

А.А. Снигирева, Г.В. Ковалева

ВЛИЯНИЕ БЕРЕГОУКРЕПИТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА ИЗМЕНЕНИЕ ТАКСОНОМИЧЕСКОГО СОСТАВА МИКРОВОДОРОСЛЕЙ

В результате берегоукрепительных работ на побережье Одесского залива (Чёрное море) в 2007 г. численность микроводорослей увеличилась. Перестройка сообщества мезофитопсаммона была вызвана стимулирующим воздействием биогенных элементов и увеличением содержания растворенных органических веществ. Видовой состав диатомовых и синезеленых водорослей изменился. Увеличился вклад динофитовых и криптофитовых водорослей. Выявлена отрицательная зависимость численности и длины клеток динофитовых, криптофитовых и синезеленых водорослей от размеров песчинок и положительная корреляция этих показателей для диатомовых и зеленых водорослей.

Введение

Поверхность моря на границах с атмосферой, берегом, дном и пресными водами отличается высокой интенсивностью протекающих в ней физических и химических процессов. Здесь наблюдается так называемый краевой эффект, проявляющийся в высоком видовом разнообразии, численности гидробионтов и других характеристиках [Виноградов, 1968].

В связи с особыми физико-химическими, гидробиологическими особенностями контурных местообитаний у живущих здесь организмов в процессе эволюции сформировались определенные экоморфологические признаки и свойства, обеспечивающие приспособление особей к этим условиям жизни. Сформировалась целая группа организмов – контуробионтов [Зайцев, 1991]. Большинство токсикантов и загрязняющих веществ, поступающих в море, образуют наиболее высокие концентрации в таких контурных биотопах. Поэтому контуробионты подвергаются более сильному антропогенному воздействию и реагируют на это резче, чем пелагиобионты.

Песчаные пляжи играют важную роль в жизни верхней сублиторали. К сожалению, этот контурный биотоп до настоящего времени остается недостаточно изученным. Интерстициальные (живущие в межпесчиночных пространствах) сообщества песчаных пляжей испытывают воздействие как моря, так и суши, активно реагируя на них, что выражается в изменении состава и количественных показателей представителей этого своеобразного биотопа.

Среди обитателей, живущих в интерстициали, большое внимание уделялось мейофауне [Воробьева, 1992]. Изучение экологии псаммофильных микроводорослей (мезофитопсаммона) началось сравнительно недавно [Гусяков, 2002; Гусяков, Ковтун, 2000; Герасимюк, Тарасова, 2000]. Под мезофитопсаммоном понимают группу микроскопических водорослей, обитающих в межпесчиночных пространствах, т. е. в интерстициальных водах [Гусяков, 2002]. Выделяют группу микроводорослей, прикрепленных к песчинкам или передвигающихся по их поверхности, и не прикрепленных, живущих в воде межпесчиночных пространств.

Микроводоросли водоемов являются основным источником органического вещества и начальным звеном большинства пищевых цепей. Псаммофильные микроводоросли обладают поразительной пластичностью морфобиологических и физиологических свойств, высокой стойкостью к экстремальным условиям. Они являются единственной группой из живущих в песке микроорганизмов, которой свойственно фототрофное питание и вместе с тем способность к быстрому размножению. Все это делает их удобными объектами для изучения влияния различных факторов среды, а также для использования их в качестве организмов-индикаторов.

Показателями состояния контактной зоны берег – море могут быть: общий видовой состав

интерстициальных водорослей, наличие доминантов и субдоминантов, наличие специфических видов и их количество, соотношение экологических группировок, характер распределения водорослей в толще песка, наличие тератологических изменений у доминирующих видов диатомей, а также количественные показатели (численность и биомасса), изменения под влиянием сезонных, антропогенных и других факторов.

В северо-западной части Чёрного моря песчаные пляжи составляют около 40 % длины береговой линии, это более 400 км [Шуйский, Выхованец, 1989]. Пляжи обладают различным гранулометрическим составом – от галечных до мелкозернистых с примесью иловых частиц, с широким диапазоном показателей пористости.

Вблизи линии уреза воды, на границе море – берег северо-западной части Чёрного моря, происходят глубокие изменения, вызванные человеческой деятельностью. На побережье Одесского залива периодически проводятся работы по пригрузке берегового склона песком [Зизак, 2007]. Намыв, или отсыпка, песка является необходимой мерой стабилизации оползневых процессов, характерных для данного региона. При расширении пляжей путем завоза песка, добытого вдали от берегов, наблюдаются резкие перестройки в сообществах гидробионтов.

В октябре 2007 г. проводились подобные работы по отсыпке песка. Песок для восстановительных работ брался с Одесской банки, находящейся на удалении 20–27 км от берега, он характеризовался значительно более мелкими размерами песчинок.

Целью настоящей работы было изучение влияния берегоукрепительных работ в Одесском заливе на видовой состав мезофитопсаммона.

Материалы и методы

Исследования проводили в сентябре 2007 и 2008 гг. на 13 станциях с намывом песком (обозначены цифрами 1–13 на рис. 1) и 3 контрольных станциях (I–III), на которых отсыпка песка не проводилась. Пробы псаммона собирали трубкой с площадью сечения 5,3 см² на расстоянии 1 м от уреза воды. Под урезом воды подразумевали линию, до которой доходит вода в штилевую погоду [Сахарова, 1963]. Микроводоросли изучали в поверхностном 2-сантиметровом слое песка [Александров, Тарасенко, 2006]. Гранулометрический состав грунта определяли методом ситового анализа [Рухин, 1947] и рассчитывали модуль крупности песка (Mdk) по [Воробьева, 1992]. Всего изучено и проанализировано 26 проб.

Количественные пробы мезофитопсаммона обрабатывали в лаборатории гидробиологической станции Одесского национального университета им. И.И. Мечникова (Одесса, Украина) с использованием светового микроскопа Ergaval (Carl Zeiss, Jena, Germany) (увеличение ×160 и ×640). Определение таксономической принадлежности некоторых видов диатомовых водорослей (приложение, рис. 1–5) выполняли с использованием сканирующего электронного микроскопа Carl Zeiss EVO 40 XVP в Институте аридных зон Южного научного центра РАН (Ростов-на-Дону, Россия).

Численность клеток микроводорослей определяли в расчете на 1 см³ [Водоросли ... 1989]. Номенклатура зеленых и синезеленых водорослей приведена по [Разнообразие водорослей ... 2000], динофитовых и криптофитовых – по [Tomas, 1997], диатомовых – по [Round et al., 1990].



Рис. 1. Карта-схема отбора проб

Для анализа видового разнообразия использовали индекс Симпсона (D), который рассчитывали по формуле

$$H = 1 - (\sum n_i (n_i - 1)) / N (N - 1),$$

где N – число особей, n_i – число особей каждого вида.

Статистическую обработку материала проводили с использованием пакета программ PRIMER-E 5, Microsoft Excel 2003.

