

УДК 574.583(262.81+470.67)

## ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ ГИДРОЛОГО-ГИДРОХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА КАСПИЙСКОГО МОРЯ НА РАЗВИТИЕ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ

© 2011 г. Академик Г. Г. Матишов, А. Ш. Гасанова, Г. В. Ковалева

Поступило 28.07.2010 г.

Каспийское море – уникальный естественный бессточный солоновато-водный водоем. Характерные для Каспия многолетние и внутrigодовые колебания уровня моря являются закономерными процессами, отражающими циклические изменения внешней среды [14, 15]. В связи с этим Каспийское море может служить природной моделью для изучения внутренних механизмов и экологических последствий глобальных процессов динамики уровня Мирового океана.

Фитопланктон имеет существенное значение в биологической продуктивности морей, является чутким индикатором всех изменений, происходящих в экосистеме. Характер и степень его развития определяют ход продукционных процессов в экосистеме в целом. Короткий жизненный цикл микроводорослей и их высокая способность адекватно реагировать на изменение качества среды обитания позволяют делать интегральную оценку всех природных и антропогенных процессов, происходящих в водоеме.

Общеизвестно, что текущая трансгрессия Каспия, биологические инвазии и антропогенное загрязнение, наряду с естественным изменением климата, привели к трансформации автохтонной биоты водоема. Особенно заметны эти процессы в прибрежной мелководной зоне. Начавшееся в 1979 г. повышение уровня Каспийского моря вызвало затопление прикаспийского побережья на большой площади. Особенно это выражено в терско-сулакском районе (северо-западная часть Среднего Каспия), где морские условия на затопленной территории существуют уже более 30 лет [8].

Изучению фитопланктона Среднего Каспия посвящено большое количество работ [2, 3, 7–10,

12 и др.]. Однако все они относятся к периоду низкого его уровня. За последние 25–30 лет нет опубликованных данных о состоянии прибрежных альгоценов мелководных участков западного побережья Среднего Каспия. Учитывая актуальность таких исследований, авторы изучили современное состояние фитопланктона прибрежных мелководий западной части Среднего Каспия – важнейшего рыбопромыслового района.

В настоящей работе представлены материалы исследования прибрежных мелководий западной части Среднего Каспия, собранные во время совместного рейса ЮНЦ РАН и ПИБР ДНЦ РАН в период 21–29.08.2006 г. в акваториях Кизлярского и Сулакского заливов, а также в прибрежных акваториях городов Махачкала, Избербаш, Дербент с использованием маломерных судов (рис. 1).

Фитопланктон отбирали батометром Молчанова, затем фиксировали кислым раствором Люголя. Фиксированные пробы отстаивали в темноте не менее 15 сут и концентрировали осадочным методом [13, 1]. Подсчет количества клеток проводили в камере типа Ножотта (объемом 0.1 мл) с трехкратной повторностью под световым микроскопом Микмед-6 (увеличение 400× и 200×). Биомассу водорослей рассчитывали, используя формулы геометрического подобия клеток. Численность клеток выражали в млн кл./м<sup>3</sup>, обилие всего фитопланктона и отдельных видов оценивали по сырой массе в мг/м<sup>3</sup> и г/м<sup>3</sup>.

Береговая линия акватории Среднего Каспия протяженностью 530 км характеризуется большим размахом пространственно-временной изменчивости солености вод. Гидрологический режим исследованной акватории формируется под воздействием стока рек Волга, Терек, Сулак. При средней солености среднекаспийских вод 12.84‰ средняя соленость морских вод в траверзе р. Терек составляет 6‰, в районе г. Махачкала – 10‰, в акватории г. Избербаш – 11.21‰, в южной части побережья – 12.85‰. Амплитуда синоптических и сезонных колебаний солености прибрежных морских вод достаточно велика. Несмотря на распресняющее воздействие стока дагестанских рек и северо-

*Южный научный центр  
Российской Академии наук, Ростов-на-Дону  
Мурманский морской биологический институт  
Кольского научного центра Российской Академии наук  
Прикаспийский институт биологических ресурсов  
Дагестанского научного центра  
Российской Академии наук, Махачкала*

