

УДК 574.583:556.54(282.243.7)

А.Г. Васенко, А.А. Верниченко, Д.Ю. Верниченко-Цветков,
М.Л. Лунгу, А.Ю. Миланич, А.С. Пристинская

АНАЛИЗ ИЗМЕНЧИВОСТИ СТРУКТУРНЫХ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФИТОПЛАНКТОНА НИЗОВИЙ ДУНАЯ И ЕГО ДЕЛЬТЫ В ПРЕДЕЛАХ УКРАИНЫ

В статье рассмотрены результаты выполнявшихся с 2007 по 2011 год исследований динамики основных характеристик фитопланктона низовий украинской части Дуная и его дельты. Установлено, что как структурные, так и функциональные показатели фитопланктона указанных водных объектов отличаются существенной пространственно-временной изменчивостью, однако, среднемноголетние значения показателей достаточно близки, что свидетельствует об определённой устойчивости исследованных экосистем. Численность фитопланктона в период исследований колебалась от 0,109 до $98,290 \times 10^6$ кл./дм³, биомасса — от 0,067 до 16,490 мг/дм³, концентрация хлорофилла «а» изменялась от 1,866 до 45,608 мкг/дм³. Средние значения указанных показателей составляли, соответственно, $12,63 \times 10^6$ кл./дм³, 2,99 мг/дм³ и 11,2 мкг/дм³. В порядке убывания коэффициента вариации показатели фитопланктона могут быть расположены следующим образом: численность, биомасса, содержание хлорофилла «а», среднее значение биомассы клеток водорослей (B/N) и средняя концентрация хлорофилла «а» в биомассе водорослей (Chl «а»/B). На основе выполненных исследований сделан вывод, что воды низовий Дуная и его дельты в пределах Украины относятся к категории эвтрофных вод.

Ключевые слова: низовья и дельта Дуная, фитопланктон, структурные и функциональные показатели, экологический статус

Постановка проблемы. Анализ последних исследований и публикаций. Дунай – вторая по величине река Европы. Она начинается в Альпах, протекает по территории десяти государств и впадает в Черное море, образуя обширную устьевую область, относящуюся, согласно современной классификации, к дельтам выдвижения [1]. Дельта Дуная прорезана густой сетью рукавов и озёр. Это исключительно сложная и динамичная плавнево-литоральная экологическая система, являющаяся переходным природным образованием – экотонном типа «река-море». Учитывая биосферное значение дельты Дуная, на её территории организован билатеральный украинско-румынский биосферный заповедник ЮНЕСКО. Начиная с 1996 г. под руководством ICPDR (Международной комиссии по защите реки Дунай) осуществляется международная программа мониторинга качества воды в бассейне (TNMN), главной целью которой является получение необходимой экологической информации для выработки согласованных действий придунайских государств по достижению хорошего экологического статуса всех водных объектов данного региона [2–4]. В настоящее время интенсивно ведутся исследования по анализу приоритетности отдельных показателей качественного состояния экосистемы Дуная, прежде всего биологических, и унификации методов оценки экологического статуса реки и отдельных её участков [3–7].

Согласно Водной Рамочной Директиве ЕС (WFD) для объективной оценки «здоровья» реки необходим анализ всех основных компонентов экосистемы, в том числе фитопланктона [8]. Значение фитопланктона в функционировании экосистемы связано со способностью водорослей продуцировать за счёт солнечной энергии органическое вещество и обеспечивать, наряду с высшей водной растительностью, энергетическую базу всех последующих звеньев трофической цепи.

Исследования фитопланктона Дуная и его дельты осуществляются на протяжении уже более 100 лет как отечественными, так и зарубежными специалистами [9–14]. К настоящему времени изучен видовой и таксономический состав фитопланктона различных участков Дуная, выявлены основные особенности динамики его качественных и количественных характеристик [9, 10, 13]. Следует, однако, отметить, что экологическая ситуация в реке и её дельте, постоянно меняется. Это объясняется влиянием ряда факторов: варьированием антропогенной нагрузки в бассейне, глобальным изменением климатических условий, продолжающимися процессами формирования дельты реки и др. [3, 15–18]. Динамичность условий функционирования дельты обуславливает необходимость постоянных наблюдений за изменчивостью её основных компонентов, в том числе и фитопланктона. Анализ показателей фитопланктона наиболее важен для оценки качества вод, подлежащих, согласно *WFD*, особой охране. К указанной категории водных объектов относится и дельта Дуная. Важным моментом, обуславливающим значимость использования фитопланктона в мониторинге поверхностных вод, является его значительное видовое разнообразие; как правило, короткий жизненный цикл; наличие достаточно детально разработанных и унифицированных методов исследования, а также существование значительной базы экспериментальных данных, которая позволяет проводить ретроспективный анализ.

Исследование показателей фитопланктона дельты важно не только с позиций биоиндикации качества исследуемых вод, но и в плане изучения специфических особенностей динамики экотонов. Согласно Т.°А. Харченко, изменчивость экотонов по своей природе «импульсно стабилизирована», т.е. во многом зависит от влияния внешних по отношению к системе факторов [19]. В настоящее время динамика таких экотонов, как дельта Дуная, изучена в значительно меньшей степени, чем динамика речных экосистем, стабилизация которых происходит преимущественно за счёт внутренних взаимодействий по механизму обратной связи.

Цель статьи. В связи с тем, что сток биогенных элементов и фитопланктона Дуная оказывает существенное влияние на уровень трофности северо-западной части Черного моря, информация о состоянии фитопланктона низовьев Дуная и его дельты необходима для принятия природоохранных мер, направленных на охрану как указанных водных объектов, так и морских вод. Целью настоящих исследований был анализ структурных и функциональных показателей фитопланктона украинской части низовьев Дуная и его дельты и выявление факторов, определяющих их пространственно-временную изменчивость в современных экологических условиях.

Методика. Исследования фитопланктона низовий Дуная и его дельты в пределах Украины проводились в 2007, 2008, 2010 и 2011 г.г. посезонно: весной (апрель-май), летом (август-начало сентября) и осенью (октябрь-ноябрь). Расположение пунктов отбора проб указано на рис. 1 и в табл.1.