Результаты и обсуждение

Известно, что существование любой группы организмов зависит от комплекса определенных условий. На обитателей псаммона наряду с температурой, соленостью, волновой активностью, содержанием биогенных веществ огромное влияние оказывает гранулометрический состав песка. Важным свойством песчаных наносов является степень их пористости, т. е. проницаемость для воды. В случае однородного размера песчинок объем интерстициальных полостей, или пористость, составлял бы 26 % общего объема [Воробьева, 1999]. Однако песчаные пляжи состоят из частиц различной формы и величины, что сказывается на показателе пористости каждого пляжа. Пористость зависит от многих факторов, в числе которых величина зерен, их размеры, соотношение между зернами различной величины, способ расположения на берегу и последующего уплотнения и т. д.

Влияние гранулометрического состава грунта на микроводоросли неоднозначно. Отмечено, что наибольшее воздействие на распределение микрофитобентоса оказывают самая мелкая алевропелитовая (<0,1 мм) и самая крупная (>1 мм) фракции песка. При этом высокое содержание в грунте мелких фракций лимитирует развитие подвижных микроводорослей, поскольку капиллярные пространства забиваются, что затрудняет перемещения водорослей в толще осадка. Крупные фракции также негативно влияют на подвижные формы микроводорослей. Из-за высокой сортированности песков плотность упаковки частиц нарушается, осадки становятся более рыхлыми и менее стабильными. Эпипсаммон, прикрепляясь к песчинкам и занимая интерстициальные пространства, лучше развивается в песках с преобладанием крупных фракций [Сабурова и др., 2001]. Вместе с тем известно, что до 80 % клеток диатомовых водорослей могут быть локализованы на песчинках, расположенных на поверхности либо в глубине илистого грунта [Jonge, 1985].

Проведение работ по отсыпке песка на Одесском побережье позволило проследить ответную

реакцию сообщества микроводорослей на изменение физических показателей биотопа.

Для песчаной супралиторали (в зоне заплеска) Одесского залива характерна разнообразная по составу и богатая по численности морская микрофлора, представленная диатомовыми (Bacillariophyta) (приложение, рис. 1–5), зелеными (Chlorophyta), синезелеными (Cyanophyta), динофитовыми (Dinophyta) и криптофитовыми (Cryptophyta) водорослями.

В результате берегоукрепительных работ гранулометрический состав песка уменьшился с 5,3 до 1,4 Mdk. Численность микроводорослей до берегоукрепительных работ на всех станциях различалась незначительно (табл. 1). В 2007 г. она составляла $67 \cdot 10^3$ кл/см³ на станциях, где впоследствии отсыпался песок, и $64 \cdot 10^3$ кл/см³ на контрольных станциях, где берегоукрепительные работы не проводились. В 2008 г. на станциях с намытым песком численность фитопсаммона в среднем увеличилась в 1,5 раза (и составила $99 \cdot 10^3$ кл/см³), а на контрольных станциях уменьшилась в 2,0 раза ($35 \cdot 10^3$ кл/см³).

Таблица 1

Изменение численности микроводорослей псаммона ($\cdot 10^3$ кл/см³) в результате берегоукрепительных работ

	Станции	Контроль
До намыва песка (2007 г.)	66,86* ± 1,44**	64,02 ± 2,09
После намыва песка (2008 г.)	99,09 ± 1,14	35,38 ± 2,12

Примечание. * – среднее значение, ** – ошибка среднего.

Увеличение численности микроводорослей наблюдалось практически на всех станциях (рис. 2). Исключение составляет станция 9, где наблюдались незначительные изменения численности. На станциях 7 (временный водоем) и 8 в 2007 г. наблюдалась более высокая численность фитопсаммона по сравнению с другими станциями. Она достигала здесь $1249 \cdot 10^3$ и $455 \cdot 10^3$ кл/см³ соответственно. Расположение берегозащитных траверсов защищает этот пляж от сильного волнового воздействия, что создает благоприятные условия для развития фитопсаммона. Во временном водоеме отмечено «цветение» песка за счет массового развития диатомовой водоросли *Navicula salinarum* Grun. in Cleve et Grun (приложение, рис. 5 (1–4)).

Для песчаного побережья важным фактором является содержание биогенных веществ. Большие количества фосфатов, нитратов, сульфатов и железа в прибрежных песках позволяют считать псаммолитораль исключительно эвтрофным биотопом [Воробьева, 1999]. Мелкодисперсные частицы донных отложений адсорбируют значительные количества фосфатов, концентрации которых в пляжах

пропорциональны содержанию в них илстых частиц. Нередко пляжи представляют собой важный источник биогенных веществ, в частности в виде мелкодисперсных частиц $FePO_4$, которые вымываются из береговых отложений волнами.

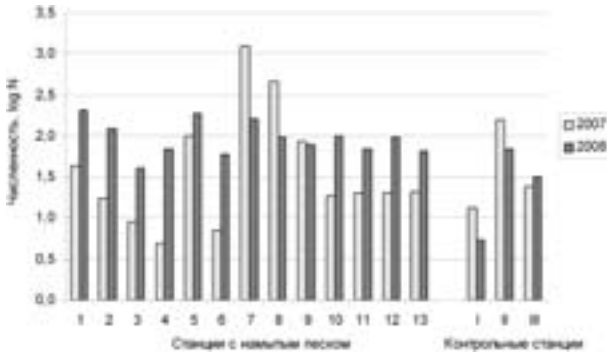


Рис. 2. Численность микроводорослей псаммона в Одесском заливе в 2007–2008 гг.

Отсыпка песка при берегозащитных мероприятиях привела как к гибели гидробионтов, вывезенных с песком (взятом на Одесской банке), так и к уничтожению обитателей песчаных пляжей одесского побережья, оказавшихся засыпанными. В результате резко увеличилось содержание биогенных и растворенных органических веществ в поровых водах песчаных пляжей [Гаркуша, 2009], что повлияло на увеличение численности микроводорослей по сравнению с предыдущим годом. Более того, изменился таксономический состав мезофитопсаммона. Увеличилась численность

представителей отделов криптофитовых и динофитовых водорослей (табл. 2). Известно, что эти группы водорослей способны к использованию растворенного органического вещества (РОВ) при его избытке. Численность динофитовых водорослей изменялась в пределах от 1 до $4 \cdot 10^3$ кл/см³ в 2007 г. и от 1 до $36 \cdot 10^3$ кл/см³ в 2008 г. Диапазон численности криптофитовых колебался от 1 до $31 \cdot 10^3$ кл/см³ в 2007 г. и от 7 до $50 \cdot 10^3$ кл/см³ в 2008 г. (рис. 3).

Появление в фитопсаммоне динофитовых (преимущественно представителей родов *Prorocentrum*, *Gymnodinium*) и криптофитовых (род *Cryptomonas*) указывает на перестройку в альгологическом сообществе, это связано с повышением содержания легкоусвояемой органики и биогенных веществ [Баринова, 2006].

