

УДК 579.02

**Алмаси К.Г., Салманов М.А.**

*Институт микробиологии НАН Азербайджана (г. Баку)*

## **ПРОДУКЦИОННО-ДЕСТРУКЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРИБРЕЖНОЙ АКВАТОРИИ ИРАНСКОГО УЧАСТКА КАСПИЙСКОГО МОРЯ В ПРЕДЕЛАХ АСТАРЫ-ЭНЗЕЛИ**

**K. Almasi, M. Salmanov**

*Institute of Microbiology of Azerbaijan  
National Academy of Sciences, Baku*

### **PRODUCTIVE AND DESTRUCTIVE PROCESSES IN THE IRANIAN COASTAL AREA OF THE CASPIAN SEA BETWEEN ASTARA AND ANZALI**

*Аннотация.* В работе представлены результаты микробиологических исследований, проведённых впервые в прибрежных водах иранского участка Каспийского моря в пределах Астары-Энзели. Сбор материала и наблюдения проводились посезонно на 13 станциях, и ставились задачи определения экологической ситуации вдоль побережья, куда стекают воды многочисленных местных рек. Выявлено, что местные реки обогащают зоны своего поступления аллохтонными веществами. Твёрдый сток этих рек снижает прозрачность воды в узкой полосе побережья и снижает процессы фотосинтеза фитопланктона. Также выяснено, что особое экологическое условие сформировано в озере Энзели, где в летние месяцы фитопланктон развивается до стадии «цветения», обогащая воды фитонцидом, автохтонным органическим веществом, что способствует возникновению анаэробно-замора.

*Ключевые слова:* Фитопланктон, бактериопланктон, деструкция, аллохтон, первичная продукция, биогенные элементы.

*Abstract.* We present the results of the microbiological research, performed for the first time in the Iranian coastal waters of the Caspian Sea near the regions of Astara and Anzali. The collection of the samples and observation were carried out seasonally at 13 stations; the objective was to determine the ecological situation of the coast line, where dozens of local rivers join together and flow in. It was found that the local rivers enrich the areas near the river mouths with a rich substance called 'allochthonous'. Solid particles present in the river flow, mainly in narrow areas, reduce the clarity of water, which affects negatively the process of photosynthesis of plankton. We have also shown that special environmental conditions are typical of lake Anzali, where in summer the phytoplankton develops to the stage of 'flowering', thereby enriching the waters with phytoncids, autochthonous organic particles, which in turn have an impact on 'anaerobiosis-dying' appearance.

*Key words:* phytoplankton, bacterioplankton, destruction, allochthon, primary production, biogenic elements.

От города Астары (Иран) до порта-лимана Энзели высокий и гористый берег тянется на 150 км к югу и юго-востоку. На всем протяжении берег окаймлен песчаным пляжем шириной от 50 до 300 м цепью невысоких дюн. С гор стекают в акватории участка воды маловодных и мелководных местных рек, несущих массы аллохтонных-перифитонных частиц водосборных площадей и сточных вод населения и развитого аграрного производства. Учитывая вышеизложенное, исходя из имеющихся литературных данных [4; 8], а также ввиду усиления антропогенного эвтрофирования прибрежной акватории Каспийского моря, весьма актуально определение состояния образования первичной продукции фитопланктона и бактериальной деструкции органического вещества в прибрежном участке иранского сектора моря посезонно.

### Материалы и методы

Для определения физико-химического показателя доминирующих групп фитопланктона и общей численности бактериопланктона воды наблюдения и сбор образцов проб проводились по сезонам 2010 г. Образцы воды для гидрохимических, гидробиологических анализов отобраны батометром Кнудсена, а микробиологических посевов – стерильными бутылками батометра конструкции Ю.И. Сорокина [10]. Прозрачность воды определена диском Секки, температура-опрокидывающим глубоководным термометром в поверхностном слое воды. Для определения гидрохимических ингредиентов использовались методы лабораторных руководств О.А. Алекина [1] и М.М. Гусейнова [3]. Доминирующие воды фитопланктона определены в образцах путем осаждения 2%-раствором формалина. Первичная продукция фитопланктона и величины биодеструкции органического вещества определены методами Винклера-Винберга [2]. Общее число микроорганизмов по прямому счету получено методом А.С. Разумова [5], а сапрофитные бактерии выращены на МПА, согласно указанию В.И. Романенко, С.И. Кузнецова [7]. Пункты (станции) отбора проб и наблюдения назначены на участках поступления основных (крупных) рек в 10-метровых изобатах.