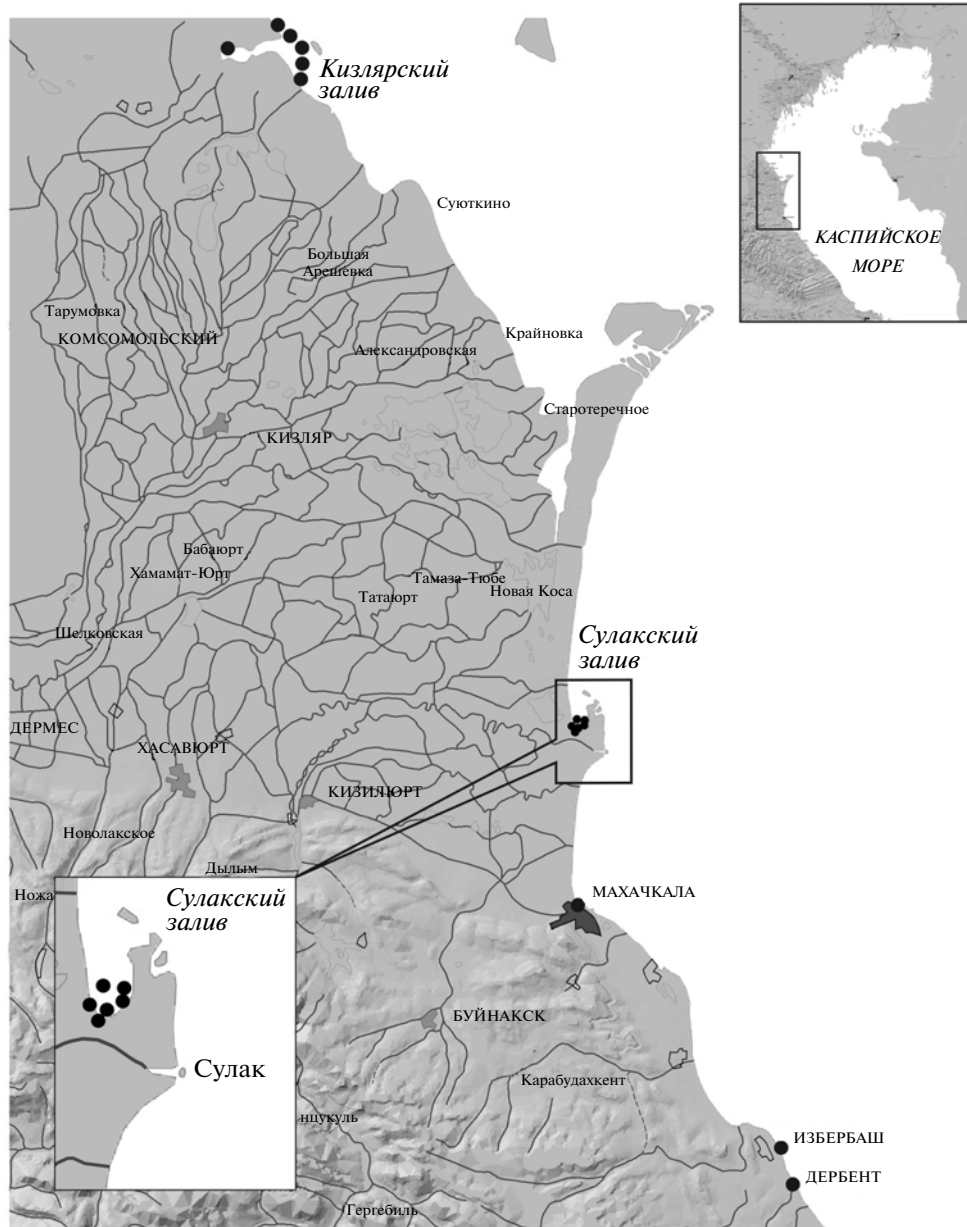


Рис. 1. Карта-схема отбора проб фитопланктона.

каспийских вод, градиент солености между экстремальными значениями превышает 7‰. Это определяет неравномерность распределения альгофлоры в разных районах акватории Среднего Каспия [4, 5].

Формирование фитопланктонного сообщества в период исследований происходило в условиях трансгрессии моря. Распреснение акватории способствовало расширению видового разнообразия, а также достаточно высоким показателям численности и биомассы фитопланктона. В период исследований обнаружено 58 видов и разновидностей микроводорослей, относящихся к пяти отделам. Для сравнения, в 1976 г. на акватории

всего Каспия было зарегистрировано 62 вида, а в 1983 г. — 37 [11]. Наибольшее флористическое разнообразие выявлено для диатомовых водорослей — 22 вида — это 38% от общего видового разнообразия. Вклад динофитовых и синезеленых водорослей составляет 22.4 и 20.7% соответственно. Таксономическая структура фитопланктона представлена в табл. 1.