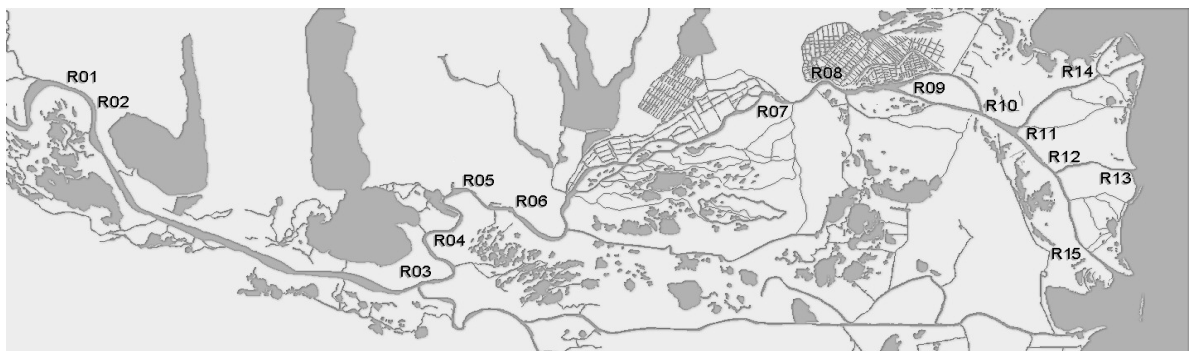


Рис. 1 Схема расположения пунктов проведения исследований

Таблиця 1

Пункты отбора проб фитопланктона и воды

№ п/п	Код	Название, локализация	Расстояние от морского края дельты
1	R01	Дунай, 2 км выше г. Рени	131-й км (71 миля)
2	R03	Дунай – Измаильский Чатал, выше разделения на Тульчинский и Измаильский рукава	116-й км
3	R06	Рукав Килийский, 1 км ниже г. Измаила	89-й км
4	R07	Рукав Килийский, 4 км выше г. Килии	49-й км
5	R09	Рукав Килийский, 13 км ниже г. Килии	32-й км
6	R10	Рукав Килийский, 1 км выше г. Вилково	21-й км
7	R11	Рукав Очаковский, 2 км ниже г. Вилково	17-й км
8	R12	Рукав Старостамбульский, выше рукава Быстрый	11-й км
9	R14	Рукав Очаковский, конец разделения на два рукава	6-й км
10	R13/1	Рукав Быстрый	1-й км
11	R13/0	Рукав Быстрый, выход в море	0-й км
12	R15/1	Рукав Старостамбульский	4-й км
13	R15/2	Рукав Старостамбульский	2-й км
14	R15/3	Рукав Старостамбульский, выход в море	0-й км

Гидрохимический и гидробиологический анализы выполнялись согласно общепринятым методам [20–24]. Для идентификации водорослей использовали соответствующие отечественные и зарубежные определители. Биомассу водорослей рассчитывали счётно-объёмным методом геометрического сходства. Анализ пигментных показателей фитопланктона осуществлялся стандартным спектрофотометрическим методом [25]. Рассчитывался индекс видового разнообразия Менхиника [20], а также определялся уровень трофности и класс качества вод с помощью различных классификаций [26–30]. Статистическая обработка результатов исследований выполнялась по методам, приведенным в работе [31]. Всего собрано и обработано 145 проб фитопланктона.

Результаты исследований и их обсуждение. Видовой состав фитопланктона исследуемой части Дуная и его дельты характеризовался значительной гетерогенностью как во времени, так и в пространстве, что характерно для экотонов, находящихся под влиянием сложного комплекса природных и антропогенных факторов. В составе фитопланктона в большинстве пунктов доминировал пресноводный комплекс видов, что соответствует величине минерализации исследуемых вод (табл.2).

Таблиця 2

Содержание хлоридов в поверхностном и придонном слоях воды исследуемых водных объектов, мг/дм³ (среднее за период исследований)

Расстояние до морского края дельты		0 км	1-2 км	4 км	6 км	11 км
Горизонт		Содержание хлоридов, мг/дм ³				
Поверхностный слой	максимальное	863,0	642,0	35,1	33,2	37,1
	минимальное	22,9	22,9	23,4	21,4	22,9
	среднее	338,3	101,7	27,4	27,7	29,3
Придонный слой	максимальное	8050,0	5684,0	28,0	33,2	37,1
	минимальное	28,0	24,4	24,4	21,4	22,9
	среднее	3463,6	1049,9	26,5	27,3	29,0

Наибольшим видовым разнообразием характеризовались диатомовые водоросли, составляя в среднем от 30 до 50 % флористического состава. Помимо представителей отдела *Bacillariophyta*, в составе фитопланктона были хорошо представлены виды отделов *Chlorophyta* и *Cyanophyta*; значительно меньше виды, относящиеся к отделам *Euglenophyta* и *Xanthophyta*. Среди представителей отделов *Cryptophyta* и *Dinophyta* обнаруживались единичные виды.

Как и в исследованиях других авторов [9, 11, 16] флористический состав фитопланктона изменялся в зависимости от сезона года и пункта отбора проб. Например, в апреле 2007 года в пункте выше г. Рени (R01) было обнаружено 53 вида водорослей, а в пункте вблизи края моря (R13/1) – только 30. Снижение видового состава фитопланктона в указанном пункте связано, по-видимому, со спецификой гидрологических и гидродинамических условий данного участка, находящегося вблизи морского края дельты.

Наибольшее количество видов водорослей в планктоне обнаруживалось в летний период (август – начало сентябрь), что согласуется с литературными данными [9]. Так, в апреле 2007 г. в пункте ниже г. Измаила (R06) индекс видового разнообразия фитопланктона Менхиника составлял 0,606; в октябре 2007 г. – 0,163; а в начале сентября 2008 г. – 1,789. Следует заметить, что различия в видовом разнообразии фитопланктона между одними пунктами сохранялись достаточно стабильно, например, фитопланктон Очаковского рукава, как правило, был беднее, чем Старостамбульского, в других же пунктах – существенно изменялись. В частности, в пункте, расположенном в рукаве Быстром на расстоянии 1 км от морского края, индекс видового разнообразия фитопланктона Менхиника был обычно ниже примерно в 1,5 раза, чем в низовьях Дуная, однако, в октябре 2011 г. наблюдалась обратная ситуация, что, возможно, связано с поступлением морских видов водорослей в результате сгонно-нагонных явлений.

Отмечена значительная пространственно-временная изменчивость не только качественных, но и количественных характеристик развития фитопланктона, однако среднесезонные значения по исследованным пунктам дельты достаточно близки. Наиболее высокая численность водорослей – 98,290 млн. кл./дм³ зафиксирована в апреле 2010 г. в рукаве Быстром (R13/1), а наименьшая – 0,109 млн. кл./дм³ в пункте, расположенном ниже г. Вилково (R11) в октябре 2007 г.

Наблюдались определённые различия в диапазоне колебаний численности фитопланктона в зависимости от расположения пункта наблюдений (табл. 3). Следует отметить, что в связи с достаточно высокими скоростями в Дунае большую роль в динамике состава и численности фитопланктона дельты играют аллохтонные представители. В наших исследованиях наиболее высокий коэффициент вариации численности фитопланктона наблюдался в пункте, расположенном в рукаве Быстром на расстоянии 1 км от края моря и в пункте ниже г. Вилково, а наименьший – в Очаковском рукаве. За исключением последнего пункта, коэффициент вариации численности фитопланктона во всех водотоках был выше 100, что свидетельствует об очень высокой изменчивости указанного показателя.

Максимальные величины количественного содержания фитопланктона в исследуемых водах связаны, как правило, с интенсивным развитием мелкоклеточных синезеленых водорослей. Например, в августе 2008 года при численности фитопланктона 2,126 млн. кл./дм³ в пункте ниже г. Килии (R09) диатомовые составляли 39,4% от общего количества водорослей, а синезеленые – 8,0%; в пункте ниже г. Измаил (R06) при численности фитопланктона 8,09 млн. кл./дм³, соответственно, 19,9 и 49,9%.