На контрольных станциях вклад динофитовых и криптофитовых водорослей был менее значительным (рис. 3). Это свидетельствует о том, что именно отсыпка песка повлияла на изменение таксономической структуры сообщества фитопсаммона. При этом численность динофитовых изменялась в пределах от $3 \cdot 10^3$ кл/см³ в 2007 г. до $1 \cdot 10^3$ кл/см³ в 2008 г., а криптофитовых – от $2 \cdot 10^3$ кл/см³ до $7 \cdot 10^3$ кл/см³.

Динамика количественного распределения синезеленых водорослей также свидетельствует о повышенном содержании органического вещества на искусственно намываемых пляжах. Их численность на контрольных станциях практически не изменилась

Таблица 2

Средние значения численности микроводорослей псаммона ($\cdot 10^3$ кл/см³) в результате намыва песка на побережье Одесского залива

Группы микроводорослей	2007 г.		2008 г.	
	станции	контроль	станции	контроль
Диатомовые	47,25* ± 1,86**	49,79 ± 2,78	34,18 ± 1,25	10,30 ± 1,95
Динофитовые	1,00 ± 0,40	0,94 ± 0,62	6,17 ± 0,49	2,81 ± 0,44
Криптофитовые	4,82 ± 0,48	1,96 ± 0,32	29,03 ± 1,19	6,89 ± 2,39
Зеленые	5,83 ± 1,31	3,13 ± 0,52	10,97 ± 3,30	5,11 ± 1,66
Синезеленые	4,91 ± 0,32	7,63 ± 0,44	10,07 ± 3,30	8,50 ± 1,27

Примечание. * – среднее значение, ** – ошибка среднего.

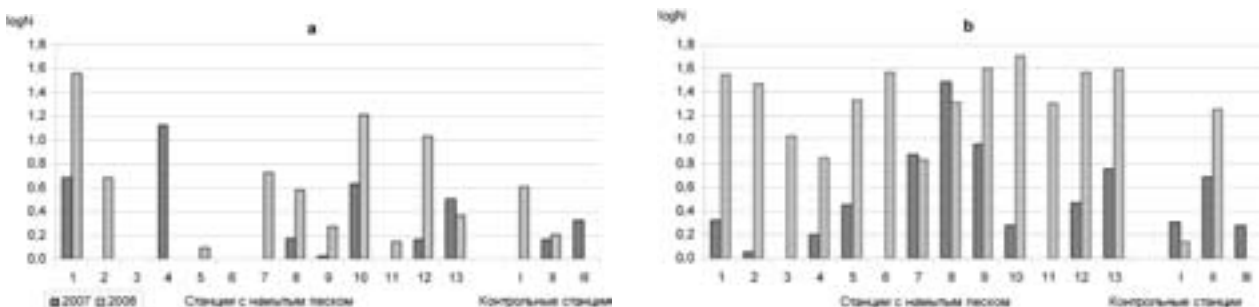


Рис. 3. Численность динофитовых (а) и криптофитовых (б) водорослей (logN) в 2007–2008 гг.

и составляла в среднем $8 \cdot 10^3$ кл/см³ (табл. 1). В результате отсыпки песка численность синезеленых водорослей увеличилась от $5 \cdot 10^3$ кл/см³ в 2007 г. до $10 \cdot 10^3$ кл/см³ в 2008 г. (табл. 2). Из представителей синезеленых доминировала *Meristopedia punctata* Meyen, достигавшая максимальных значений $23 \cdot 10^3$ кл/см³ на станции 1 (2007 г.) и $28 \cdot 10^3$ кл/см³ на станции 4 (2008 г.). В результате отсыпки песка увеличился вклад *Oscillatoria nigro-viridis* Thwait., *Spirulina* sp.

Максимальная численность синезеленых водорослей на искусственно намываемых пляжах составляла $23 \cdot 10^3$ кл/см³ (54 %) в 2007 г. и $65 \cdot 10^3$ кл/см³ (52 %) в 2008 г., а на нетронутых пляжах достигала $14 \cdot 10^3$ кл/см³ (9 %) в 2007 г. и $25 \cdot 10^3$ кл/см³ (37 %) в 2008 г. (рис. 4).

На большинстве изученных станций преобладали диатомовые водоросли, которые являются типичными обитателями фитопланктона [Гуляков, 2002]. Однако их численность в районе намыва песка была ниже, чем в других регионах, и составляла здесь в среднем 30,0 %, а на контрольных станциях – 45,0 % (рис. 4). В 2007 г. она варьировала от $1 \cdot 10^3$ (8 %) до $1240 \cdot 10^3$ кл/см³ (99 %), а в 2008 г. – от $10 \cdot 10^3$ (10 %) до $145 \cdot 10^3$ кл/см³ (77 %). На контрольных станциях численность диатомовых изменялась в пределах от $2 \cdot 10^3$ до $130 \cdot 10^3$ кл/см³ в 2007–2008 гг., что составляло 37,0–85,0 % от общей численности микроводорослей (рис. 4).

С увеличением количества биогенных элементов биомасса диатомовых водорослей возрастает,