Средние величины биомассы и численности микроводорослей в исследуемой акватории составляли 2948.0 мг/м<sup>3</sup>, 568.5 млн кл./м<sup>3</sup> соответственно (рис. 2). Наблюдалось возрастание роли синезеленых водорослей (до 68.8%), лидировав-

**Таблица 1.** Пространственное распределение основных таксонов микроводорослей летнего фитопланктона прибрежной мелководной акватории западной части Среднего Каспия в 2006 г.

Таксон	Кизлярский залив		Сулакский залив		Махачкала		Избербаш		Дербент		Всего	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Синезеленые Cyanophyta	12	35.3	5	20.0	7	24.1	2	18.2	2	13.3	12	20.7
Диатомовые Bacillariophyta	10	29.4	8	32.0	8	27.6	6	54.5	7	46.6	22	38.0
Динофитовые Dinophyta	3	8.8	8	32.0	12	41.4	3	27.3	4	26.7	13	22.4
Эвгленовые Euglenophyta	1	3.0									1	1.7
Зеленые Chlorophyta	8	23.5	4	16.0	2	6.9			1	6.7	9	15.5
Прочие (мелкие жгутиковые)									1	6.7	1	1.7
Итого	34	100	25	100	29	100	11	100	15	100	58	100

ших по численности. Основной вклад в формирование биомассы вносили диатомовые (74.1%).

Следует отметить важную особенность развития фитопланктона в прибрежной зоне: на фоне массового развития мелкоклеточных видов не был обнаружен доминант прошлых лет [2, 3] — крупноклеточная диатомовая *Pseudosolenia calcar-avis*.

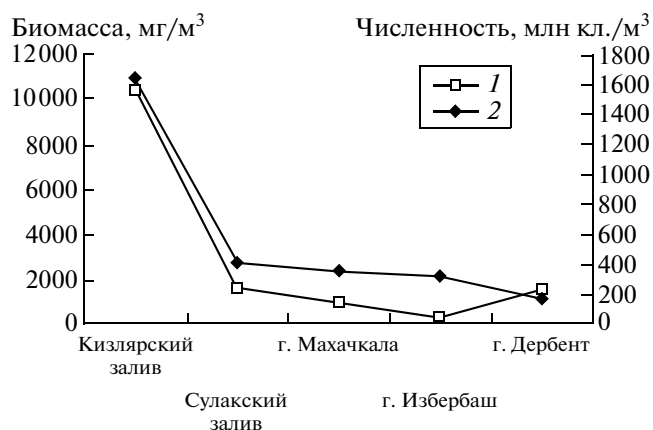
Пространственное распределение фитопланктона по акватории моря было крайне неравномерным (табл. 1, рис. 2) и определялось соленостью, а также притоком биогенных элементов. Пространственная гетерогенность этих факторов среды обуславливала таксономический состав, уровень продуцирования и пространственную динамику фитопланктонного сообщества. Наиболее продуктивным районом в исследуемый период был Кизлярский залив.

Кизлярский залив — естественный водоем, расположенный у западного побережья Каспия. Литодинамика его берегов характеризу-

ется минимальными уклонами, измеряемыми десятичными долями. Общая длина береговой линии составляет 115 км. Залив вдается в материк на 20 км, открыт к востоку и испытывает распределяющее влияние северокаспийских вод. В него впадают реки Кума, Прорва, Левый банок, Таловка. Залив отличается мелководностью, высокой гидродинамической активностью водной толщи, большим поступлением опресненных вод [6]. Соленость воды колеблется в пределах 5–7‰. В связи с трансгрессией моря здесь отмечается пассивное затопление берегов.

В период наших исследований в Кизлярском заливе отмечено высокое таксономическое разнообразие (табл. 1), максимальные значения биомассы и численности планктонных микроводорослей (рис. 2).

Количество видов в пробах из Кизлярского залива изменялось от 11 до 25. В основном в фитопланктоне развивались пресноводные и солоновато-водные виды. Наиболее разнообразны по видовому составу были синезеленые водоросли (12 видов), они составляли 75% от общей численности. Чаще всего были отмечены *Oscillatoria* sp., *Aphanotheca clathrata* W. Et G.S. West, *Gomphosphaeria lacustris* Chod, *Anabaena flosaquae* (Lingb.) Breb., *A. bergii* var. *minor* Kissel., *Merismopedia punctata* Mejen и др. И хотя по численности доминировала *Aphanotheca clathrata*, основной вклад в биомассу синезеленых водорослей осуществлялся видами рода *Oscillatoria*. Диатомовые и зеленые водоросли были представлены 10 и 8 видами, что составляет соответственно 29.4 и 23.5% от видового разнообразия. Более 87% от средней биомассы фитопланктона сформировано за счет развития диатомовых водорослей. В основном диатомовые были представлены мелкоклеточными видами: *Nitzschia tenuirostris* Mer., *N. acicularis* W. Sm., *N. reversa* W. Sm., *Thalassionema nitzschioides* Grum., *Ceralaulina pelagica* (Cl.) Hendey, *Rhizosolenia fragilissima* Bergon, *Actinocyclus variabilis*

**Рис. 2.** Пространственное распределение биомассы (1) и численности (2) летнего фитопланктона прибрежных мелководий западной части Среднего Каспия в 2006 г.

