

УДК 581.526.323(282.243.7.05)

Э. Ш. Козийчук, В. И. Щербак

## ФИТОМИКРОБЕНТОС СОЛОНОВАТОВОДНЫХ ЗАЛИВОВ КИЛИЙСКОЙ ДЕЛЬТЫ ДУНАЯ

Представлены результаты натурных исследований фитомикробентоса в водах с различной соленостью — от 2,00 до 12,00‰. В солоноватоводных заливах Килийской дельты Дуная установлена зависимость интенсивности развития донных микроводорослей от солености воды: 2,00—5,00, 6,00—8,00 и 9,00—12,00‰. В зоне диапазона солености 2,00—5,00‰ увеличивались показатели видового богатства, численности и биомассы фитомикробентоса за счет развития пресноводных видов-олигогалобов разных отделов, при этом доля солоноватоводных видов-мезогалобов уменьшалась. В зоне выхода в море, при повышении солености до 9,00—12,00‰, наблюдалось интенсивное развитие солоноватоводных и морских форм фитомикробентоса, с малой долей пресноводно-олигогалобных, что повлекло за собой увеличение показателей видового богатства, численности и биомассы донных микроводорослей. В градиенте значений от 6,00 до 8,00‰ качественные и количественные показатели развития фитомикробентоса были минимальными, вероятно вследствие действия зоны «критической солености» для донных микроводорослей. Встречались в малом количестве как пресноводные, так и солоноватоводные формы фитомикробентоса.

*Ключевые слова:* фитомикробентос, Килийская дельта Дуная, солоноватоводные заливы, соленость воды, доминирующий комплекс.

Современной особенностью Килийской дельты Дуная является постоянно протекающий ландшафтообразующий процесс, одним из признаков которого есть образование новых водных экосистем — открытых солоноватоводных заливов. Этому способствуют значительные аллювиальные наносы реки, отлагающиеся в виде длинных приустьевых кос вдоль русел, вдающихся в море. Наряду с отложениями речного аллювия, намываются сложенные из песка и ракушечника приморские косы, которые постепенно изолируют заливы от моря.

Зависимость солевого режима заливов переднего края Килийской дельты Дуная от влияния моря увеличивается с юга на север, что связано с основным стоком речных пресных вод, идущих по более активным южным рукавам дельты. Соленость выше в открытых со стороны моря солоноватоводных заливах северной части дельты.

Фитомикробентос является важным компонентом автотрофного звена заливов, который участвует в формировании потоков энергии и кругообороте веществ, оказывает влияние на кислородный и биогенный режим, служит пищей для рыб и беспозвоночных. Формирование сообществ фитомикробентоса солоноватоводных заливов существенно зависит от солёности воды, которая воздействует на многие биологические процессы. Интенсивная вегетация донных микроводорослей при широких колебаниях солёности воды обусловлена их видоспецифической устойчивостью к различным условиям существования и неблагоприятным факторам [10, 25]. Изменение химических показателей воды, таких как солёность, оказывает быстрое воздействие на состав сообществ фитомикробентоса и провоцирует перестройку структуры доминирующих комплексов [22—24, 26].

Следует отметить, что исследования донных микроводорослей солоноватоводных заливов Килийской дельты Дуная были малочисленными, носили фрагментарный характер и выполнены в середине прошлого столетия [6—8, 11], поэтому данных, которые характеризовали бы особенности развития фитомикробентоса в зависимости от величин солёности воды вышеназванных водоемов, недостаточно.

Цель работы — изучить особенности развития фитомикробентоса солоноватоводных заливов Килийской дельты Дуная.

**Материал и методика исследований.** Материалом для данной работы послужили исследования фитомикробентоса в 2010—2013 гг. в открытых солоноватоводных водоемах — Солёный кут, Бадика кут, Шабош кут Килийской дельты Дуная (рис. 1).

Солоноватоводные заливы Бадика кут, Солёный кут, Шабош кут расположены в северной части дельты. Длина Бадика кута составляет 1,96 км, ширина — 1,10 км, площадь акватории — 2,30 км<sup>2</sup>, Солёного кута — соответственно 2,90 км, 1,96 км и 3,63 км<sup>2</sup>; Шабоша кута — 1,74 км, 0,97 км и 1,08 км<sup>2</sup>. Водоемы являются  $\alpha$ -мезогалинными с колебаниями солёности в пределах 2,00—12,00‰. На режим солёности приустьевого взморья и переднего края дельты оказывают влияние стонно-нагонные явления и связанные с ними компенсационные течения (выносящие глубинные воды на поверхность), которые в большинстве случаев достигают берега морского края дельты и осолоняют все взморье. Это влияние в разной степени сказывается на участках взморья и морского края дельты, что связано с их неодинаковой ориентацией в направлении господствующих ветров и течений, а также с различной изолированностью этих участков [12].

Исследуемые водоемы мелководны, с глубинами 0,2—1,3 м, хорошо прогреваемые в летний период. На протяжении вегетационного периода прозрачность воды достигала дна [21]. В силу мелководности озёр волновым перемешиванием охвачена вся толща воды. Преобладающим типом грунта являются серые илы, в приморской части — пески и заиленные пески. Приморские песчаные отложения бедны гумусом, почти лишены органического вещества, обладают малой влагоемкостью и сильной водопроницаемостью.



1. Карта-схема проведения натурных исследований фитомикробентоса: ст. 1, 2, 3, 4, 5 — зв. Бадика кут; 6, 7, 8 — зв. Солёный кут; 9, 10, 11 — зв. Шабош кут.

Альгологический материал отбирали трубкой Владимировой (площадь отбора — 20 см<sup>2</sup>) [4, 5] на выходе в море, в середине и вершине заливов в трех повторностях. Отбор проб фитомикробентоса и их последующая обработка проведены с применением общепринятых гидробиологических методик [13, 16].