### Результаты и обсуждение

Учитывая тот факт, что речные воды несут в прибрежной акватории моря массы аллох-

тонных веществ, в том числе и химических ингредиентов, которые стимулируют развитие бактерио-фитопланктона, особое внимание было уделено определению концентрации биогенных элементов и количественным особенностям фитобактериопланктона. Проведенные последние 50 лет планомерные исследования М.А. Салмановым [8; 9] и др. авторами [4; 6] показали, что антропогенное эвтрофирование прибрежных акваторий Каспийского моря более интенсивно происходит в зонах поступления речных вод и коммунально-промышленных отходов городов и населенных пунктов, расположенных непосредственно у моря. С этой точки зрения прибрежные акватории иранского сектора Каспия оставались не изученными. Поэтому наше исследование является первой попыткой внесения ясности в экологическое положение продукционно-деструкционных процессов в одном из интересных, малоизученных районов южного Каспия. Установлено, что по всему побережью, куда впадают местные реки, среднегодовая концентрация нитрат-нитритов минеральных фосфатов составляет соответственно 2-0,06 мг/л, что в 2-3 раза больше таковых, отмеченных в акватории 20-25 м изобат. При этом такое соотношение сохраняется во всех сезонах года. Поэтому можно констатировать, что воды местных рек обогащают мелководную акваторию побережья аллохтонными химическими и органическими веществами (табл. 1).

Таблица 1

**Изменение концентрации минеральных фосфатов, нитрат-нитритов в воде прибрежья Астары-Энзели иранского участка Южного Каспия по сезонам 2010 г. (мг/л)**

Участки-станции	Фосфаты				Нитрат-нитриты			
	зима	весна	лето	осень	зима	весна	лето	осень
1. Астара	0,016	0,013	0,01	0,050	0,8	0,5	0,8	0,7
2. р. Мордаб	0,015	0,018	0,01	0,017	1,2	0,8	1,9	1,6
3. р. Сыных Керпи	0,015	0,013	0,01	0,015	1,9	0,6	1,8	1,1
4. р. Сибли	0,025	0,019	0,01	0,025	1,0	0,5	1,4	0,6
5. р. Лявендивил	0,030	0,020	0,01	0,025	0,9	0,6	0,9	0,5
6. р. Чилавенд	0,024	0,023	0,01	0,030	0,8	0,6	0,9	0,7

Окончание табл. на с. 12

Продолжение табл. 1

7. р. Лимир	0,028	0,016	0,01	0,022	0,7	0,5	0,8	1,1
8. р. Лисар	0,021	0,015	0,01	0,017	0,9	0,8	1,2	1,0
9. Талышчай	0,019	0,020	0,01	0,026	2,0	0,9	1,1	0,9
10. р. Асалим	0,016	0,015	0,01	0,024	1,6	1,0	1,0	1,2
11. оз. Энзели	0,035	0,024	0,02	0,030	5,7	5,1	9,1	8,3
12. порт Энзели	0,036	0,023	0,02	0,031	5,4	4,8	9,5	7,9
13. Мост	0,025	0,023	0,02	0,026	4,8	5,6	8,4	8,0
Среднее	0,023	0,018	0,01	0,026	2,21	1,7	3,0	2,6

Примечательно, что в отличие от других прибрежных участков Каспийского моря, где обычно в вегетационный период фито-бактериопланктона соли минерального фосфата и нитрат-нитритов отсутствуют [8; 9], здесь, как видно из табл. 1, эти биогенные элементы не расходуются до конца автотрофами в течение года. Причиной сложившегося обстоятельства, на наш взгляд, является низкая прозрачность воды. Дело в том, что все местные реки, которые формируются на склонах горного массива, несут в мелководной акватории моря огромную массу эрудированных частиц почвы водозбора. Содержание нитрат-нитритов также остается довольно высоким, даже в период интенсивной вегетации фитопланктона-фитобентоса. Кроме того, общее количество минерального азота, по сравнению с другими сезонами года,