(Makar. Makar. (= *Thassiosira variabilis* Makar.), *Thassiosira caspica* Makar., *T. parva* Pr. – Lavr., *Thalassiosira* sp. По биомассе среди диатомовых доминировал *Actinocyclus ehrenbergii* Ralfs, на отдельных станциях его биомасса достигала  $16.0 \text{ г/м}^3$  при численности  $361.8 \text{ млн кл./м}^3$ . Массовая вегетация *A. ehrenbergii* определяла высокие значения общей биомассы фитопланктона в Кизлярском заливе. Динофитовые представлены лишь тремя видами: *Prorocentrum scutellum* Schrod, *P. cordatum* (Ostf.) Dodge, *Diplopsalis lenticola* f. minor (Pauls.) Pav. Их вклад в общую биомассу и численность составлял 9.4 и 0.3% соответственно.

Максимальные количественные показатели развития фитопланктона ( $24 \text{ г/м}^3$  и  $2924.5 \text{ млн кл./м}^3$ ) отмечены на станциях, расположенных в северной мористой части Кизлярского залива, минимальные ( $252.9 \text{ мг/м}^3$  и  $728.8 \text{ млн кл./м}^3$ ) – в прибрежной. В целом, в планктоне преобладали мелкоклеточные формы. Средняя биомасса фитопланктона в акватории Кизлярского залива составляла  $10.4 \text{ г/м}^3$ , численность –  $1653.1 \text{ млн кл./м}^3$ .

Сулакский залив. Вековые и многолетние изменения уровня океана, морей и озер – важнейший фактор, влияющий на эволюцию дельт. Во время морских трансгрессий дельты обычно заполняются, узкая речная долина превращается в залив, а широкая – в лиман или лагуну. Уровень Каспийского моря подвержен значительным колебаниям, за последние 3000 лет амплитуда изменений уровня составила 15 м. Текущая трансгрессия Каспия сказалась на дельтах впадающих в него рек. Так, дельта р. Сулак в 1979 г. была частично затоплена и размыва морскими волнами [8]. За период 1979–2000 гг. площадь этой дельты уменьшилась на 38%, сократившись с  $70.6$  до  $43.7 \text{ км}^2$ .

В исследуемый период в акватории Сулакского залива зарегистрировано 25 видов фитопланктона, из них диатомовых и динофитовых по 8 видов, синезеленых – 5, зеленых – 4. По численности преобладали синезеленые водоросли (62.1%), среди которых доминировала *Aphanothese clathrata*. Основной вклад в биомассу осуществляли диатомовые и динофитовые водоросли (47% и 45.1% соответственно) из родов *Actinocyclus*, *Thalassiosira*, *Diplopsalis*, *Prorocentrum*. Максимальные величины биомассы и численности фитопланктона ( $2.7 \text{ г/м}^3$ ,  $1628.4 \text{ млн кл./м}^3$ ) регистрировались в кутовой части залива.

В целом, уменьшение видового разнообразия и численности диатомовых в этой части акватории привело к уменьшению общей биомассы фитопланктона по сравнению с Кизлярским заливом почти в 10 раз (рис. 2).

Прибрежные районы возле городов Махачкала, Избербаш, Дербент. С продвижением на юг, увеличением солености

вод и уменьшением количества речного стока наблюдалось снижение всех вегетационных характеристик микроводорослей (рис. 2, табл. 1). Величины биомассы и численности по сравнению с северной частью исследуемой акватории снизились более чем в 10 раз. Минимальная биомасса ( $322.6 \text{ мг/м}^3$ ) и самое низкое видовое разнообразие (11 видов) наблюдались в районе г. Избербаш, минимальная численность – на мелководьях возле г. Дербент ( $169.7 \text{ млн кл./м}^3$ ).