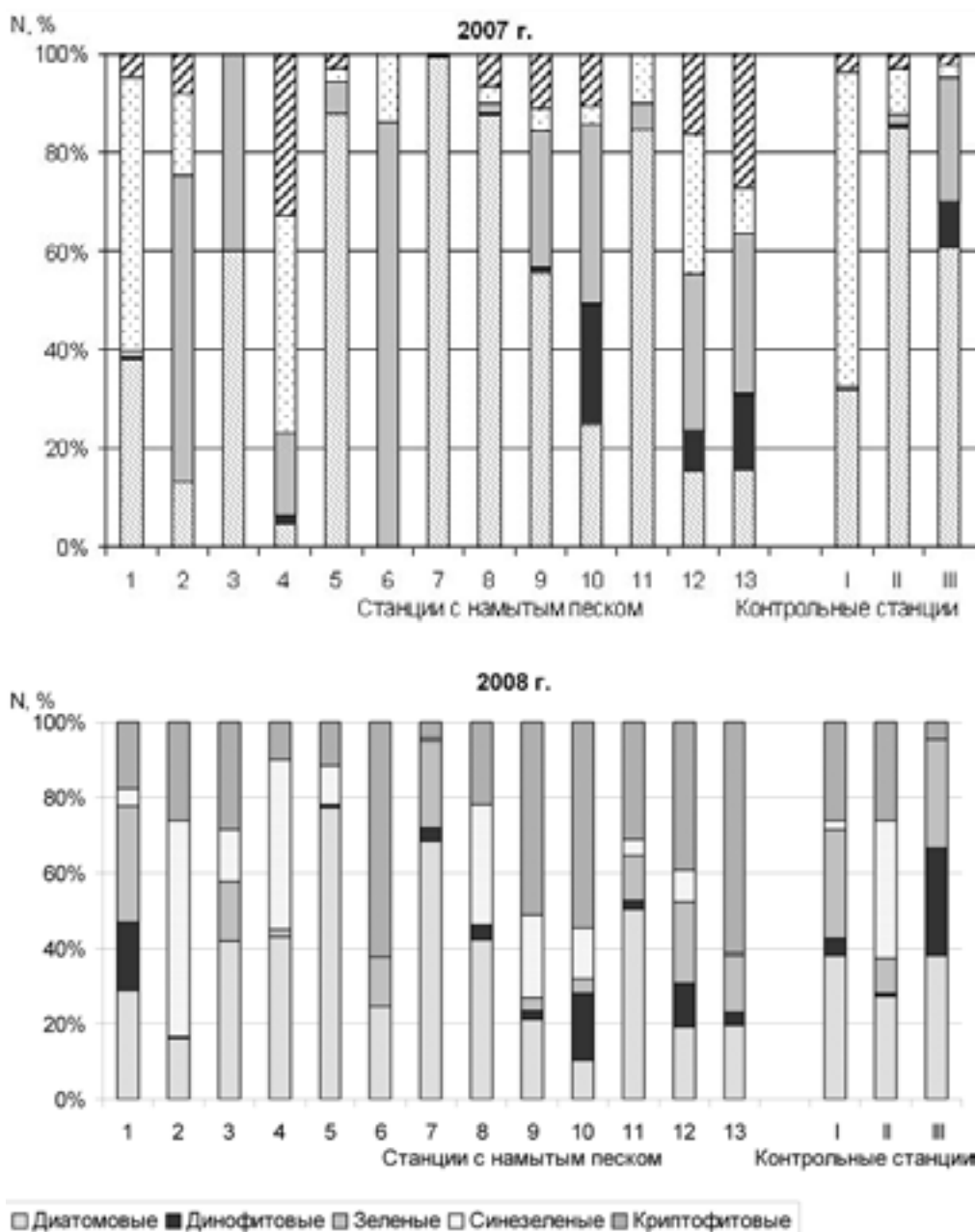


Рис. 4. Распределение численности фитопланктона (N, %) в 2007–2008 гг.

а таксономическое разнообразие снижается [Барина и др., 2006]. Отдельные виды микроводорослей выступают в качестве индикаторов органического загрязнения. Например, среди диатомовых водорослей род *Navicula* является наиболее устойчивым к эвтрофированию, тогда как представители родов *Achnanthes* и *Amphora*, наоборот, характеризуют олиготрофные условия среды обитания [Agatz et al., 1999].

Диатомовые водоросли на одесском побережье были наиболее массово представлены родом *Navicula*. До берегоукрепительных работ высокой численности достигали мелкие представители рода *Amphora* (средние значения численности $0,4 \pm 0,1 \cdot 10^3$ кл/см³), *Achnanthes delicatula* (Kütz.) Grun. ($0,4 \pm 0,1 \cdot 10^3$ кл/см³). Часто встречались *Amphora coffaeiformis* (Ag.) Kütz. ($0,2 \pm 0,06 \cdot 10^3$ кл/см³), *Navicula cancellata* Donkin ($0,1 \pm 0,04 \cdot 10^3$ кл/см³). На отдельных станциях развивались *Nitzschia hybrida* Grunow ($24,0 \cdot 10^3$ кл/см³), *Navicula ramosissima* (C. Agardh) Cleve ($240,0 \cdot 10^3$ кл/см³), *Tabularia fasciculata* (C. Agardh) D.M. Williams & Round ($6,0 \cdot 10^3$ кл/см³) (приложение, рис. 4 (1–6)), *Navicula pontica* Mer. ($3,0 \cdot 10^3$ кл/см³) (приложение, рис. 5 (7–8)), *Plagiotropis lepidoptera* (Gregory) Kuntze ($3,0 \cdot 10^3$ кл/см³) и др.

После намыва песка на пляжах возросла численность *Navicula ramosissima*, *Pleurosigma elongatum* W. Smith (приложение, рис. 4 (7–9)). Практически на всех станциях появился типично псаммофильный вид *Attheya decora* West (приложение, рис. 2 (8–10)). На станции 8 его численность достигала $14 \cdot 10^3$ кл/см³.

Индекс видового разнообразия Симпсона (D) в результате берегоукрепительных работ увеличился на 7 станциях, уменьшился на 4 станциях, а на двух остался неизменным (рис. 5). Значения индекса D после отсыпки песка стали практически одинаковыми на всех станциях (в среднем 0,8), тогда как до проведения работ он варьировал в пределах от 0,3 до 1.

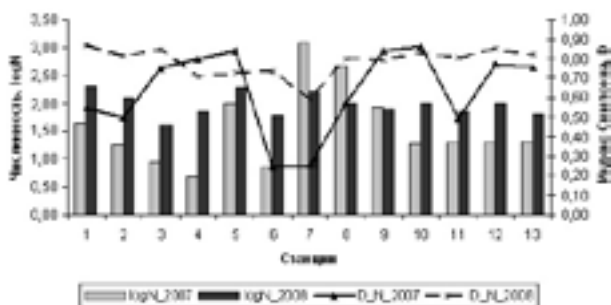


Рис. 5. Индекс видового разнообразия Симпсона (по численности) в 2007–2008 гг.

В результате корреляционного анализа установлено, что для различных групп микроводорослей

наблюдается разная зависимость их численности от гранулометрического состава песка. Численность миксотрофных (динофитовых и криптофитовых) и синезеленых водорослей имеет обратную зависимость от гранулометрического состава грунта ($k = -0,6$ и $-0,4$ соответственно). Для остальных групп микроводорослей (диатомовых и зеленых) характерна прямая зависимость ($k = 0,6$). Преобладание мелких фракций грунта на пляжах содействует накоплению органического вещества [Гаркуша, 2009] и, по-видимому, представляет собой более благоприятную среду для развития динофитовых и криптофитовых водорослей (рис. 6).