Подсчет численности фитомикробентоса производили в камере Нажотта объемом 0,02 см<sup>3</sup>. Биомассу водорослей устанавливали счетно-объемным методом [16]. Идентификацию диатомовых водорослей осуществляли на приготовленных препаратах [9]. К числу доминантов относили виды, биомасса или численность которых была равна 10% суммарной величины или выше [20]. Названия таксонов приведены согласно [15, 19].

В соответствии с классификацией качества поверхностных вод суши и эстуариев по критерию солености, солоноватоводные водоемы Килийской дельты Дуная разделяются на β-мезогалинные (1,01—5,00‰) и α-мезогалинные (5,01—18,00‰) [13]. Виды-индикаторы солености воды определяли согласно [2].

Для оценки сходства и различия видового состава водорослей в солоноватоводных водоемах был применен коэффициент Серенсена ( $K_s$ ) [3]. При вычислении данного коэффициента могут выявляться следующие зависимости [20]:  $K_s > 0,5$  — водоемы достаточно похожие по видовому составу фитомикробентоса, следовательно экологические условия окружающей среды идентичны;  $K_s < 0,5$  — фитомикробентос отличается по видовому составу, водоемы характеризуются различными экологическими условиями.

Оценка информационного разнообразия фитомикробентоса проведена с использованием индекса Шеннона [1]. Соленость воды в местах отбора проб измеряли с помощью кондуктометра HANNA HI 9835. Результаты ис-

следований статистически обрабатывали с использованием стандартного пакета компьютерных программ Microsoft Office 2003.

### Результаты исследований и их обсуждение

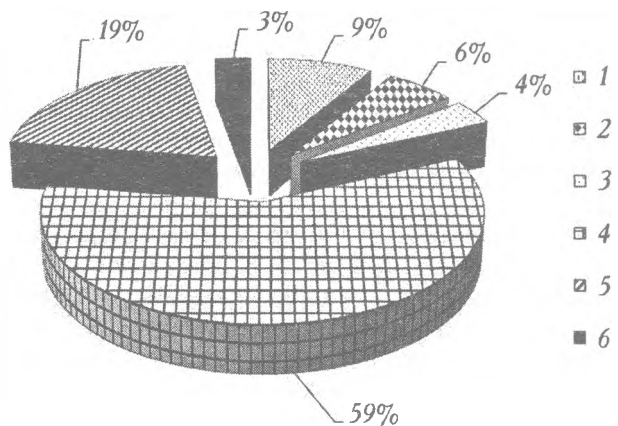
В фитомикробентосе солоноватоводных заливов Килийской дельты Дуная было обнаружено 224 вида, представленных 239 внутривидовыми таксонами (в. в. т.) водорослей, относящихся к 91 роду, 27 порядкам, 13 классам, 8 отделам (Cyanophyta, Euglenophyta, Dinophyta, Cryptophyta, Chrysophyta, Bacillariophyta, Xanthophyta, Chlorophyta). Флористический спектр фитомикробентоса, рассчитанный по количеству в. в. т., представлен на рисунке 2.

Для установленных в. в. т. была определена биотопическая приуроченность. На фоне преобладания видов-бентонтов, в состав фитомикробентоса вошли также планктонно-бентосные, планктонные и перифитонные формы. Приведенное их ранжирование [2] показало следующие долевые соотношения: соответственно 39, 31, 18 и 12%.

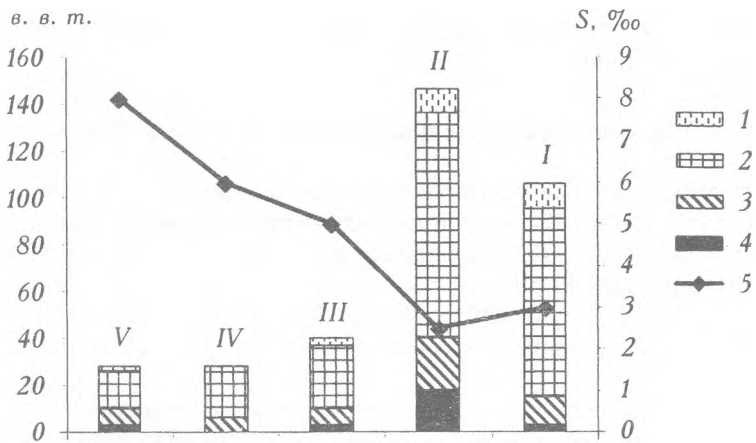
*Залив Бадика кут.* В составе фитомикробентоса зал. Бадика кут выявлено 184 вида, представленных 194 в. в. т. водорослей, которые относятся к 78 родам, 28 порядкам, 13 классам, 8 отделам. Диатомовые водоросли насчитывали 119 в. в. т. (61%), зеленые — 35 (18%), синезеленые — 18 (9%), эвгленовые — 13 (7%), динофитовые, криптофитовые, золотистые, желтозеленые включали по 1—4 таксона (1—2%).

Морфометрической особенностью данного залива является то, что в нем образовалось пять отрогов. При этом, по мере удаления от моря, соленость воды в отрогах уменьшалась от 8,00 до 2,00‰, что сопровождалось увеличением видового богатства фитомикробентоса.

Минимальное количество в. в. т. донных микроводорослей (28) отмечено в пятом и четвертом новообразованных (морских) отрогах, где соленость воды колебалась от 6,00 до 8,00‰. Невысоким видовое богатство фитомикробентоса было и в третьем отроге (40), несмотря на то, что соленость снижалась до 5,00‰. Максимальное количество в. в. т. фитомикробентоса (146) отмечалось во втором отроге, при диапазоне значений 2,00—4,00‰.



2. Флористический спектр фитомикробентоса солоноватоводных заливов Килийской дельты Дуная (2010—2013 гг.): 1 — Cyanophyta; 2 — Euglenophyta; 3 — Cryptophyta; 4 — Bacillariophyta; 5 — Chlorophyta; 6 — другие.