Таблиця 3

Характеристика изменчивости численности фитопланктона
исследуемых водных объектов, млн. кл./дм³

Пункт	Код	Пределы	Среднее	% от среднего	Коэффициент вариации
Выше г. Рени	R01	87,98 – 0,80	14,08±5,40	105,93	162,621
Ниже рук. Тульчинский	R03	97,44 – 0,61	18,76±7,02	141,07	149,799
Ниже г. Измаил	R06	30,41 – 0,55	10,10±3,62	75,98	118,754
Выше г. Килия	R07	73,40 – 0,80	19,10±7,67	143,68	126,923
Ниже г. Килия	R09	24,15 – 0,51	9,65±3,20	72,60	104,958
Выше г. Вилково	R10	62,90 – 0,44	13,28±4,52	99,87	136,126
Ниже г. Вилково	R11	75,95 – 0,11	12,49±7,30	93,92	184,794
Выше рук. Быстрый	R12	42,37 – 0,31	13,50±4,71	101,53	115,608
Рук. Быстрый	R13/1	98,29 – 0,27	14,30±8,58	107,51	199,018
Рук. Быстрый	R13/0	73,04 – 0,75	19,55±9,54	147,01	138,081
Рук. Очаковский	R14	9,49 – 0,42	3,55±1,02	26,68	80,838
Рук. Старостамбульский	R15	44,46 – 1,05	16,47±6,50	123,84	104,355

Отмечены и межгодовые различия в численности фитопланктона исследуемых вод. К примеру, в 2007 г. средняя численность фитопланктона в районе исследований составляла 4,93; в 2008 г. – 11,70; в 2010 г. – 30,11; в 2011 г. – 3,79 млн. кл./дм³, что связано, по-видимому, с различиями в температурном режиме и величине стока в указанные годы. Так, в 2010 году, характеризующемся повышением уровня развития фитопланктона, зафиксированы аномально высокие температуры воздуха, 200% превышение месячной нормы осадков, максимальный за последние 50 лет уровень моря и исключительно высокий сток реки [17]. Подобной величины стока не наблюдалось на протяжении последних 30 лет.

Определяющими факторами развития фитопланктона помимо температуры и водности, следует считать также поступление в реку загрязняющих веществ. Об этом свидетельствует, в частности, резкое снижение, согласно литературным данным, численности фитопланктона в апреле 2000 года, после техногенных катастроф в бассейне, по сравнению с апрелем 1996 и 1998 г.г. [16]. Согласно нашим исследованиям, средняя численность фитопланктона рассматриваемого участка дельты составляла в апреле 2007 года 3,21 млн. кл./дм³, что близко к данным 1996 г. и 1998 г. и почти на порядок выше численности, наблюдавшейся в апреле 2000 года.

Согласно классификации поверхностных вод, приведенной в работе [29], воды исследованной части дельты Дуная по среднемноголетней численности фитопланктона могут быть отнесены к категории евтрофных. Исключением явился лишь 2010 год, когда уровень трофности вод был более высоким.

Величина биомассы фитопланктона, как и его численность, изменялась в зависимости от сезона года и места расположения пункта наблюдений. Наибольшая величина биомассы водорослей планктона (16,490 мг/дм³) зафиксирована в Дунае выше г. Рени (май 2008 г), а наименьшая (0,067 мг/дм³) – в Старостамбульском рукаве (октябрь 2007 г.). Коэффициент вариации биомассы фитопланктона колебался от 49,01 до 124,81 (табл. 4). Следует заметить, что среднемноголетние значения биомассы фитопланктона исследуемых вод довольно близки.

Отмечено увеличение, как численности, так и биомассы фитопланктона при снижении содержания в воде взвешенных веществ. Например, в мае 2008 г. в пункте выше г. Вилково при концентрации в воде взвешенных веществ 48,400 мг/дм³ биомасса водорослей составляла 4,880 мг/дм³, а численность – 9,630 млн. кл./дм³. В сентябре 2008 г. в этом же пункте при концентрации в воде взвешенных веществ 24,200 мг/дм³

биомасса водорослей возросла до $6,164 \text{ мг/дм}^3$, а численность – до $14,990 \text{ млн. кл./дм}^3$. При этом температура воды в указанные сроки была достаточно близкой – $20,3^\circ \text{ C}$ и $18,6^\circ \text{ C}$.

Таблица 4

Характеристика изменчивости значений биомассы фитопланктона исследуемых водных объектов, мг/дм^3

Пункт	Код	Пределы	Среднее	% от среднего	Коэффициент вариации
Выше г. Рени	R01	16,490 – 0,296	4,713±1,301	157,52	117,147
Ниже рук. Тульчинский	R03	11,780 – 0,239	3,355±0,832	112,13	99,116
Ниже г. Измаил	R06	10,587 – 0,240	3,204±1,206	107,09	124,809
Выше г. Килия	R07	10,895 – 0,154	4,417±1,422	147,63	101,803
Ниже г. Килия	R09	7,400 – 0,187	2,591±0,862	86,60	96,812
Выше г. Вилково	R10	13,203 – 0,257	3,150±0,835	105,28	105,961
Ниже г. Вилково	R11	6,950 – 0,078	2,119±0,814	70,82	113,810
Выше рук. Быстрый	R12	11,137 – 0,155	2,919±0,843	97,56	114,826
Рук. Быстрый	R13/1	6,324 – 0,253	2,320±0,695	74,53	99,393
Рук. Быстрый	R13/0	8,650 – 0,252	2,748±1,074	91,84	110,570
Рук. Очаковский	R14	2,590 – 0,185	1,602±0,262	53,54	49,014
Рук. Старостамбульский	R15	6,050 – 0,067	2,769±0,913	92,55	87,224

Наблюдается тенденция снижения биомассы фитопланктона по мере приближения к морскому краю дельты (рис. 2 А), что отмечалось и другими исследователями [16]. Основной вклад в общую биомассу фитопланктона исследуемых вод вносили диатомовые водоросли (рис. 2 В).