В районе г. Избербаш основной вклад в формирование биомассы и численности фитопланктона принадлежит синезеленым водорослям – 47.7 и 89.8% соответственно. Доминировала *Oscillatoria* sp. Основу таксономического разнообразия прибрежного фитопланктона в районе Махачкалы составляли динофитовые, а в мелководной зоне городов Избербаш и Дербент – диатомовые водоросли (табл. 1).

Главная роль в образовании биомассы прибрежного фитопланктона возле Махачкалы и Дербента принадлежала динофитовым (соответственно 61.5 и 58.0% от общей биомассы) с доминированием *Diplopsalis lenticola*. Значительного развития в этой части акватории достигал и *Prorocentrum cordatum*. По численности преобладали синезеленые водоросли (51% в районе Махачкалы и 47.8% возле Дербента), среди которых наиболее часто встречались представители рода *Oscillatoria*. Средние величины биомассы и численности в районе Махачкалы составляли  $934.9 \text{ мг/м}^3$  и  $349.0 \text{ млн кл./м}^3$ ; а в акватории возле Дербента –  $1560.7 \text{ мг/м}^3$  и  $169.7 \text{ млн кл./м}^3$ .

Подводя итог, следует отметить, что для современной структуры летнего фитопланктона в прибрежной мелководной зоне западной части Среднего Каспия характерно высокое таксономическое разнообразие и значительное количественное развитие. Максимальные значения всех исследуемых характеристик наблюдались в северной части исследованного района. Мелководность, опреснение и постоянный приток биогенных элементов, вносимых реками Волга, Терек, Сулак, обеспечивали в этой части акватории наиболее благоприятные условия для вегетации микроводорослей.

В целом, отмечено увеличение в фитопланктоне доли мелкоклеточных синезеленых водорослей, доминировавших в исследуемый период по численности. Основной объем биомассы формировали крупноклеточные диатомовые водоросли. Снижение качественных и количественных показателей развития фитопланктона наблюдалось в южной части исследованного района – возле городов Махачкала, Избербаш, Дербент.

Важно отметить, что безусловный круглогодичный доминант прошлых лет – некормовая крупноклеточная диатомея *Pseudosolenia calcar-avis* была вытеснена автохтонными мелкоклеточными видами фитопланктона (более ценными в кормовом от-

ношении), что благоприятно сказывается на развитии зоопланктона. Специфика организации фитопланктона в разных зонах акватории оказывает влияние на состав и продуктивность экосистемы. Благоприятные экологические условия, обусловленные повышением уровня моря, обеспечивали достаточно высокий уровень развития прибрежного фитопланктона в исследуемый период.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абакумов В.А.* Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 239 с.
2. *Бабаев Г.Б.* В кн.: Биологическая продуктивность Курино-Каспийского района. Баку: Изд-во АН АзССР, 1967. С. 45–51.
3. *Бабаев Г.Б.* Состав и распределение фитопланктона западной части Среднего и Южного Каспия. Автореф. дис. канд. биол. наук. М., 1968. 32 с.
4. *Гасанова А.Ш., Гусейнов К.М.* // Юг России: экология, развитие. 2008. № 2. С. 50–55.
5. *Гасанова А.Ш.* Состав и распределение фитопланктона дагестанского района Каспия в условиях меняющегося режима моря. Автореф. дис. канд. биол. наук. Махачкала, 2004. 24 с.
6. Каспийское море: гидрология и гидрохимия. М.: Наука, 1986. 261 с.
7. *Киселев И.А.* В сб.: Материалы по гидробиологии и литологии Каспийского моря. М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1938. С. 229–254.
8. *Латыпов Ю.Я., Яковлев Ю.М.* // Биология моря. 1998. Т. 24. № 4. С. 250–253.
9. *Левшакова В.Д., Санина Л.В.* // Тр. ВНИРО. 1973. Т. 80. С. 18–27.
10. *Прошкина-Лавренко А.И., Макарова И.В.* Водоросли планктона Каспийского моря. Л.: Наука, 1968. 291 с.
11. *Санина Л.В., Левшакова В.Д., Татаренцева Т.А.* В сб.: Морские гидробиологические исследования. М.: ВНИРО, 2000. С. 38–48.
12. *Смирнова Л.И.* // Тр. Ин-та океанологии АН СССР. 1949. Т. 3. С. 260–276.
13. *Усачев П.И.* // Тр. ВГБО. 1961. В. 11. С. 411–415.
14. *Федоров П.В.* В кн.: Сверхдолгосрочные прогнозы уровня Каспийского моря. М.: Изд-во АН СССР, 1957. С. 50–57.
15. *Федоров П.В.* // Вестн. РАН. 1995. Т. 65. № 7. С. 622–625.