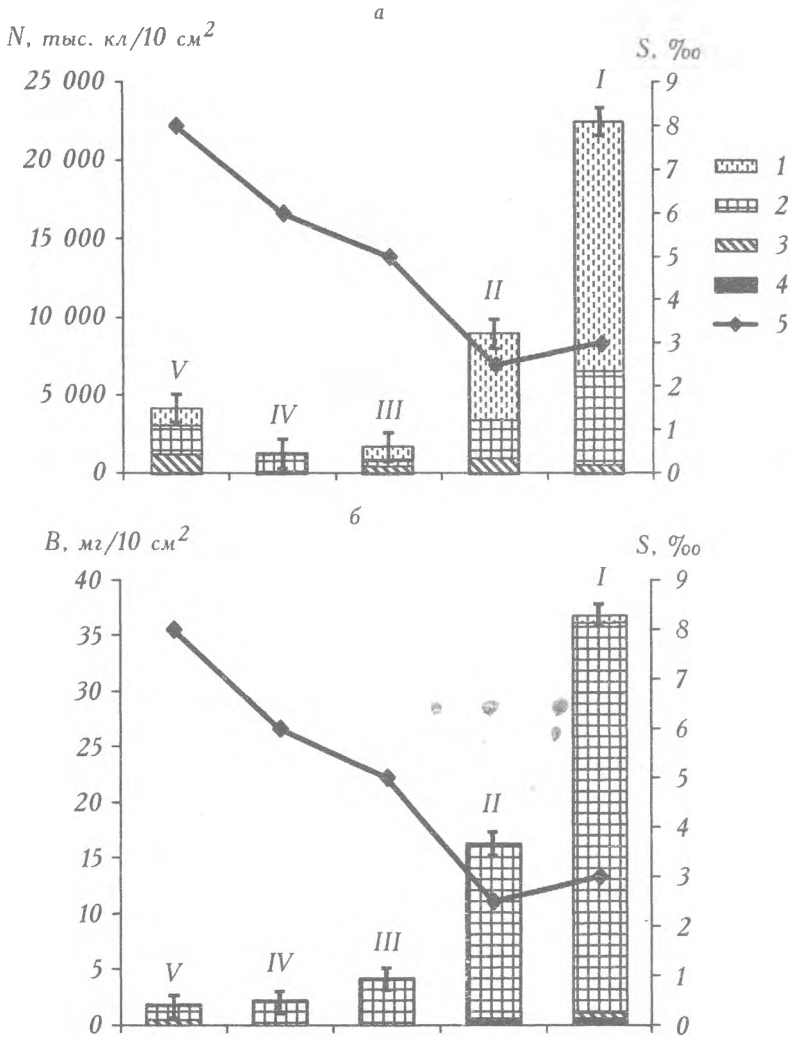


3. Видовое богатство основных систематических отделов фитомикробентоса зал. Бадика кут. Здесь и на рис. 4—8: 1 — Cyanophyta; 2 — Bacillariophyta; 3 — Chlorophyta; 4 — другие; 5 — соленость воды; I—V — отроги.

Немного меньшим количеством в.в.т (106) отличался первый отрог (вершина залива), где соленость воды изменялась от 3,00 до 5,00‰ (рис. 3).

Численность фитомикробентоса, формирование которой определяли синезеленые, диатомовые и зеленые водоросли, изменялась от минимальных значений 1214,0 тыс. кл./10 см<sup>2</sup> (четвертый отрог) до максимальных — 22 455,0 тыс. кл./10 см<sup>2</sup> (первый отрог) (рис. 4, а). На участках, близлежащих к морю (пятый и четвертый отроги), доминировали диатомовые родов *Fragilariforma*, *Tryblionella* и синезеленые — *Oscillatoria*. В третьем отроге приоритетное положение занимали синезеленые водоросли (*Coelosphaerium kuetzingianum* Näg., *Oscillatoria amphibia* Ag., *Phormidium tenue* (Menegh.) Gom.), а также *Schroederia setigera* (Schröd.) Lemm. — представитель зеленых микроводорослей. При переходе к середине и вершине залива, параллельно со снижением солености воды, численность фитомикробентоса резко возросла за счет интенсивной вегетации диатомовых (*Cyclotella kuetzingiana* Thw., *Amphora ovalis* (Kütz.) Kütz., *Pinnularia viridis* (Nitsch.) Ehr.) и синезеленых (*Oscillatoria amphibia*, *O. agardhii* Gom., *O. granulata* Gardner., *O. limnetica* Lemm., *O. tenuis* Ag.) водорослей.

В формировании биомассы фитомикробентоса, которая была наименьшей (1,6 мг/10 см<sup>2</sup>) в пятом отроге, а наибольшей (37,0 мг/10 см<sup>2</sup>) — в первом, ведущая роль принадлежала диатомовым водорослям (рис. 4, б). При переходе от моря (пятый, четвертый, третий отроги) к середине водоема (второй отрог) наблюдался постепенный рост биомассы фитомикробентоса, с середины до вершины — ее дальнейшее повышение, за счет приоритета крупноклеточных диатомовых (*Gyrosigma strigile* (W. Sm) Cl., *Surirella biseriata* f. *punctata* (Meist.) Hust., *Pinnularia lata* (Bréb.) W. Sm., *Tryblionella circum-suta* (Bail.) Ralfs in Prit.).



4. Пространственная динамика численности (а) и биомассы (б) основных отделов фитомикробентоса зал. Бадика кут; I—V — отроги.

Фитомикробентос зал. Бадика кут достаточно разнообразен, о чем свидетельствует высокий информационный индекс Шеннона. Наблюдались широкие границы его колебаний как по численности, так и по биомассе (2,81—3,95 бит/экз. и 1,33—3,89 бит/г) при переходе от монодоминантной структуры фитомикробентоса (при солёности 6,00—8,00‰) к полидоминантной (2,00—5,00‰) и наоборот.