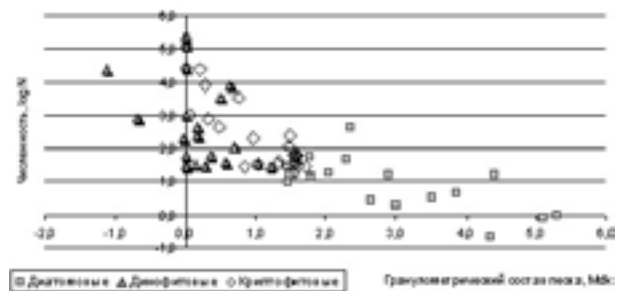


Рис. 6. Зависимость численности микроводорослей от гранулометрического состава грунта

Сходные зависимости прослеживаются при анализе влияния гранулометрического состава песка на среднюю длину клеток различных групп водорослей. Средние размеры клеток динофитовых и криптофитовых водорослей до и после берегоукрепительных работ увеличились от 10,2 до 14,3 мкм, синезеленых – от 8,2 до 21,3 мкм. Средняя длина клеток диатомовых водорослей осталась практически неизменной (16,2 мкм в 2007 г. и 15,7 мкм в 2008 г.). Известно, что более мелкие заиленные пески благоприятно влияют на развитие синезеленых водорослей [Тарасенко, Александров, 2008]. Согласно нашим данным, коэффициенты корреляции составляли $k = -0,4$ для синезеленых, а также $k = -0,5$ для миксотрофов. Для размеров клеток диатомовых и зеленых водорослей наблюдалась положительная корреляция с размерами песчинок ($k = 0,7$). На контрольных станциях для всех групп водорослей, кроме синезеленых, наблюдается положительная корреляция средней длины клеток с гранулометрическим составом грунта. В целом наши исследования и литературные данные [Сабурова и др., 2001] подтверждают благоприятное влияние хорошо сортированных песков (с преобладанием крупных фракций) на развитие псаммофильных микроводорослей, в частности диатомовых.

Таким образом, в результате берегоукрепительных работ на пляжах Одесского залива произошла

перестройка сообщества фитопсаммона, что явилось результатом стимулирующего воздействия биогенных элементов и увеличения содержания органического вещества. Изменяется таксономический состав сообщества фитопсаммона – увеличивается вклад динофитовых и криптофитовых водорослей. Видовой состав диатомовых и синезеленых водорослей изменяется. Выявлена отрицательная зависимость численности и длин клеток динофитовых, криптофитовых (являющихся

миксотрофами) и синезеленых водорослей от размеров песчинок и положительная корреляция этих показателей для диатомовых и других групп микроводорослей.

Авторы выражают искреннюю признательность сотруднику Института аридных зон к.м.н. К.В. Двадненко за выполнение микрофотографий диатомовых водорослей на сканирующем электронном микроскопе.

Список источников и литературы

Александров Б.Г., Тарасенко А.А. К проблеме изучения микроводорослей песчаной супралиторали // Матеріали ХІІ з'їзду українського ботанічного товариства (15–18 травня 2006 г., Одеса). Одеса, 2006. С. 186.

Барина С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив, 2006. 499 с.

Виноградов К.А. Экологическая биогеография контактных зон моря. Киев: Наукова думка, 1968. 160 с. Водоросли. Справочник / отв. ред. С.П. Вассер. Киев: Наукова думка, 1989. 608 с.

Воробьева Л.В. Мейобентос украинского шельфа Черного и Азовского морей. Киев: Наукова думка, 1999. 300 с.

Воробьева Л.В., Зайцев Ю.П., Кулакова И.И. Интерстициальная мейофауна песчаных пляжей Черного моря. Киев: Наукова думка, 1992. 141 с.

Гаркуша О.П. Влияние поровой воды на развитие микроводорослей песчаных пляжей Одесского побережья // Экология моря. 2009. Вып. 78. С. 34–39.

Герасимюк В.П., Тарасова О.О. Водорості псамону Одеських пляжів // Вісник ОНУ. Т. 5. Вип. 1. 2000. С. 122–128.

Гуляков М.О., Ковтун О.О. Водорості мезофітопсаммону Чорного моря // Вісник ОНУ. Т. 5. Вип. 1. 2000. С. 129–134.

Гуляков Н.Е. Диатомовые водоросли бентоса Черного моря и сопредельных водоемов: дис. ... д-ра биол. наук. Одесса, 2002. 355 с.

Зайцев Ю.П. Антропогенные изменения в сообществах биологически активных зон Черного моря // Изменчивость экосистем Черного моря (естественные и антропогенные факторы). М.: Наука, 1991. С. 306–301.

Зизак В.П., Коновалова Т.А. Разработка проекта на пополнение пляжей песком с целью их восстановления. Одесса, 2007. 17 с.

Разнообразие водорослей Украины / под ред. С.П. Вассера, П.М. Царенко // Альгология. 2000. 10. № 4. 309 с.

Рухин Л.Б. Гранулометрический метод изучения песков. Л.: Изд-во Ленинградского государственного ун-та, 1947. 213 с.

Сабурова М.А., Поликарпов И. Г., Бурковский И. В. и др. Макромасштабное распределение интерстициального микрофитобентоса в эстуарии реки Черной (Кандалакшский залив, Белое море) // Экология моря. 2001. Вып. 58. С. 7–12.

Сахарова М.И. Микробентос песчаных пляжей Учинского водохранилища // В кн: Учинское и Можайское водохранилища. М.: МГУ, 1963. С. 39–55.

Тарасенко А.А., Александров Б.Г. Влияние физико-химических факторов на количественные характеристики микроводорослей песчаных пляжей г. Одессы // Современные проблемы альгологии: мат-лы междунар. науч. конф. и VII школы по морской биологии (9–13 июня 2008 г., Ростов-на-Дону). Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2008. С. 347–350.

Шуйский Ю.Д., Выхованец Г.В. Экзогенные процессы развития аккумулятивных берегов в северо-западной части Черного моря. М.: Недра, 1989. 198 с.

Agatz M., Asmus R.M., Deventer B. Structural changes in the benthic diatom community along a eutrophication gradient on a tidal flat // Helgol. Mar. Res. 1999. 53. № 2. P. 92–101.

Jonge V.N. The occurrence of epipsammic diatom populations: a result of interaction between physical sorting of sediment and certain properties of diatom species // *Estuarine, coastal and shelf science*. 1985. 21. P. 607–622.

Round F.E., Crawford R.M., Mann D.G. The Diatoms. Biology and morphology of the genera. Cambridge Univ. Press., 1990. 747 p.

Tomas Carmelo R. Identifying Marine Plankton. Academic Press, 1997. 858 p.

Сведения об авторах

Снигирева Анастасия Александровна – Одесский национальный университет им. И.И. Мечникова, Гидробиологическая станция, snigireva.a@gmail.com

Ковалева Галина Витальевна – к.б.н., Институт аридных зон Южного научного центра РАН, kovaleva@ssc-ras.ru