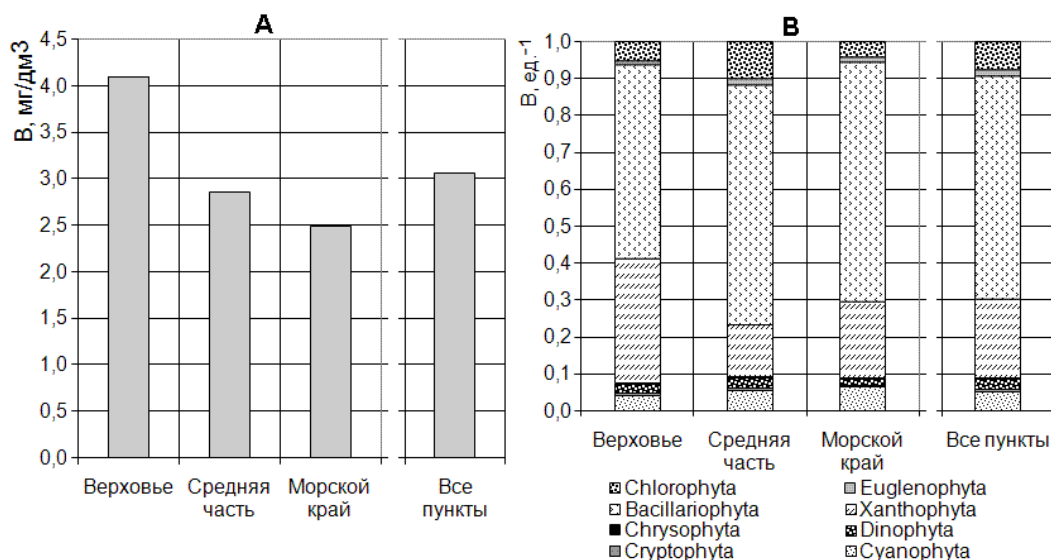


Рис. 2 Изменчивость величин биомассы фитопланктона исследуемых вод (А) и её составляющих (В)

Отмечено снижение численности и биомассы водорослей планктона в пунктах, расположенных ниже городов по течению. Ниже г. Килии (R09) биомасса водорослей составляла в среднем лишь 58,7 % от величины биомассы фитопланктона в пункте выше города (R07), что свидетельствует о поступлении от этого населённого пункта в Дунай загрязняющих веществ.

Среди функциональных характеристик фитопланктона наиболее важной является содержание хлорофилла «а» – основного компонента пигментного аппарата водорослей. По содержанию хлорофилла «а» оценивают степень развития фитопланктона, его биомассу, величину первичной продукции, уровень трофности исследуемых водных объектов и т.д. Высокая информативность и хорошо разработанная методическая основа определения хлорофилла «а» в единице объема воды обусловила использование данного показателя во многих экологических классификациях поверхностных вод [26, 27, 29], в том числе и в классификации вод Дуная [30].

В наших исследованиях наибольшая концентрация хлорофилла «а» (45,608 мкг/дм³) зафиксирована в мае 2011 г. в пункте, расположенном на расстоянии 131 км от морского края (выше г. Рени), а минимальная – (1,866 мкг/дм³) в октябре этого же года в пункте, удаленном от края моря на 89 км (ниже г. Измаила). Согласно литературным данным, близкий диапазон изменчивости хлорофилла «а» наблюдался и в водах румынской части дельты Дуная: от 1,71 до 42,61 мкг/дм³ при среднем значении – 11,26 мкг/дм³ [11]. Следует отметить, что в исследованных нами водах среднесезонные значения содержания хлорофилла «а», как и биомассы фитопланктона достаточно близки (табл. 5).

Таблица 5

Характеристика изменчивости содержания хлорофилла «а» в фитопланктоне исследуемых водных объектов, мкг/дм³

Пункт	Код	Пределы	Среднее	% от среднего	Коэффициент вариации
Выше г. Рени	R01	45,608 – 4,760	15,239±3,163	111,64	77,675
Ниже рук. Тульчинский	R03	35,984 – 3,090	14,568±3,979	106,73	90,589
Ниже г. Измаил	R06	37,870 – 1,866	15,147±5,488	110,97	88,745
Выше г. Килия	R07	30,844 – 5,090	14,241±3,488	104,33	69,274
Ниже г. Килия	R09	28,433 – 3,094	13,295±3,502	97,40	77,098
Выше г. Вилково	R10	29,323 – 3,197	13,762±2,804	100,82	70,590
Ниже г. Вилково	R11	24,404 – 3,315	10,376±3,010	76,01	71,075
Выше рук. Быстрый	R12	31,936 – 3,099	15,073±3,267	110,42	51,504
Рук. Быстрый	R13/1	27,797 – 3,136	13,874±3,452	101,64	70,383
Рук. Быстрый	R13/0	21,785 – 6,969	12,236±4,513	89,64	60,429
Рук. Очаковский	R14	27,738 – 4,723	12,334±3,340	90,36	81,237
Рук. Старостамбульский	R15	18,090 – 2,756	7,889±2,178	-	67,630

Примечание: * – определение хлорофилла «а» в фитопланктоне Старостамбульского рукава (пункт R15) проведены не в все сроки

Установлено, что изменчивость содержания хлорофилла «а» несколько ниже, чем диапазон варьирования численности и биомассы водорослей планктона. Коэффициент вариации численности фитопланктона составлял в среднем 134,99, биомассы – 101,71 и хлорофилла «а» – 79,63. Между показателями биомассы фитопланктона и содержанием хлорофилла «а» в водах дельты Дуная наблюдается прямая достоверная связь, что отмечали и другие исследователи [11, 32]. Например, коэффициент корреляции между указанными характеристиками в период исследований в створе выше г. Рени (R01) составлял 0,77 (при $t_{0,05} = 0,68$), у г. Килии (R07) – 0,95 (при $t_{0,05} = 0,72$), у пункта R13/1 (рукав Быстрый) – 0,92 (при $t_{0,05} = 0,64$) и т.д. Согласно литературным данным, осенью 2008 года коэффициент корреляции между биомассой фитопланктона и содержанием хлорофилла «а» в низовьях Дуная составлял 0,95 [32].

По величине содержания хлорофилла «а», усреднённой по времени и пространству, воды украинской части Дуная и его дельты, используя систему типизации водных объектов Украины [28], можно отнести преимущественно к категории мезо-эвтрофных. Следует отметить, что по другим системам типизации водных объектов, например, по классификации Л. Фелфолди [29], исследуемые воды следует рассматривать как мезотрофные, а по классификации, предложенной Г.Г. Винбергом [26], как евтрофные.

Согласно классификации качества вод, разработанной международными экспертами для водных объектов бассейна Дуная [30], по содержанию в фитопланктоне хлорофилла «а», исследованные нами воды следует отнести к первому классу, экологический статус которых можно считать высоким. Данное заключение совпадает с результатами международной экспедиции по Дунаю, проведенной в 2007 году [32].

О специфике процессов, происходящих на различных участках исследуемых вод можно судить по наличию взаимосвязей между концентрацией хлорофилла «а» и гидрохимическими параметрами водной среды. Так, в пункте выше г. Рени (R01) наблюдалась обратная зависимость между содержанием хлорофилла «а» и концентрацией в воде минерального азота и фосфора ($r_s = -0,645$, при $t_{0,05} = 0,48$ и $r_s = -0,864$, при $t_{0,05} = 0,61$). В пункте, расположенном в рукаве Быстрый (R13/1), подобная зависимость не наблюдалась. И в пункте R13/1, и в пункте R01 отмечена прямая достоверная связь между концентрацией хлорофилла «а» и величиной БПК₅ ($r_s = 0,817$, при $t_{0,05} = 0,64$ и $r_s = 0,582$, при $t_{0,05} = 0,55$). В пунктах же выше г. Измаил (R06) и выше г. Килии (R07) подобная связь между указанными параметрами отсутствовала. О сложной взаимосвязи между концентрацией хлорофилла и содержанием в водах Дуная органических веществ и биогенных элементов отмечали и другие исследователи [33].