В зал. Бадика кут найдено 162 вида — индикатора солёности воды, что составило 83% общего количества видов. Преобладали индифференты-олигогалобы — 111 видов (69% общего количества видов-индикаторов). Из них наиболее массово были представлены *Surirella tenera* Greg., *Stephanodiscus*

*hantzschii* Grun. in Cl. et Grun., *Fragilariforma virescens* (Ralfs.) Will. et Round., *Aulacoseira granulata* (Ehr.) Sim, *Oscillatoria geminata* (Menegh.) Gom. и др. Встречались представители галофилов-олигогалобов (18%) и мезогалобов (12%): *Caloneis amphibaena* (Bory) Cl., *Cyclotella kuetzingiana*, *Diploneis smithii* (Bréb.) Cl., *Gyrosigma spenceri* (Quek.) Grif. et Henf, *G. strigile*, *Navicula elegans* W. Sm., *Tryblionella acuminata* W. Sm., *Oscillatoria agardhii*, *O. amphibia*. В вершине залива, при понижении солености до 2,00 ‰ и появлении зарослей высшей водной растительности, были определены два вида-галофоба (*Navicula placentata* Ehr., *Neidium iridis* (Ehr.) Cl.).

Таким образом, фитомикробентос зал. Бадика кут имеет высокое видовое, таксономическое и информационное разнообразие, увеличивающееся по мере уменьшения солености воды от моря к вершине залива. Это свидетельствует о высокой чувствительности донных микроводорослей к изменению солености воды, благоприятными для них являются ее низкие значения.

*Залив Солёный кут.* За период исследований в фитомикробентосе залива выявлено 113 видов, представленных 118 в. в. т. водорослей, которые относились к 8 отделам (Cyanophyta, Euglenophyta, Dinophyta, Cryptophyta, Chrysophyta, Bacillariophyta, Xantophyta, Chlorophyta).

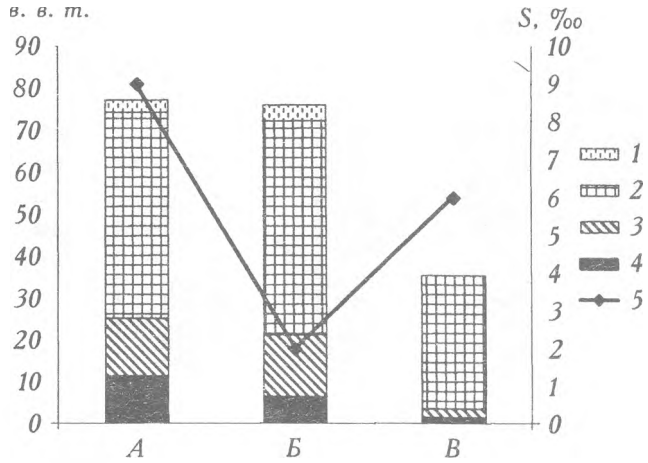
По количеству зарегистрированных в. в. т. доминировали диатомовые — 74, что составило 63%. Меньшим количеством таксонов были представлены зеленые — 23 (20%), криптофитовые — 8 (7%), синезеленые — 6 (5%); эвгленовые, золотистые, динофитовые включали по 1—3 таксона (1—3%).

В зал. Солёный кут наблюдаются предпосылки частичной изоляции от моря за счет намывания приморской косы и мелководности [8]. Границы колебаний солености воды по заливу составляли 2,00—9,00‰. Было отмечено, что на выходе в море и в центральной части залива соленость воды была аналогичной и изменялась в широком диапазоне, имея как низкие, так и высокие значения (рис. 5). Количество в. в. т. фитомикробентоса в данных местах обитания составило соответственно 77 и 76 таксонов. К вершине, где соленость воды изменялась в узком диапазоне (6,00—8,00‰), видовое богатство заметно снижалось (35 в. в. т.).

На численность и биомассу фитомикробентоса зал. Солёный кут также повлияли разные значения солености воды. А именно, численность фитомикробентоса, формирование которой определяли синезеленые, диатомовые и зеленые водоросли, колебалась в широком диапазоне значений: от минимальных (1782,0 тыс. кл./10 см<sup>2</sup>) в вершине, при солености 6,00‰, до максимальных (5880,0 тыс. кл./10 см<sup>2</sup>) — в центральной части залива, при солености воды 2,00‰ (рис. 6, а). Высокая численность фитомикробентоса (5365,0 тыс. кл./10 см<sup>2</sup>) отмечалась и на выходе в море, где соленость воды достигала 9,00‰.

Среди доминирующих видов фитомикробентоса по численности на выходе в море можно отметить *Merismopedia minima* G. Beck, *Navicula cryptocephala* Kütz., *N. cryptocephala* var. *exilis*. (Kütz.) Grun., *Oscillatoria amphibia*,

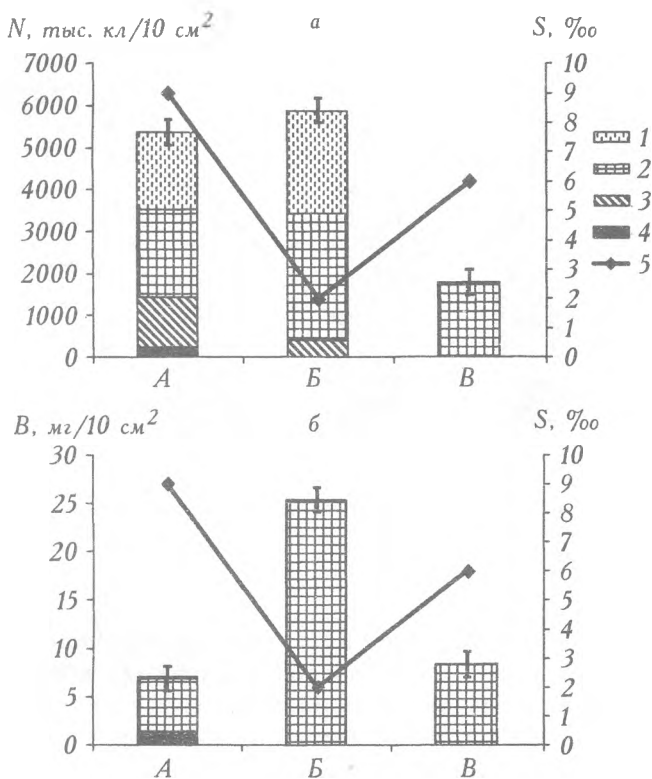
*Dictyosphaerium pulchellum* Wood, *Monoraphidium contortum* (Thur.) Kom.-Legn. in Fott. В центральной части залива представлены центрические мелкоклеточные диатомовые *Aulacoseira granulata*, крупноклеточные *Tryblionella hungarica* (Grun.) Mann in Round, Crawf., Mann, *T. punctata* W. Sm. и *Navicula capitatoradiata* Germ., а также синезеленые *Microcystis pulverea* (Wood) Forti emend. Elenk., *Oscillatoria tenuis*, *Gomphosphaeria pusilla* (Van Goor) Kom., зеленые — *Monoraphidium minutum* (Näg.) Kom.-Legn. in Fott. В верхней части залива, где в бентосе синезеленые водоросли не встречались, а зеленые — в малом количестве, по численности доминировали перифитонные формы диатомовых — *Cocconeis placentula* Ehr, *Rhoicosphenia abbreviata* (Ag.) L.-B.