Приложение

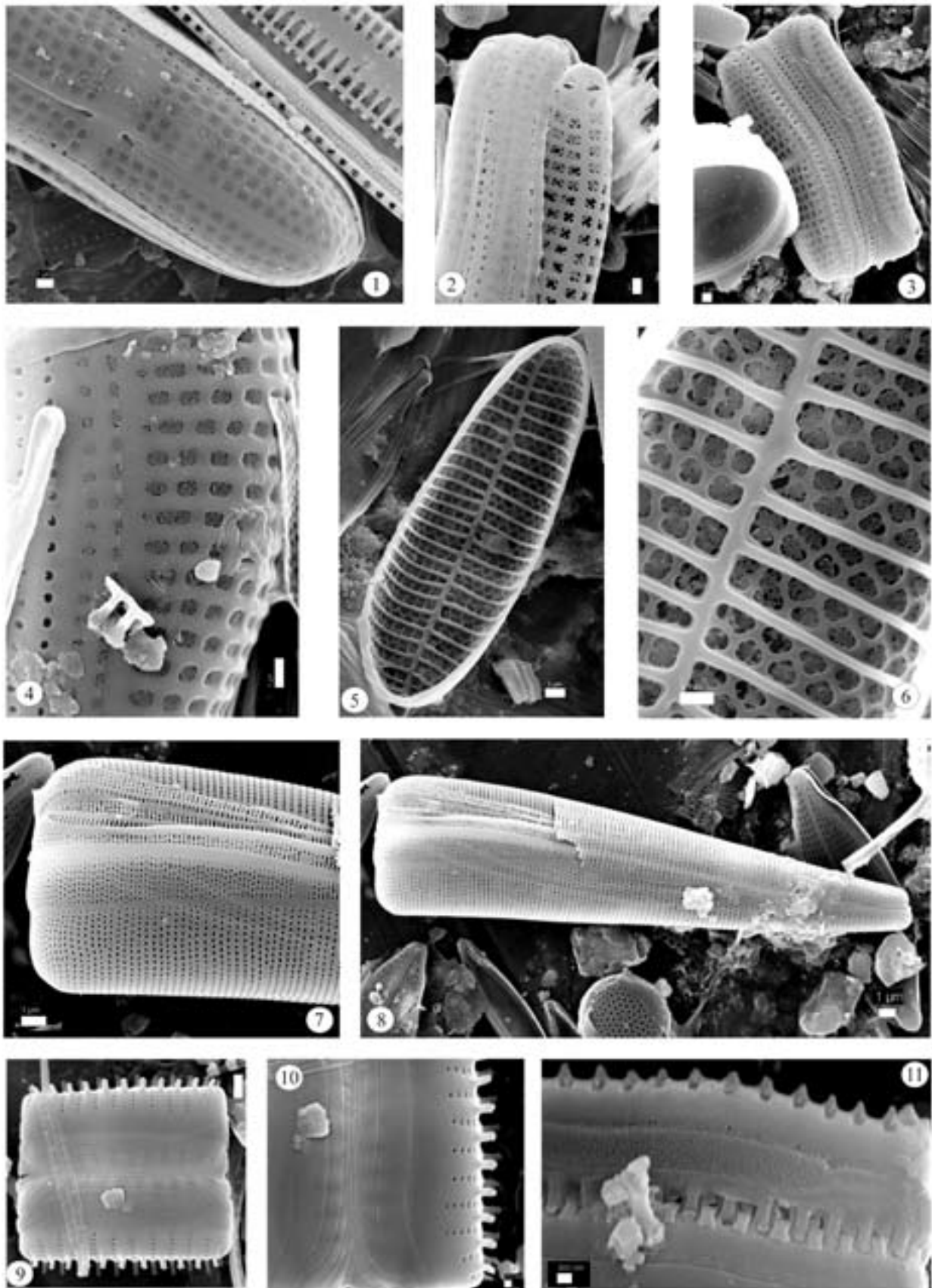


Рис. 1. Диатомовые водоросли побережья Одесского залива: 1-6 – *Achnanthes brevipes* var. *brevipes*, наружная сторона створки (1, 4), вид с пояска (2, 3), внутренняя сторона створки (5, 6); 7, 8 – *Licmophora abbreviata* Ag. var. *abbreviata* Ag.; 9-11 – *Staurosira construens* var. *venter* (Ehr.) Hamilton

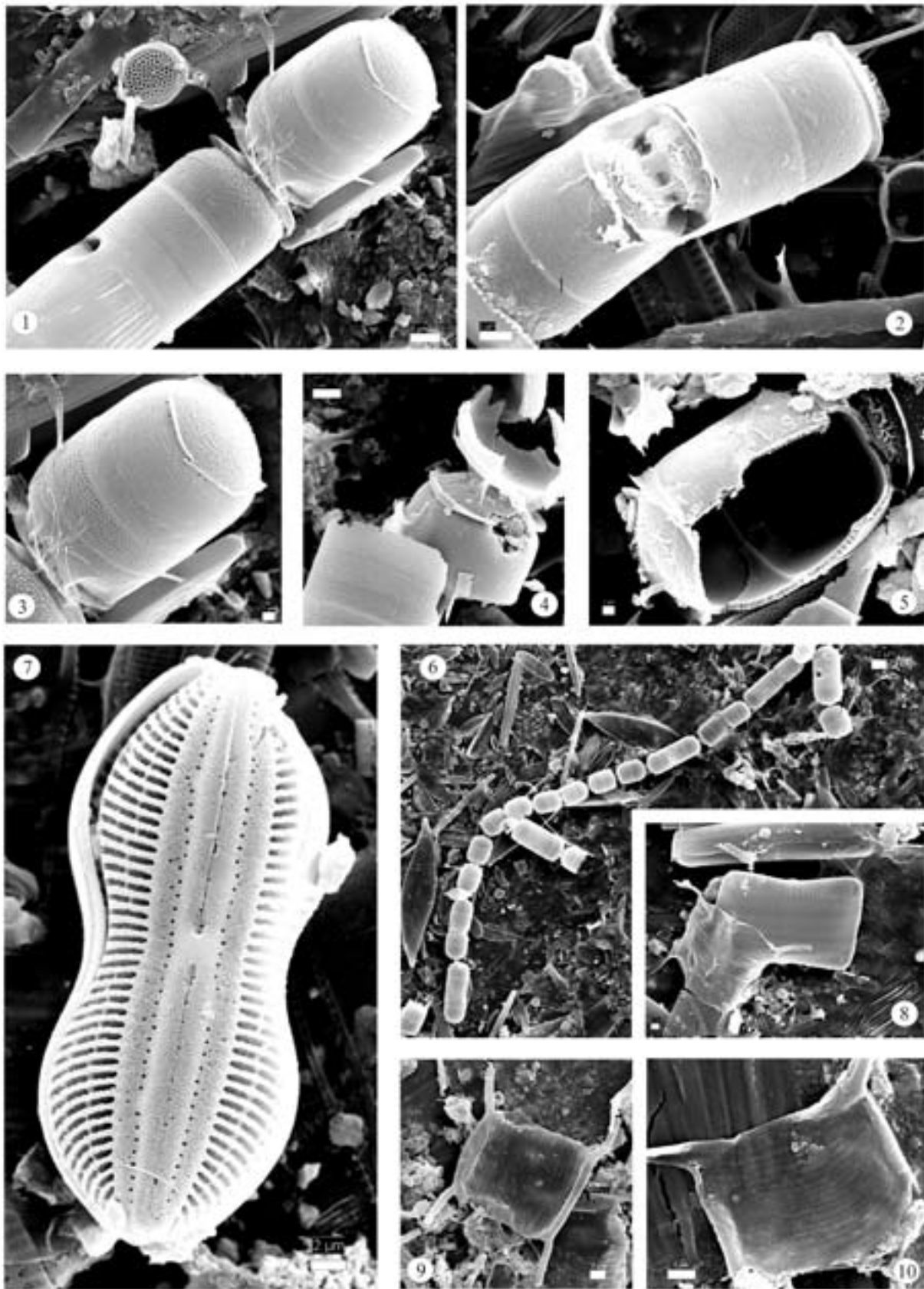


Рис. 2. Диатомовые водоросли побережья Одесского залива: 1–6 – *Melosira moniliformis* (O. Mull.) Ag. var. *moniliformis*, створки (1–5), общий вид колонии (6); 7 – *Diploneis chersonensis* (Grunow) Cleve; 8 – *Navicula cancellata* Donkin; 8–10 – *Attheya decora* West.