Важной структурно-весовой характеристикой фитопланктона является отношение биомассы фитопланктона к его численности (B/N). Выполненные расчеты показали, что соотношение биомассы фитопланктона и численности колеблется от 0,034 (пункт R13/1, апрель 2010 г.) до 2,418 (пункт R09, май 2011 г.), составляя в среднем $0,406 \pm 0,07$ (табл. 6). В период проведения исследований наиболее низкое соотношение указанных характеристик (0,22) наблюдалось в 2010 году, что связано с массовым развитием в летне-осенний период мелкоразмерных водорослей. Подобное соотношение было зафиксировано ранее в 1968 году [8].

Следует отметить, что в апреле 2010 года наблюдались существенные различия в величине соотношения B/N между пунктами, расположенными в низовьях Дуная и вблизи морского края. Так, например, в пункте выше г. Рени (R01) указанное соотношение составляло 0,358, а в рукаве Быстром (R13/1) – 0,034. В августе 2010 указанные соотношения возросли, однако различия сохранились. В пункте R01 величина B/N составляла 0,824, а в пункте R13 – 0,272. Согласно литературным данным [16], более низкие значения B/N в пунктах вблизи края моря по сравнению с низовьями Дуная наблюдались и в 2000 году.

В 2007, 2009 и 2011 г. г. соотношение B/N фитопланктона в среднем было приблизительно одинаковым, соответственно, 0,50; 0,43 и 0,61. Это близко к значениям, которые наблюдались в Дунае и его дельте, согласно данным А.И. Иванова [8], в 1975, 1976 и 1978 г.г., что свидетельствует о достаточной стабильности среднегодовых значений размерного состава фитопланктона.

В зависимости от пункта наблюдений коэффициент вариации соотношения биомассы и численности фитопланктона изменялся от 52,19 % до 95,11%. Для всей совокупности исследованных вод указанный коэффициент составлял: в 2007 г. – 52,43; в 2008 г. – 71,02; в 2010 г. – 87,51; в 2011 г. – 81,66%.

Не менее показательной характеристикой состояния фитопланктона является отношение концентрации хлорофилла «а» к величине биомассы водорослей. Усредненные за период проведения исследований данные об изменчивости коэффициента $Chl\ «a»/B$ приведены в табл. 6.

Таблица 6

Изменчивость относительных характеристик фитопланктона исследуемых водных объектов

Пункт	Код	B/N	Коэффициент вариации (Cv_1)	$Chl\ «a»/B$, %	Коэффициент вариации (Cv_2)
Выше г. Рени	R01	0,49±0,092	78,783	1,173±	77,675
Ниже рук. Тульчинский	R03	0,45±0,108	95,111	0,663±	90,589
Ниже г. Измаил	R06	0,38±0,077	66,276	0,520±	88,745
Выше г. Килия	R07	0,35±0,103	93,235	0,855±	69,274
Ниже г. Килия	R09	0,36±0,055	60,025	0,430±	77,098
Выше г. Вилково	R10	0,44±0,096	86,634	0,611±	70,590
Ниже г. Вилково	R11	0,45±0,087	57,754	1,585±	71,075
Выше рук. Быстрый	R12	0,31±0,059	65,417	0,591±	51,504
Рук. Быстрый	R13/1	0,52±0,112	72,106	0,721±	70,383
Рук. Быстрый	R13/0	0,31±0,065	59,050	0,360±	60,429
Рук. Очаковский	R14	0,56±0,098	52,191	1,054±	81,237
Рук. Старостамбульский	R15	0,25±0,086	90,501	1,149±	67,632

Примечание: B/N – отношение биомассы фитопланктона к его численности, $Chl\ «a»/B$ – отношение концентрации хлорофилла «а» к биомассе; Cv_1 – коэффициент вариации B/N ; Cv_2 – коэффициент вариации $Chl\ «a»/B$.

Отношение $Chl\ «a»/B$ в наших исследованиях изменялось от 0,107 % до 3,826 %, составляя в среднем 0,809 %, что соответствует категории мезотрофных-евтрофных вод [34]. Отмечено увеличение соотношения $Chl\ «a»/B$ в осенний период, что связано, по-видимому, как с изменением видового состава фитопланктона, так и с необходимостью у водорослей в этот период более эффективно использовать солнечную энергию. Так, в апреле-мае величина отношения $Chl\ «a»/B$ составляла в исследованных водах в среднем 0,624; в августе – 0,430, а в октябре-ноябре – 1,328.

Из литературы известно, что в лабораторных условиях минимальная величина $Chl\ «a»/B$ (0,37-0,62 %) встречается у культур синезеленых водорослей. Более высокие значения указанного показателя (0,43-0,81 %) присущи культурам диатомовых водорослей, а максимальные значения (1-2 %) встречаются у зелёных. В природных сообществах, как отмечает Н.М. Минеева, влияние состава альгоценозов на величину $Chl\ «a»/B$ выражено не четко [34]. Это связано с тем, что удельное содержание хлорофилла «а» в биомассе зависит от целого комплекса экологических факторов: вида водорослей, физиологического состояния популяций, обеспеченности водорослей минеральным питанием, светового режима, сезона года и т.д. Согласно литературным данным [34], среднее значение коэффициента $Chl\ «a»/B$ для разнотипных водных объектов составляет $0,53 \pm 0,08$ % ($Cv = 96\%$). Соотношение $Chl\ «a»/B$, наблюдавшееся в фитопланктоне исследованных вод, косвенно подтверждает преобладание в его составе диатомовых и зелёных водорослей.

Выполненные исследования свидетельствуют о высокой изменчивости как структурных, так и функциональных показателей фитопланктона низовьев Дуная и его дельты. Выявленная связь указанных характеристик с динамикой гидрологических и гидрохимических параметров водной среды подтверждает справедливость мнения ведущих специалистов [16, 35, 36] о целесообразности использования фитопланктона в целях индикации экологического состояния исследуемых вод. Анализ содержания

хлорофилла «а» в единицы объёма воды можно рассматривать как один из наиболее перспективных методов синбиоиндикации экологического статуса дельты Дуная.

Выводы

Результаты выполненных исследований и обобщение литературных данных позволяют сделать вывод о существенной пространственно-временной изменчивости как структурных, так и функциональных характеристик фитопланктона украинской части Дуная и его дельты. Основными факторами, определяющими качественный состав и количественные показатели развития фитопланктона, являются температура воды, водный режим, содержание в воде взвешенных и токсических веществ.

Наблюдается снижение видового разнообразия, численности и биомассы фитопланктона по мере приближения к морскому краю. Основной вклад в биомассу фитопланктона вносят диатомовые водоросли. Отмечена прямая достоверная корреляция между биомассой фитопланктона и содержанием хлорофилла «а». В порядке убывания коэффициента вариации показатели фитопланктона могут быть расположены следующим образом: численность, биомасса, содержание хлорофилла «а», отношение V/N и $Chl\ «а»/V$.

Несмотря на существенную изменчивость показателей фитопланктона в конкретных пунктах низовий и дельты Дуная, среднегодовые значения и структурных, и функциональных характеристик планктонных водорослей достаточно близки, что свидетельствует об определённой устойчивости системы. По усреднённым значениям показателей фитопланктона, воды низовий Дуная и его дельты можно отнести к категории евтрофных.