5. Видовое богатство основных систематических отделов фитомикробентоса зал. Соленый кут. Здесь и на рис. 6—8: А — выход в море; Б — середина; В — вершина.

Биомасса фитомикробентоса колебалась в широких пределах (6,8—25,4 мг/10 см<sup>2</sup>). Ее формирование определяли диатомовые водоросли, такие как *Tryblionella hungarica*, *T. punctata*, *T. victoriae* Grun., *Surirella capronii* Bréb.in Kit. (выход к морю), *T. hungarica*, *T. circumscuta*, *T. punctata*, *Gyrosigma attenuatum* (Kütz.) Cl., *G. strigile* (середина водоема), *Pinnularia major* (Kütz.) Rabenh., *G. attenuatum*, *T. punctata* (вершина водоема). Максимальная биомасса донных микроводорослей отмечалась в центральной части залива, при солености воды 2,00‰. При солености 9,00‰ (выход в море) активно вегетировали зеленые и синезеленые водоросли, что давало им преимущество в численности при минимальной биомассе фитомикробентоса. Преобладали организмы с малым индивидуальным объемом, которые лучше приспосабливаются к нестабильным условиям окружающей водной среды, в том числе и к широким колебаниям солености воды (*Merismopedia minima*, *Monoraphidium contortum*, *Oscillatoria amphibia*), так как имеют простые жизненные циклы и высокую скорость размножения [14]. В верхней части залива биомасса фитомикробентоса была также невысокой (рис. 6, б).

Информационное разнообразие фитомикробентоса зал. Соленый кут (индекс Шеннона) было достаточно высоким как по численности, так и по биомассе (3,22—3,77 бит/экз и 2,94—3,71 бит/г). Границы колебаний индекса разнообразия по биомассе свидетельствуют о переходе от полидоминантной структуры фитомикробентоса, которая наблюдается на выходе в море и в середине залива, к монодоминантной в вершине залива. Повышение солености до 9,00‰ дает эффект увеличения разнообразия донных микроводо-



6. Пространственная динамика численности (а) и биомассы (б) основных систематических отделов фитомикробентоса зал. Соленый кут.

рослей, в то же время при солености 6,00—8,00‰ наблюдается его падение. Следовательно, этот диапазон солености воды не совсем благоприятен для развития фитомикробентоса и является критическим [17, 18]. Предпочтительными для донных микроводорослей являются более низкие — 2,00—4,00‰ и наиболее высокие — 9,00‰ ее значения.

В фитомикробентосе зал. Соленый кут выявлено 95 видов — индикаторов солености воды, что составило 81% общего количества видов: олигогалобов (индифферентов — 66, галофилов — 17) и мезогалобов — 12.

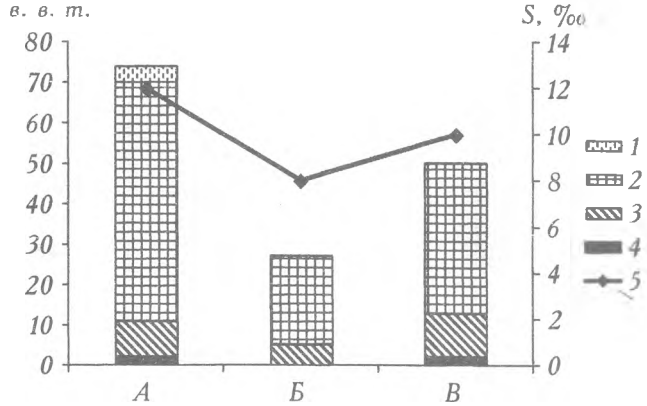
Встречаются солоноватоводные диатомовые — *Gyrosigma spenceri*, *G. strigile*, *G. distortum* (W. Sm.) Cl., *Melosira juergensii* Ag., *Nitzschia clauzii* Hant., *N. sigma* (Kütz.) W. Sm., *Tryblionella hungarica*, *T. circumscuta* и др. В центральной части залива обнаруживается значительно большее количество индифферентов-олигогалобов (*Chlamydomonas globosa* Snow., *Actinastrum hantzschii* Lagerh., *Aulacoseira granulata* (Ehr.) Sim, *Microcystis pulverea*, *Nitzschia linearis* (Ag.) W. Sm., *Amphora ovalis*, *Monoraphidium arcuatum* (Korsch.) Hind., *Navicula cryptocephala* и др.) чем солоноватоводных форм. Это может быть откликом донных микроводорослей на уменьшение солености в центральной части залива от 4,00 до 2,00‰.

**Залив Шабош кут.** За период исследований в фитомикробентосе залива выявлено 93 вида, представленных 100 в. в. т. водорослей, которые относились к 6 отделам (Cyanophyta, Dinophyta, Cryptophyta, Chrysophyta, Bacillariophyta, Chlorophyta).