значительно сокращается весной. Весьма интересные показатели концентрации нитрат-нитритов получены в зоне озера-порта Энзели. Здесь среднесезонные величины нитрат-нитритов в 4-10 раз больше таковых на открытых участках побережья. Проведенные исследования М.А. Салмановым в акваториях эстуариев всех рек, поступающих в западное побережье Каспийского моря, показали, что избыток биогенных элементов остается здесь постоянным, благодаря снижению прозрачности [8]. В тоже время, на стыке смешивания пресных и морских вод интенсивно протекают продукционно-деструкционные процессы [8; 9]. Подобная своего рода закономерность отмечается там, где численность гетеротрофных микроорганизмов и величины деструкции общей массы органических веществ весьма высоки (табл. 2).

Таблица 2

**Изменение численности сапрофитных бактерий (тыс/мл) и величины деструкции органического вещества ( $\text{мгO}_2/\text{л}$  сутки) в воде побережья Астары-Энзели**

Пункт	Сапрофитные бактерии				Деструкция орг. вещества			
	зима	весна	лето	осень	зима	весна	лето	осень
1. Астара	1,8	3,2	4,3	4,6	0,3	1,4	3,8	2,1
2. р. Мордаб	2,0	3,3	5,2	5,0	0,5	2,0	4,4	2,0
3. р. Сыных Керпи	2,1	3,4	6,4	3,0	0,7	1,6	4,3	2,2
4. р. Сибли	1,6	2,6	4,7	3,1	1,3	1,8	3,8	2,3
5. р. Лявендивил	2,1	3,1	5,2	4,3	1,6	2,3	5,1	3,0
6. р. Чилавенд	2,0	4,4	6,8	5,3	2,2	3,0	5,6	3,3
7. р. Лимир	1,6	3,0	7,3	6,4	2,4	3,4	4,8	3,8
8. р. Лисар	1,7	3,3	6,0	5,7	2,7	3,3	4,4	3,9
9. Талышчай	2,2	3,9	6,6	5,3	2,2	3,0	5,8	4,2
10. р. Асалим	2,4	5,6	8,3	6,9	3,2	4,1	7,9	5,1
11. оз. Энзели	3,8	8,7	18,0	13,7	3,3	4,0	8,0	6,1
12. порт Энзели	4,4	10,3	14,3	14,0	3,5	5,1	9,1	5,9
13. Мост	2,6	0,2	13,2	12,7	4,0	5,6	9,4	6,6

Результаты изучения основных представителей образования первичной продукции показало, что как в западном, так и в восточном прибрежьях в фитопланктоне преобладают таксоны диатомовых. Также характерно, что представители вселенца в Каспийское море *Rhizosolenia calcar ovis* широко распространены в районе смешивания пресной и соленой воды у моста порта Энзели. Как выявлено, про-светленной воде рек, поступающей в северо-западную часть оз. Энзели сине-зеленые таксонов *Anabaena*, *Merismopedia*, *Anabaenopsis*. Эти же виды сине-зеленых в массе развиваются в водах контактных зон во второй половине весны и начале лета, среди них доминируют *Skeletonema costatum*, *Thalassionema nitzschioides*. В холодные месяцы (10-12°C) в альгофлоре района исследований отмечается преобладание таксонов родов *Pediastrum* и *Scenedesmus*. Особое экологическое положение сформировано в оз. Энзели и в районе поступления воды в море. В самом озере, где вода почти пресная в течение всего года, в фитопланктоне, с цветением весной, летом, доминируют сине-зеленые и зеленые водоросли. При этом следует особо отметить, что в озере Энзели, одноименном порту, в последние годы отмечались цветение фито-

планктона с появлением заморозов, особенно в районах заливов-бухт с высшей водной растительностью. Заморозы более часты и устойчивы до поступления холодных дней осени. Кроме того, в период цветения, после обогащения водной массы органическим веществом отмерших водорослей, когда возрастает степень сапробности, при появлении в альгофлоре *Exuvella cordata*, считавшейся своего рода биоиндикатором, можно предполагать, что экологическая ситуация в оз. Энзели оказывается напряженной [8]. Оз. Энзели, акватория порта резко отличаются от прибрежья моря также по показателям первичной продукции фотосинтеза фитопланктона (табл. 3).