Литература

1. Михайлов В.Н. Принципы типизации и районирования устьевых областей рек (аналитический обзор) / В.Н. Михайлов // Водные ресурсы. – 2004. – Т. 11. – №1. – С. 5–14.
2. Романенко В.Д. Концептуальные основы мониторинга биоразнообразия и биоресурсов водных объектов нижнего Дуная / В.Д. Романенко, С.А. Афанасьев, А.В. Ляшенко, А.Г. Васенко // Гидробиол. журн. – 2012 –Т.48. – №1. – С.45–65.
3. Jelev I. An Ecohydrology approach to the Danube River, and the «enviroGRIDS» project / I. Jelev, V. Jelev. //Ecohydrology & Hydrobiology. – 2012. – Vol. 12.– № 2. – P. 137–152.
4. Water Quality in the Danube River Basin – 2006 /Ed. I. Liška. – ICPDR – International Commission for the Protection of the Danube River. – TNMN – Yearbook: Vienna, 2006 – 39 p.
5. Афанасьев С.А. Фитофильная макрофауна как показатель экологического состояния водных объектов Килийской дельты Дуная / С.А. Афанасьев, А.В. Ляшенко, Е.Е. Зорина-Сахарова, Е.А. Романенко //Гидробиол. журн. – 2008 –Т.44. – №2. – С.3–14.
6. Ляшенко А.В. Биоиндикация качества вод Килийской дельты Дуная по организмам макрофауны водных беспозвоночных / А.В. Ляшенко, Е.Е. Зорина-Сахарова // Гидробиол. журн. – 2012 – Т.48. – №4. – С.45–66.
7. Àcs È. Benthic algal investigations in the Danube river and some of its main tributaries from Germany to Hungary / È. Àcs, Katalin Szabó, Keve T. Kiss, František Hindák // Biologia, Bratislava. – 2003. –58/4.– P. 545–554.
8. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy // Official Journal of the European Communities, 22.12 2000. – L 327/1. – 118p.
9. Иванов А.И. Фитопланктон устьевых областей рек Северо-Западного Причерноморья / А.И. Иванов. – Киев: Наукова думка, 1982. – 212 с.
10. Иванов А.И. Фитопланктон советского участка Дуная и заливов переднего края его Килийской дельты / А.И. Иванов // Гидробиологические исследования Дуная и придунайских водоёмов: Сб. науч. тр. – Киев: Наукова думка, 1987. – С.44–57.
11. Ecological state of the river Danube ecosystems in 1995 / Gomoiu M-T, Dan Secrieru, G. Oaie et al // GEO-ECO MARINA. – 1998. – № 3. – P. 37–88.

12. Composition and dynamics of microeukaryote communities in the River Danube / Katalin É. Szabó-Taylor, Keve T. Kiss, Ramiro Logares et al. // *Fottea*. – 2010. – 10(1). – P. 99–113.
13. Reynolds C.S. The production, biomass and structure of phytoplankton in large rivers / Reynolds C.S., Descy J.-P. // *Arch. Hydrobiol. Suppl.* – 1996. – 113. – 1–4. – P. 161–187.
14. Long-term dynamic patterns and diversity of phytoplankton communities in a large eutrophic river (the case of river Danube, Hungary) / Verasztó Cs., Kiss K.T., Sirkay Cs., Gimesl L. et al. // *Applied Ecology and Environmental Research*. – 2010. – №8(4). – P. 329–349.
15. Гидрология дельты Дуная / под ред. В.Н. Михайлова – М.: ГЕОС, 2004 – 448 с.
16. Килийская часть дельты Дуная весной 2000 г.: состояние экосистем и последствия техногенных катастроф в бассейне / под ред. Б.Г. Александрова, НАН У, Одесский филиал ИБЮМ. – Одесса. – 128 с.
17. Мунжиу О.В. Исследования водных биологических ресурсов дельты Дуная: обзор исследований по адаптации к климату / О.В. Мунжиу // *Современные рыбохозяйственные и экологические проблемы Азово-Черноморского бассейна: материалы VII Межд. конф., 20-23 июня 2012 г., Керчь, – Крым, 2012. – С. 83–88.*
18. Reactions of aquatic ecosystems of northwestern Black Sea region on the climate anomalous: 3rd Biannual Black Sea Conference, Odessa 1-4 November / V.V. Adobovskiy, B.G. Aleksandrov, Yu. I. Bogatova et al. – 2011. – Odessa, 2011. – P.164–165.
19. Харченко Т.А. Концепция экотон в гидробиологии // *Гидробиол. журн.* – 1991 – Т. 27. – №4. – С. 3–9.
20. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / Под ред. В.А. Абакумова. – СПб.: Гидрометеиздат, 1992. – 318 с.
21. Руководство по методам биологического анализа морской воды и донных отложений. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 192 с.
22. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / Под ред. В.А. Абакумова. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 240 с.
23. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 541 с.
24. Унифицированные методы исследования качества вод. Методы химического анализа вод. – М.: СЭВ, 1987. – 300 с.
25. ГОСТ 17.1.04.02-90 Вода. Методика спектрофотометрического определения хлорофилла а – М.: Гос. Ком. СССР по охране природы, 1990. – 15 с.
26. Винберг Г.Г. Первичная продукция водоёмов / Г.Г. Винберг. – Минск: Изд-во АН БССР, 1960. – 328 с.
27. Оценка состояния водных объектов по гидробиологическим показателям / О.П. Оксюк, Г.А. Жданова, С.Л. Гусынская, Т.В. Головки // *Гидробиол. журн.* – 1994. – Т.30. – №3. – С.26–31.
28. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / В. Д. Романенко, В.Н. Жукинський, О.П. Оксюк та ін. – К.: Символ-Т, 1998. – 28 с.
29. Felföldy L. J. M. Biological water quality: a new system for the biological qualification of water / L.J.M. Felföldy // *Research in water quality and water technology*. – Budapest: Vituki, 1976. – Vol. 3. – 37 p.
30. Water Quality in the Danube River Basin – 2006: TNMN – Yearbook-2006. – ICPDR, 2009. – 40 p.
31. Лакин Г.Ф. Биометрия / Г.Ф. Лакин. – М.: Высш. школа, 1990. – 352 с.
32. Joint Danube Survey 2. Final Scientific Report / Ed. I. Liska, F. Vagner, Ja. Slobodnik. Viena: ICPDR – International Commission for the Protection of the Danube River, 2008. – 242 p.
33. Biogeochemical Transformation of Inorganic Nutrients in the Mixing Zone between the Danube River and the North-western Black Sea / O. Ragueneau, C. Lancelot, V. Egorov et al. // *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. – 2002. – 54. – P.321–336.
34. Минеева Н.М. Содержание хлорофилла а в единице фитопланктона (обзор) / Н.М. Минеева, Л.А. Щур // *Альгология*. – 2012. – Т.22. – №4. – С. 441–451.
35. Doculil M. T. Algae as ecological bio-indicators / M.T. Doculil // *Bioindicators & Biomonitoring. Principles, concepts, application* / ed. by B.A. Markert, A.M. Breure and H.G. Zechmeister, 2003 – Amsterdam: Elsevier Science Ltd., 2003. – P. 258–327.
36. Janauer G. Macrophytes and Algae in Running Waters / G. Janauer, M. Doculil // *Biological Monitoring of Rivers: Application and Perspectives* / ed. by J. Ziglio, M. Siligardi and G. Flaim, 2006. – London: John Wiley & Sons Ltd. – P. 89–109.