По количеству зарегистрированных в. в. т. доминировали диатомовые — 73, что составляло 73%. Меньшим количеством таксонов были представлены зеленые — 19 (19%), синезеленые — 4 (4%), динофитовые, криптофитовые, золотистые включали по 1—2 таксона (1—2%).

Зал. Шабош кут, где происходит размыв берега и переотложение наносов, — наиболее открытый влиянию моря. Границы колебаний солености воды в заливе составляли 8,00—12,00‰.

Максимальные показатели видового богатства наблюдались в заливе на выходе в море (74 в. в. т.), при повышении солености от 10,00 до 12,00‰. В центральной части залива, где соленость воды опускалась до 8,00‰, количество видов было минимальным (27 в. в. т.) (рис. 7). К вершине залива, параллельно с повышением солености воды до 10,00‰, количество видов возрастало (50 в. в. т.).



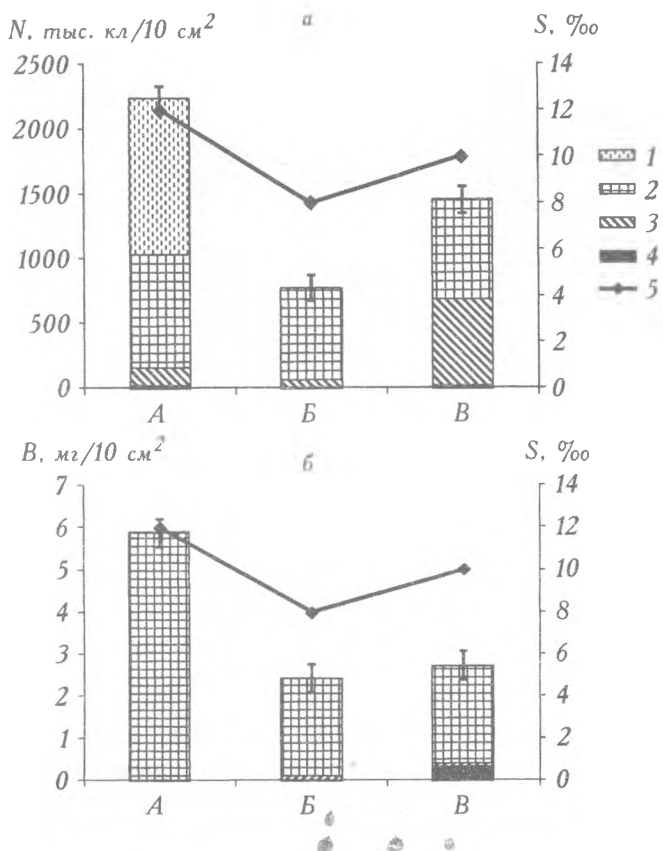
7. Видовое богатство основных систематических отделов фитомикробентоса зал. Шабош кут.

Максимальная численность фитомикробентоса (2225,0 тыс. кл/10 см<sup>2</sup>) отмечалась на выходе, в морской части залива, где соленость воды достигала до 12,00‰, за счет доминирования диатомовых, зеленых и синезеленых водорослей родов *Aulacoseira*, *Nitzschia*, *Stephanodiscus*, *Oscillatoria*, *Schroederia*. Минимальная численность фитомикробентоса (773,0 тыс. кл/10 см<sup>2</sup>) зафиксирована в центральной части залива с соленостью 8,00‰, где происходила перестройка структуры доминирующего комплекса на уровне отделов и родов, с переходом от полидоминантного к монодоминантному. К вершине залива при повышении солености воды (10,00‰) увеличивалась и численность фитомикробентоса, среднее ее значение составило 1449,3 тыс. кл/10 см<sup>2</sup> (рис. 8, а).

В отличие от морской части залива, в центре и вершине синезеленые водоросли не встречались. В центральной части залива на дне наблюдалась вегетация микроводорослей двух отделов — *Bacillariophyta* и *Chlorophyta*, численность фитомикробентоса зависела от доминирующих мелкоклеточных и крупноклеточных диатомовых (*Stephanodiscus hantzschii*, *Gyrosigma spencei*).

В верхней части залива активно развивались диатомовые и зеленые водоросли (*Amphora ovalis*, *Nitzschia recta* Hant. in Rabenh., *Schroederia setigera*), которые доминировали по численности.

Максимальная биомасса фитомикробентоса (15,81 мг/10 см<sup>2</sup>) отмечена в заливе на выходе в море при солености 10,00—12,00‰, в центральной части при 8,00‰ она снижалась (1,76 мг/10 см<sup>2</sup>) и на таком же низком уровне (2,38 мг/10 см<sup>2</sup>) оставалась в вершине, при 10,00‰. Формирование биомас-



8. Пространственная динамика численности (а) и биомассы (б) основных систематических отделов фитомикробентоса зал. Шабош кут.

(12,00‰) и в вершине залива (10,00‰), достигая биомассы 7,13 мг/10 см<sup>2</sup> (*T. circumscuta*) и 0,05 мг/10 см<sup>2</sup> (*M. juergensii*).

Показатели индекса Шеннона были достаточно высокими. Наблюдались незначительные колебания как по численности, так и по биомассе (3,25—3,40 бит/экз и 2,91—3,19 бит/г), что свидетельствует о благоприятных условиях (в первую очередь, солевого режима) для развития фитомикробентоса.