Как видно, в акваториях последних трех станций (11, 12 и 13) показатели продукции фитопланктона и среднесуточной величины деструкции органического вещества превосходят таковые на остальных станциях в 7-8 раз. Исключением является летний сезон, когда первичная продукция оказалось в 2-3 раза больше величин деструкции на этих же станциях. Причиной сокращения интенсивности биологического распада органического вещества, по видимому, является недостаточное насыщение воды кислородом. Этот район

Таблица 3

**Первичная продукция фотосинтеза фитопланктона к величине деструкции органического вещества (мг/л сутки) в прибрежьях участка Астара-Энзели**

Пункт	Зима		Весна		Лето		Осень	
	П <sup>1</sup>	Д	П	Д	П	Д	П	Д
1 <sup>2</sup>	0,40	0,60	2,6	2,8	6,3	5,6	3,4	3,6
2	0,30	0,50	2,1	2,0	5,2	4,8	4,2	4,3
3	0,40	0,70	2,0	2,3	4,4	5,2	4,0	4,6
4	0,30	0,60	1,2	2,0	3,8	4,4	3,9	4,3
5	0,60	0,60	2,3	3,3	4,7	5,2	3,6	4,4
6	0,50	1,2	2,0	3,1	8,3	8,6	4,7	5,1
7	0,60	1,3	2,4	2,2	6,6	7,4	5,3	6,1
8	0,80	2,4	5,2	4,6	9,2	8,3	5,5	6,0
9	0,80	2,6	5,4	5,7	8,3	7,6	6,2	7,8
10	0,80	2,3	6,1	7,9	15,2	5,3	6,6	8,4
11	3,0	6,3	13,2	14,0	16,7	6,2	8,7	10,2
12	4,3	8,2	16,1	16,3	17,3	7,1	9,3	14,3
13	2,4	6,0	14,8	21,2	15,2	6,6	8,9	16,0

изолирован от моря и не может угрожать его экологической стабильности. В заключение следует отметить, что климат района исследования считается субтропическим, и поэтому можно полагать, что синтез первичной продукции протекает в течение года фитопланктон-фитобентосом, и продукционно-деструкционные процессы функционируют нормально, ибо отсутствуют в районе исследования злостных источников антропогенного воздействия на экосистему иранского побережья Каспия в пределах Астара-Энзели.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Алекин О.А. Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеиздат, 1960. – 444 с.
2. Винберг Г.Г. Первичная продукция водоемов. – Минск, 1960. – 329 с.
3. Гусейнов М.М. Практическое (лабораторное) руководство. – Баку, 1989. – 214 с.
4. Катунин Д.Н. Гидрохимический режим и изменение экосистемы Каспийского моря в XX веке. – Астрахань, 1995. – 425 с.
5. Разумов А.С. Прямой метод учета бактерий в воде: сравнение его с методом Коха. Микробиология. – 1931. – Т. 1. – С. 131-146.
6. Романенко В.И. Микробиологические процессы продукции и деструкции органического вещества во внутренних водоемах. – Л.: Наука, 1985. – 295 с.
7. Романенко В.И., Кузнецов С.И. Экология микроорганизмов пресных водоемов. – Л., 1974. – 194 с.
8. Салманов М.А. Роль микроорганизмов и фитопланктона в продукционных процессах Каспийского моря. – М.: Наука, 1987. – 216 с.
9. Салманов М.А. Экология и биологическая продуктивность Каспийского моря. – Баку, 1999. – 440 с.
10. Сорокин Ю.М. Вопросы методики отбора проб и изучения водной микрофлоры. Океанология. – 1962. – Т. 11. – Вып. 5. – С. 188-197.