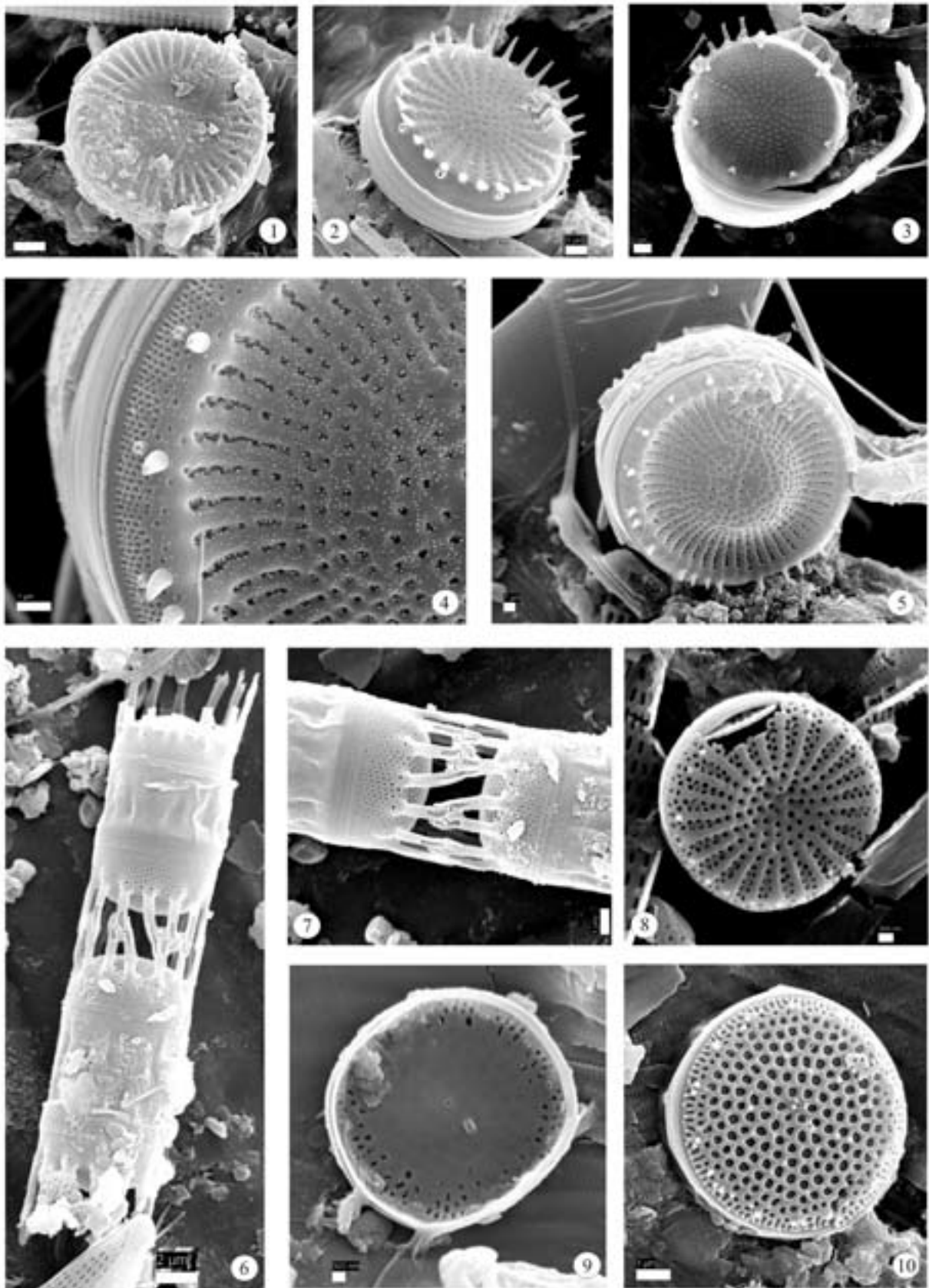


Рис. 3. Планктонные диатомовые водоросли, обнаруженные в псаммоне: 1 – *Cyclotella meneghiniana* Kütz., 2–3 – *Stephanodiscus hantzchii* Grun. et Cl. et Grun., 4–5 – *Stephanodiscus* sp.; 6, 7 – *Skeletonema costatum* (Grev.) Cl.; 8 – *Stephanodiscus minutulus* (Kütz.) Cl. et Moller; 9–10 – *Thalassiosira proschkiniae* Makar