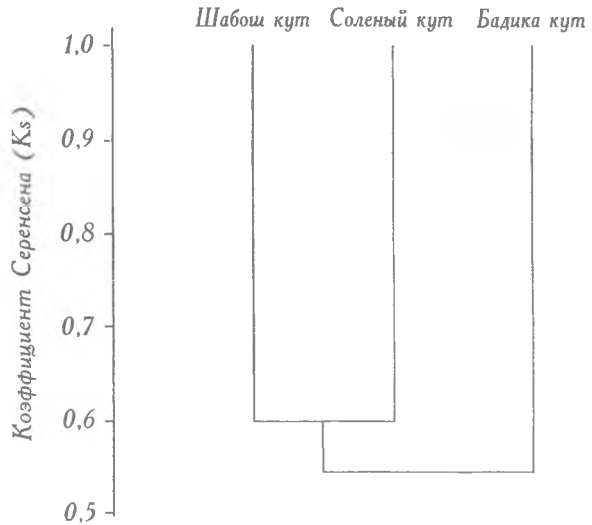
В фитомикробентосе зал. Шабош кут выявлено 80 видов — индикаторов солености воды, что составило 80% общего количества в. в. т.: индифферентов-олигогалобов — 49 видов (61%), галофилов-олигогалобов — 15 (19%), мезогалобов — 16 (20%).

В состав доминирующих комплексов фитомикробентоса в заливе, наряду с пресноводными видами-индифферентами (*Aulacoseira granulata*, *Schroederia setigera*, *Stephanodiscus hantzschii*, *Amphora ovalis*, *Nitzschia recta*, *Peridinium cinctum*), входили также солоноватоводные и морские формы — мезо-

сы фитомикробентоса определяли диатомовые водоросли родов *Gyrosigma*, *Tryblionella*, *Stephanodiscus*, *Melosira*, *Amphora*, в вершине залива к ним присоединялись динофитовые (*Peridinium cinctum* (O. Müll.) Ehr.). Такая ситуация была не всегда: так, в 50-е годы прошлого столетия особенно высокая биомасса наблюдалась в средней части зал. Шабош кут, где на чистоводье, при солености 10,00‰, тихой погоде и прозрачной воде большого развития достигали *Melosira juergensii* и *Tryblionella circumscuta*, биомасса которых достигала соответственно 7,15 и 3,60 мг/10 см<sup>2</sup> [11]. В современный период эти виды диатомовых водорослей встречались на выходе в море

галофы (*Gyrosigma strigile*, *Tryblionella circum-suta*, *T. punctata*, *Nitzschia lorenziana*).

Для более объективной оценки разнообразия фитомикробентоса солоноватоводных заливов и экологических условий, в первую очередь солености воды, которая определяла развитие микроводорослей на дне, использовали кластерный анализ по коэффициенту флористической общности Серенсена [3] (рис. 9).



9. Дендрограмма сходства видового состава фитомикробентоса солоноватоводных заливов Килийской дельты Дуная.

Анализ разнообразия фитомикробентоса по коэффициенту Серенсена показал, что заливы Шабош и Соленый куты достаточно похожи по видовому составу донных микроводорослей ( $K_s = 0,60$ ), что свидетельствует об идентичности экологических условий [20]. Соленость воды в данных водоемах уменьшалась от выхода в море к середине и снова возрастала к вершине заливов. В отдельный кластер выделен фитомикробентос зал. Бадика кут, что указывает на особенность и специфичность водорослей водоема. В этом заливе происходит изменение морфологического профиля за счет образования новых молодых отрогов, что характеризуется наличием разнообразных биотопов. При переходе от одного отрога к другому наблюдалась перестройка в структуре доминирующих комплексов фитомикробентоса. Соленость воды в отрогах, по мере удаления от моря, постепенно уменьшалась по направлению к вершине.

### Заключение

Солоноватоводные заливы Килийской дельты Дуная, представляющие собой довольно большие, но мелкие, хорошо прогреваемые в летний период акватории, отличаются образованием специфических биотопов, характеризующихся различной соленостью воды, что обуславливает высокое разнообразие донной альгофлоры.

В результате проведенных исследований в фитомикробентосе обнаружено 224 вида, представленных 239 внутривидовыми таксонами (в. в. т.) водорослей, относящихся к 91 роду, 27 порядкам, 13 классам, 8 отделам (Cyanophyta, Euglenophyta, Dinophyta, Cryptophyta, Chrysophyta, Bacillariophyta, Xanthophyta, Chlorophyta).

По количеству в. в. т. доминировали Bacillariophyta — 141, а также Chlorophyta — 47, что составило соответственно 59 и 19% общей численности. Меньшим количеством были представлены Cyanophyta — 21 (9%), Euglenophyta — 14 (6%), Cryptophyta — 9 (4%). Остальные (Dinophyta, Chrysophyta, Xanthophyta, Chlorophyta) включали соответственно от 1 до 4 в. в. т. (3%).

Проведенный анализ особенностей развития фитомикробентоса солоноватоводных заливов Килийской дельты Дуная показал, что на формирование, пространственную динамику и разнообразие сообществ фитомикробентоса непосредственное влияние оказывает соленость воды.

Минимальные показатели видового богатства, численность и биомасса фиксировались на участках, где диапазон солености воды составлял 6,00—8,00‰, вероятно вследствие действия эффекта «критической солености». Встречались в малом количестве как пресноводные, так и солоноватоводные формы. В зоне выхода в море, при солености от 8,00 до 12,00‰, где фитомикробентос в основном представлен солоноватоводными и морскими формами, а также олигогалобами — галофилами и индифферентами, показатели видового богатства, численность и биомасса возрастали. В зоне, где диапазон солености воды составил 2,00—5,00‰, отмечались их максимальные значения за счет развития пресноводных форм водорослей разных отделов. При этом заметно сокращалось число солоноватоводных.