References

1. Mikhayilov V.N. (2004). Printsipy tipizatsii i rayonirovaniya ustevykh oblastey rek (analiticheskiy obzor). (Principles of typing and zoning estuarine areas of rivers. analytical review). *Water Resources*, 11, 1, 5–14. (in Russ.)
2. Romanenko V.D., Afanasev S.A., Lyashenko A.V., Vasenko A.G. (2012). Kontseptualnye osnovy monitoringa bioraznoobraziya i bioresursov vodnykh obektov nizhnego Dunaya (A Framework for Monitoring Biodiversity and Bioresources water bodies lower Danube). *Gidrobiological Journal*, 48,1, 45–65. (in Ukr.)
3. Jelev I., Jelev V. (2012). An Ecohydrology approach to the Danube River, and the «enviroGRIDS» project *Ecohydrology & Hydrobiology*, 12, 2, 137–152.
4. *Water Quality in the Danube River Basin – 2006* (2006). (Ed. I. Liška. – ICPDR – International Commission for the Protection of the Danube River. – TNMN), Yearbook: Vienna, 39 pp.
5. Afanasev S.A., Lyashenko A.V., Zorina – Sakharova Ye.Ye., Romanenko Ye.A. (2008). Fitofilnaya makrofauna kak pokazatel ekologicheskogo sostoyanya vodnykh obektov Kiliyskoy delty Dunaya. (Phytophilic macrofauna as an indicator of the ecological status of water bodies Kilia Danube Delta). *Gidrobiological Journal*, 44, 2, 3–14. (in Ukr.)
6. Lyashenko A.V., Zorina-Sakharova Ye.Ye. (2012). Bioindikatsiya kachestva vod Kiliyskoy delty Dunaya po organizmam makrofauny vodnykh bespozvonochnykh (Bioindication water quality Kilia Danube Delta on macrofauna organisms aquatic invertebrates). *Gidrobiological Journal*, 48, 4, 45–66. (in Ukr.)
7. Acs E., Katalin Szabo, Keve T. Kiss, Frantisek Hindak (2003). Benthic algal investigations in the Danube river and some of its main tributaries from Germany to Hungary (*Biologia*). – Bratislava, 58/4, 545–554. (in Slovakia).
8. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. (Official Journal of the European Communities), 22.12 2000, 327/1, 118 pp.
9. Ivanov A.I. (1982). Fitoplankton ustevykh oblastey rek Severo-Zapadnogo Prichernomor'ya. (Phytoplankton estuarine areas of the rivers of the North-Western Black Sea Region). – Kyiv: Naukova Dumka, 212 pp. (in Ukr.)
10. Ivanov A.I. (1987). Fitoplankton sovetskogo uchastka Dunaya i zalivov perednego kraya ego Kiliyskoy delty. *Gidrobiologicheskie issledovaniya Dunaya i pridunayskikh vodoemov: Sb. nauch.trud.* (Phytoplankton of the Soviet sector of the Danube and the front edge of its bays of Kilia delta. Hydrobiological studies of the Danube and the Danube water bodies: Coll. scientific papers). – Kyiv: Naukova Dumka, 44–57. (in Ukr.)
11. Gomoiu M-T., Dan Secrieru, G. Oaie et al. (1998) Ecological state of the river Danube ecosystems in 1995 *GEO-ECO MARINA*, 3, 37–88.
12. Katalin E. Szabo-Taylor Keve T. Kiss, Ramiro Logares et al. (2010). Composition and dynamics of microeukaryote communities in the River Danube (*Fottea*), 10(1), 99–113.
13. Reynolds C.S., Descy J.-P. (1996). The production, biomass and structure of phytoplankton in large rivers *Arch. Hydrobiol. Suppl.*, 113, 1-4, 161–187.
14. Veraszto Cs., Kiss K.T., Sirkay Cs., Gimesl L. et al. (2010). Long-term dynamic patterns and diversity of phytoplankton communities in a large eutrophic river (the case of river Danube, Hungary). *Applied Ecology and Environmental Research*, 8(4), 329–349.
15. Ed. Mikhaylov V.N. *Hydrologiya delty Dunaya*. (2004). (Hydrology of the Danube Delta.) – M.: GEOS, 448 p.p. (in Russ.)
16. Ed. Aleksandrov B.G. *Kiliyskaya chast delty Dunaya vesnoy 2000g.: sostoyanie ekosistem i posledstviya tekhnogennykh katastrof v bassejne* (2000). (Chilia part of the Danube Delta in the spring of 2000: ecosystems and the effects of man-made disasters in the pool. , N.A.S. of U. Odesa Branch IBSS). – Odesa, 128 pp.
17. Munzhiu O.V. (2012). Issledovaniya vodnykh biologicheskikh resursov delty Dunaya: obzor issledovaniy po adaptatsii k klimatu (Studies of marine biological resources of the Danube Delta: a review of research on climate adaptation). *Sovremennye rybokhozyaystvennye i ekologicheskie problemy Azovo-Chernomorskogo basseyna: materialy. VII Mezhd. konf. 20–23 iyunya 2012g. Kerch–Krym.* (Modern fisheries management and ecological problems of the Azov-Black Sea basin materials VII Int. Conf., June 20–23, 2012). – Kerch – Crimea, 83–88. (in Ukr.)

