2001р. — 17 с.
7. Мухутдинов В. Ф. Продуктивность фитопланктона и гидрохимический режим Юмагузинского водохранилища (р. Белая, Башкортостан) в первые годы его существования. Автореферат дис. ... канд. биол. наук. — Борок, 2013. — 21 с.
8. *Природні умови та ресурси Тернопільщини* / За ред. М. Я. Сивого, Л. П. Царик. — Тернопіль: Терно-граф, 2011. — 512 с.
9. *Проблеми екології рідного краю: навчальні матеріали* / За ред. Л. П. Царик. — Тернопіль: ТДПІ, 1993. — 155 с.
10. Сливак Э. Г. Влияние пестицидного загрязнения и вырубки лесов на гидробионтов речных экосистем. — Ростов н/Д: Мини Тайп, 2015. — 46 с.
11. Старцева Н. А. Состав и структура фитопланктона малых водоемов урбанизированного ландшафта (на примере г. Нижнего Новгорода): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — М., 2008. — 23 с.
12. Сугійна О.Г., Шнюкова Э.П., Костлан Н.В. та ін. Біохімічні особливості синьо-зелених водоростей, що викликають «цвітіння» води // Укр. ботан. журн. — Т. 30, № 4. — С. 497—505
13. Сухогольская И. Л., Мантурова О. В., Грюк И. Б. Фитопланктон малых рек Ровенской области (Украина) и связь его количественных показателей с содержанием биогенных элементов // Гидробиол. журн. — 2015. — Т. 51, № 3. — С. 56—68.
14. Фролова Г.И. Оценка экологического качества воды реки Москвы по состоянию фитопланктона // Вопр. совр. альгологии. — 2012. — № 2. URL: <http://algology.ru/125>
15. Янковська Л. Еколого-географічне районування Тернопільської області // Наук. зап. Терноп. пед. ун-ту. Сер. Географія. — 2003. — № 2. — С. 31—36.
16. Bizsel N., Benli H., Bizsel K., Metin G. A synoptic study on the phosphate and phytoplankton relationship in the hypereutrophicated Izmir bay (Aegean Sea) // Turkish J. Engin. Environ. Sci. — 2001. — Vol. 25. — P. 89—99.
17. Shcherbak V. I., Zadorozhnaya A. M. Seasonal Dynamics of Phytoplankton of the Kiev Section of the Kanev Reservoir // Hydrobiol. J. — 2013. — Vol. 49, N 4. — P. 26—36.

<sup>1</sup> Тернопольский педагогический университет

<sup>2</sup> Институт гидробиологии НАН Украины

Поступила 23.03.17