\*\*

*Представлено результати натурних досліджень фітомікробентосу у водах з різною солоністю — від 2,00 до 12,00‰. У солоноватоводних затоках Кілійської дельти Дунаю встановлено залежність інтенсивності розвитку донних мікробентосів від солоності води: 2,00—5,00; 6,00—8,00 та 9,00—12,00‰. Так, в зоні діапазону солоності 2,00—5,00‰ показники видового багатства, чисельність і біомаса фітомікробентосу збільшувались за рахунок розвитку прісноводних видів-олігогалобів різних відділів, при цьому частка солоноватоводних видів-мезогалобів зменшувалась. У зоні виходу в море, при зростанні та встановленні стабільної солоності від 9,00 до 12,00‰, відзначено інтенсивний розвиток солоноватоводних і морських форм фітомікробентосу, з малою часткою прісноводно-олігогалобних, що викликало збільшення показників видового багатства, чисельності та біомаси донних мікробентосів. У градієнті значень від 6,00 до 8,00‰, де зустрічалися в малій кількості як прісноводні, так і солоноватоводні форми фітомікробентосу, показники розвитку фітомікробентосу були мінімальними, вірогідно внаслідок дії зони «критичної солоності» для донних мікробентосів.*

\*\*

*The paper deals with findings of field studies of benthic algae in waters with different salinity — from 2,00 to 12,00 ‰. In brackish-water bays of the Kiliya Delta of the Danube River the intensity of bottom microalgae development has been found to depend upon the water salinity zone: 2,00—5,00 ‰; 6,00—8,00 ‰ or 9,00—12,00 ‰. For example within the salinity range of 2,00—5,00 ‰ we observed an increase in the species diversity, number and biomass of benthic algae due to development of fresh-water oligohalobous species from different divisions, with the portion of brackish mesohalobous species decreasing. In the zone of inflow into the sea, with the salinity increasing and becoming stable at the level of 9,00 до 12,00 ‰ brackish-water and marine species of benthic algae developed intensively,*

*with a small portion of fresh-water oligohalobous species, which caused a rise in the species diversity, number and biomass of benthic algae. Within the salinity range between 6,00 and 8,00 ‰ the species diversity, number and biomass of benthic algae were the lowest, probably due to the impact of the «critical salinity zone» for bottom microalgae. Both fresh-water and brackish-water forms were observed there in small number.*

\*\*

1. Алимов А.Ф. Введение в продукционную гидробиологию. — Л.: Гидрометеиздат, 1989. — 151 с.
2. Барина С.С., Мегведева Л.А., Анисимова О.В. Биоразнообразие водорослей — индикаторов окружающей среды. — Тель-Авив, 2006. — 498 с.
3. Василевич В.И. Статистические методы в геоботанике. — Л.: Наука, 1969. — 232 с.
4. Владимирова К.С. Удосконалений прилад для збору проб фітомікробентосу // Укр. ботан. журн. — 1961. — Т. 18, № 2. — С. 81—84.
5. Владимирова К.С. Фитомикробентос Днестра, его водохранилищ и Днепровско-Бугского лимана. — Киев: Наук. думка, 1978. — 230 с.
6. Гидрология дельты Дуная / Под ред. В. Н. Михайлова. — М.: ГЕОС, 2004. — 448 с.
7. Гидрология устьевой области Дуная / Под ред. Я. Д. Никифорова, К. Дьякону. — М.: Гидрометеиздат, 1963. — 384 с.
8. Гидроэкология украинского участка Дуная и сопредельных водоемов. — Киев: Наук. думка, 1993. — 328 с.
9. Диатомовый анализ / Под ред. А. Н. Криштофовича. — Л.: Гос. изд-во геол. лит-ры, 1949. — 240 с.
10. Дігун Я.П., Плюта П.Г. Фітоіндикація екологічних факторів. — К.: Наук. думка, 1994. — 280 с.
11. Дунай и придунайские водоемы в пределах СССР / Под ред. Я.В. Ролла // Тр. Ин-та гидробиологии АН УССР. — 1961. — № 36. — 311 с.
12. Марковский Ю.М. Фауна беспозвоночных низовьев рек Украины, условия ее существования и пути использования. Часть III. Водоемы Килийской дельты Дуная. — Киев: Изд-во АН УССР, 1955. — 280 с.
13. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / За ред. В. Д. Романенка. — К.: ЛОГОС, 2006. — 408 с.
14. Одум Ю. Основы экологии / Под ред. Н.П. Наумова — М.: Мир, 1975. — 740 с.
15. Разнообразие водорослей Украины / Под ред. С. П. Вассера, П. М. Царенко // Альгология. — 2000. — Т. 10, № 4. — 309 с.
16. Топачевский А.В., Масюк Н.П. Пресноводные водоросли Украинской ССР. — Киев: Вища шк., 1984. — 333 с.
17. Хлебович В.В. Критическая соленость биологических процессов. — Л.: Наука, 1974. — 235 с.
18. Хлебович В.В. Экология особи. Очерки фенотипической адаптации животных. — СПб.: Зоол. ин-т РАН, 2012. — 144 с.
19. Царенко П.М., Петлеванный О.А. Дополнение к «Разнообразию водорослей Украины». — Киев: Ин-т ботаники НАН Украины, 2001. — 130 с.

20. Щербак В.І. Методи досліджень фітопланктону // Методичні основи гідробіологічних досліджень водних екосистем. — К., 2002. — С. 41—47.
21. Щербак В.І., Козийчук Э.Ш. Динамика фитомикробентоса разнотипных водных объектов Килийской дельты Дуная в зависимости от некоторых экологических факторов // Гидробиол. журн. — 2016. — Т. 52, № 1. — С. 3—14.
22. Brock M.A. The composition of aquatic communities in saline wetlands in Western Australia // *Hydrobiologia*. — 1983. — Vol. 105. — P. 77—84.
23. Cumming B.F., Wilson S.E., Hall R.I., Smol J.P. Diatoms from British Columbia (Canada) lakes and their relationship to salinity, nutrients and other limnological variables // *Bibl. Diatomol.* — 1995. — 31. — P. 1—207.
24. Stoermer E.F., Smol J.P. (Editors). The diatoms: application for the environmental and earth sciences. — Cambridge: Cambridge Univ. press, 1999. — 469 p.
25. Whitton B.A., Roth E., Friedrich G. (Editors). Use of algae for monitoring rivers. — Innsbruck: Institut für Botanik Univ. press, 1991. — 193 p.
26. Williams W.D. Salinity as a determinant of the structure of biological communities in salt lakes // *Ibid.* — 1998. — Vol. 381. — P. 191—201.

Институт гидробиологии НАН Украины, Киев

Поступила 18.10.16