18. Adobovsky V.V., B.G. Aleksandrov B.G., Bogatova Yu .I. et al. (2011). Reactions of aquatic ecosystems of northwestern Black Sea region on the climate anomalous (3rd Biannual Black Sea Conference, Odesa 1–4 November, Odesa, 164–165. (in Ukr.)
19. Kharchenko T.A. (1991). Kontseptsiya ekotonov v gidrobiologii (The concept of ecotones in Hydrobiology). *Gidrobiological Journal*, 27, 4, 3–9. (In Ukr.)
20. Ed. Abakumov V.A. Rukovodstvo po gidrobiologicheskomu monitoringu presnovodnykh ekosistem (1992). (Guidance on hydrobiological monitoring of freshwater ecosystems).– St. Petersburg: Gidrometeoizdat, 318 pp. (in Russ.).
21. Rukovodstvo po metodam biologicheskogo analiza morskoy vody i donnykh otlozheniy (1980). (Guidance on methods of biological analysis of sea water and bottom sediments) – L.:Gidrometeoizdat, 192 p.p. (in Russ.)
22. Ed. Abakumov V.A. Rukovodstvo po metodam gidrobiologicheskogo analiza poverkhnostnykh vod i donnykh otlozheniy (1983). (Guidance on methods of hydrobiological analysis of surface water and sediment). – L.: Gidrometeoizdat, 240 p.p. (in Russ.)
23. Rukovodstvo po khimicheskomu analizu poverkhnostnykh vod sushi (1977). (Guidance on chemical analysis of surface waters). –L.: Gidrometeoizdat, 541 p.p. (in Russ.)
24. Unifitsirovannyye metody issledovaniya kachestva vod. Metody khimicheskogo analiza vod (1987). (Unified methods for studying water quality. Methods for chemical analysis of water). –M.: CMEA, 300 p.p. (in Russ.)
25. GOST 17.1.04.02-90 Voda. Metodika spektrofotometricheskogo opredeleniya khlorofilla a (1990). (GOST 17.1.04.02-90 Water. Technique spectrophotometric determination of chlorophyll a). – M.: State. Kom. SSSR for Nature Protection, 15 p.p. (in Russ.)
26. Vinberg G.G. (1960). Pervichnaya produktsiya vodoemov. (Primary production of reservoirs). – Minsk: Izd-vo A.N. BSSR, 328 p.p. (in Byeloruss.)
27. Oksiyuk O.P., Zhdanova G.A., Gusynskaya S.L, Golovko T.V. (1994). Otsenka sostoyaniya vodnykh obektov po gidrobiologicheskim pokazatelyam. (Assessment of the status of water bodies by hydrobiological indicators). *Gidrobiological Journal*, 30, 3, 26–31. (in Ukr.)
28. Romanenko V.D., Zhukisnkiy V.N, Oksiyuk O.P. та ін. (1998). Metodyka ekolohichnoi otsinky yakosti poverkhnivykh vod za vidpovidnymiy katehoriyamy. (Methods of ecological assessment of surface water quality at the appropriate category). –K.: Symvol-T, 28 p.p. (in Ukr.)
29. Felfoldy L. J. M. (1976) Biological water quality: a new system for the biological qualification of water. *Research in water quality and water technology*. – Budapest: Vituki, 3, 37 p. (in Hungr.)
30. Water Quality in the Danube River Basin – 2006: TNMN –Yearbook-2006.(2009), ICPDR, 40 p.p.
31. Lakyn G.F. (1990) Biometriya. (Biometrics). – M.: Vysshaya shkola, 352 p.p. (in Russ.)
32. Ed. I. Liska, F. Vagner, Ja. Slobodnik Joint Danube Survey 2. Final Scientific Report (2008). Viena: ICPDR – International Commission for the Protection of the Danube River), 242 p.p.
33. Ragueneau O., Lancelot C., Egorov V. et al. (2002). Biogeochemical Transformation of Inorganic Nutrients in the Mixing Zone between the Danube River and the North-western Black Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 54, 321–336.
34. Mineeva N.M., Shchur L.A. (2012). Soderzhanie khlorofilla a v edinitse fitoplanktona (obzor). (The content of chlorophyll a in units phytoplankton (review). *Algology*, 22, 4, P. 441–451. (in Russ.)
35. Doculil M. T.(2003). Algae as ecological bio-indicators. In *Bioindicators & Biomonitors. Principles, concepts, applycation*. (Ed. by B.A. Markert, A.M. Breure and H.G. Zechmeister), Amsterdam: Elsevier Science Ltd., 258–327.
36. Janauer G.M., Doculil M (2006). Macrophytes and Algae in Running Waters. In *Biological Monitoring of Rivers: Application and Perspectives*. (Ed. by J. Zigliio, M. Siligardi and G. Flaim, London: John Willey & Sons Ltd), 89–109.

Summary. *Vasenko A., Vernichenko A., Vernichenko-Tsvetkov D., Lungu M., Milanich A., Pristinska A. Analysis of changeability of the structural and functional phytoplankton characteristic in the lower and delta of Danube River within the Ukraine borders.*

Introduction. *The flow of water Danube River in the Black Sea has a significant impact on the level of anthropogenic eutrophication of the North-Western its part. Relevance of this problem and importance of information about the state of the river ecosystem are recognized internationally.*

According to the EU Water Framework Directive (WFD), to objectively assess the «health» of the river required an analysis of all the major components of the ecosystem, including phytoplankton.

Purpose. *The aim of the present study was to analyze the indicators of phytoplankton Ukrainian part of the Danube and its delta and identify the factors that determine their spatial and temporal variability in the current environmental conditions.*

Methods. *Sampling of water and phytoplankton was carried out seasonally from 2007 to 2011 in stationary points of the observation. Hydrochemical and hydrobiological analyzes was performed according to conventional methods. Indicators of the pigments of phytoplankton were analyzed by standard spectrophotometric method. The index of species diversity Menhinika was calculated, as well as the trophic level and the class of water quality (with the help of various classifications) was determined.*

Results. *The studies have shown a high species diversity of phytoplankton in Danube and its delta. The greatest diversity of species characterized by the diatomic algae. In addition to representatives of Bacillariophyta in phytoplankton were well represented species of Chlorophyta and Cyanophyta, much less species of Euglenophyta and Xanthophyta. It was found, that both structural and functional characteristics of phytoplankton these water bodies differ significant spatial and temporal variability. However, the average annual values of the indicators are quite close, indicating a certain stability of the studied ecosystems. Phytoplankton abundance during the study period ranged from 0,109 to 98,290 × 10⁶ cells. / dm³, biomass – from 0,067 to 16,490 mg / dm³, the concentration of chlorophyll «a» ranged from 1,866 to 45,608 µg / dm³. The average values of these indicators were, respectively, 12,63 × 10⁶ cells / dm³, 2,99 mg / dm³ and 11,2 µg / dm³. The maximum value of the quantitative content of phytoplankton in the investigated waters is connected, as a rule, with the intensive development of small-cell blue-green algae. Direct positive reliable correlation between biomass of phytoplankton and the concentration of chlorophyll «a» was observed. In descending order of the coefficient of variation of phytoplankton indicators can be located as follows: abundance (N); biomass (B); chlorophyll «a» (Chl «a»); (B / N) and (Chl «a» / B). The main factors determining the qualitative composition and quantitative development of phytoplankton are water temperature, water regime, the content of suspended and toxic substances.*

Originality. *Although the investigations of phytoplankton of Danube River have a long history, data on phytoplankton of Danube Delta is rather limited. At the same time they are needed for a better understanding on functioning of specific natural formations – ecotons and their response to pollution, eutrophication and global climate change. New data have been obtained about the qualitative composition and quantitative development of phytoplankton Lower Danube and its delta in modern ecological conditions and on their basis where determined trophic status of studied water bodies.*

Conclusion. *On the basis of the research concluded that the water of Lower Danube and its delta in Ukraine are classified as eutrophic waters. A content analysis of chlorophyll «a» in a unit volume of water can be considered as one of the most perspective methods of bioindikation ecological status of studied water bodies.*

Key words: *Lower Danube and its delta, phytoplankton, structural and functional indicators, ecological status*

**Український науково-дослідницький інститут екологічних проблем,
г. Харків, Україна**

Одержано редакцією 13.02.2015
Прийнято до публікації 29.10.2015