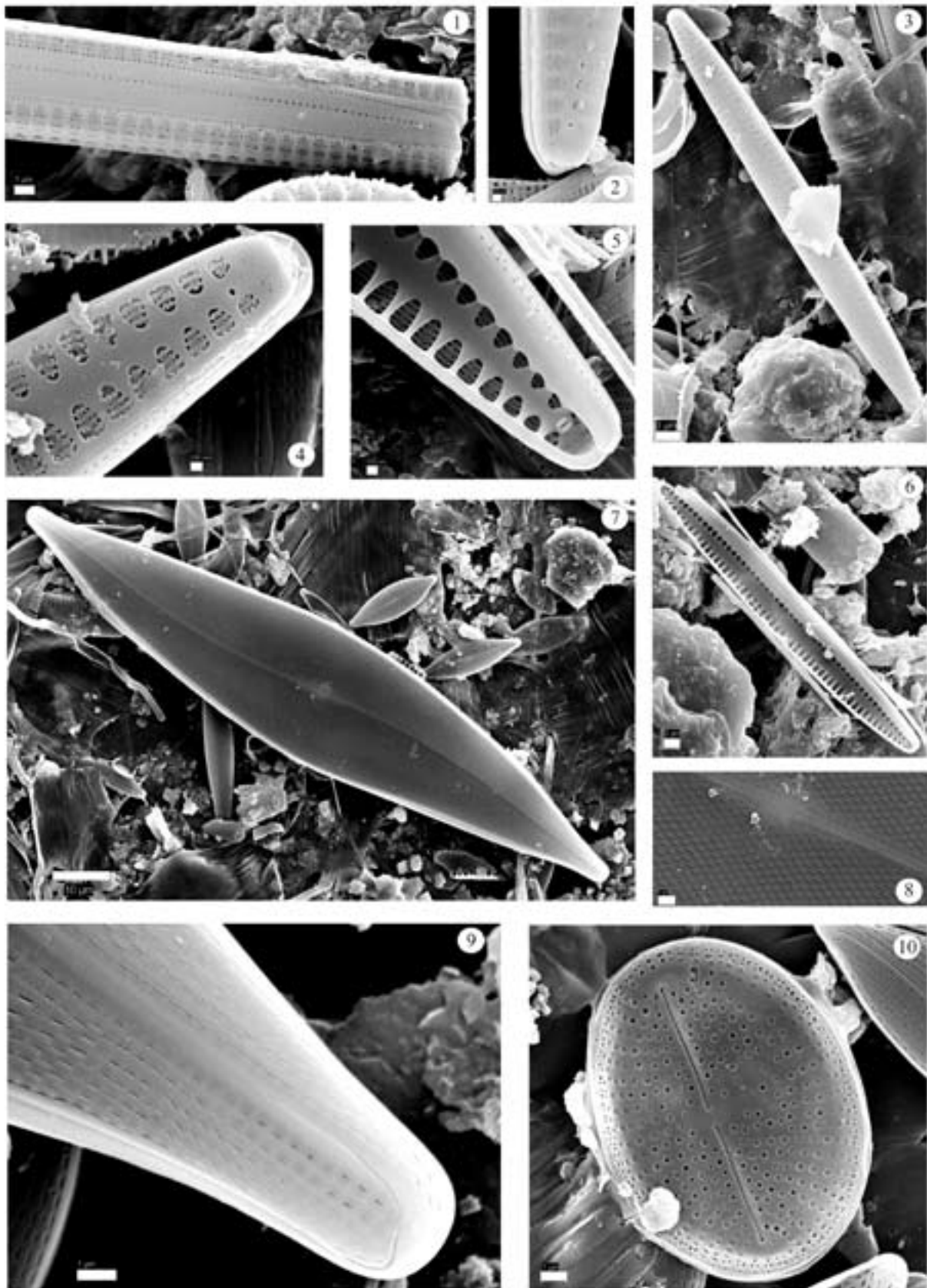


Рис. 4. Диатомовые водоросли побережья Одесского залива: 1-6 – *Tabularia fasciculata* (Ag.) Kütz., вид с пояска (1), концы створок (2, 4, 5), общий вид створки (3, 6); 7-9 – *Pleurosigma elongatum* W. Smith, общий вид створки (7), центр створки (8), край створки (9); 10 – *Anorthoneis excentrica* (Donkin) Grunov

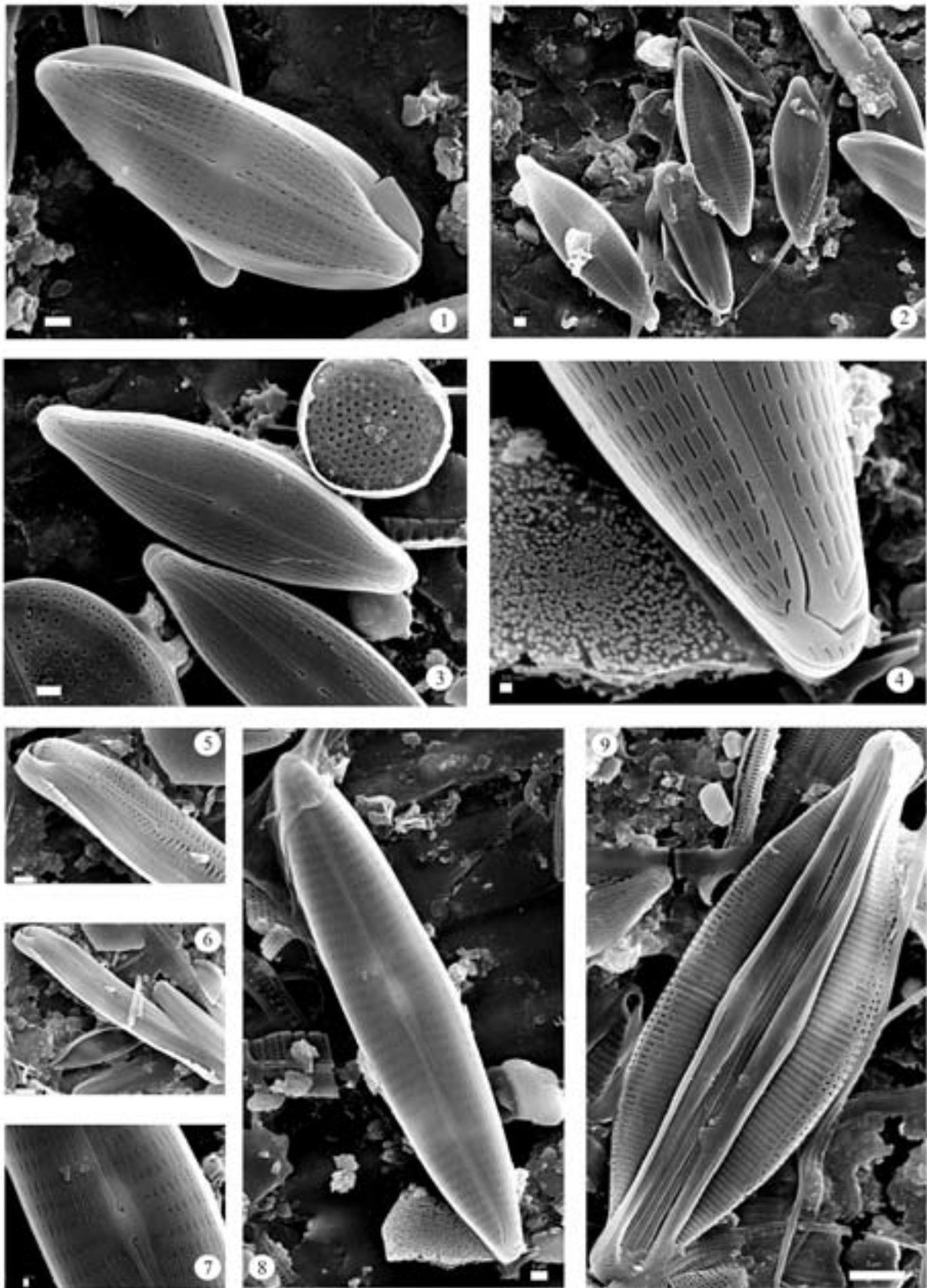


Рис. 5. Диатомовые водоросли побережья Одесского залива: 1-4 – *Navicula salinarum* var. *salinarum*; 5, 6 – *Berkelelya* sp.; 7, 8 – *Navicula pontica* (Mereschk.) Witkowski, Kulikovskiy, Nevrova & Lange-Bert. comb. & stat. nov., 9 – cf. *Halamphora coffeaeformis* (Agardh) Levkov