

Лиманы Северо-Западного Причерноморья

1.1. Физико-географическая характеристика

Лиманы северо-западного побережья Черного моря расположены в южной и средней полосе Причерноморской низменности. На участке побережья между реками Дунай и Днепр находится 21 лиман с площадью водного зеркала более 5 км² (рис. III. 1.1). По географическому положению и некоторым морфометрическим характеристикам они объединяются в две основные группы: дунай-днестровскую и днестровско-днепровскую.

Все лиманы отделены от моря песчано-ракушечными пересыпями или косами. Изоляция бывает полной (закрытый тип лиманов) или частичной. В первом случае лиман отделяется от моря сплошной пересыпью, во втором — либо косами, либо в теле пересыпи имеются искусственные прорези. Гравитационная морфоструктура лиманных берегов представлена оползнями, обвалами и осыпями. На пересыпях и косах лиманов развиты эоловые формы рельефа: дюны (кучутуры), прикустовые бугры, дефляционные котловины.

Лиманы Северо-Западного Причерноморья отличаются как генезисом, так и современными условиями развития. Днестровский, Бугский и Днепровский лиманы представляют собой устьевые области крупных рек (табл. III. 1.1), лиманы Сухой, Хаджибейский, Кульницкий, Большой Аджалыкский (Дофиновский), Малый Аджалыкский (Григорьевский), Тилигульский и солонец Тузлы — затопленные морем устьевые области рек, в настоящее время не функционирующих как полноценные русловые системы. Лиманы междуречья Дунай—Днепр: Джантшейский, Малый Сасык, Тузловская группа (Шаганы, Карачаус, Алибей, Хаджидер, Курудиол, Бурнас) и Будаковский представляют собой морские заливы, отделенные от моря пересыпями, в которых проведены обловно-запускные каналы и периодически формируются прорвы, соединяющие ли-

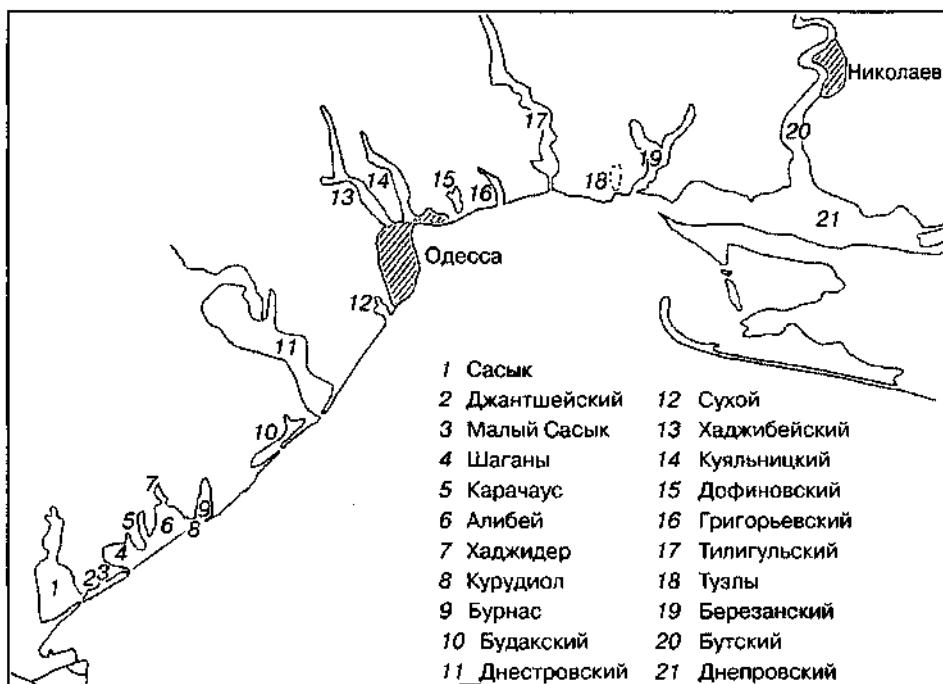


РИС. III. 1.1. Карта-схема лиманов СЗЧМ

маны с морем; лишь лиман Сасык образовался в устьевой части затопленной морем общей долины рек Когильник и Сарата (Лиманно-устьевые комплексы..., 1988). Эту группу водоемов относят к лиманно-лагунному типу. В основном их продольные оси ориентированы параллельно берегу моря и песчаным пересыпям. Общая длина пересыпей, имеющих ширину от 50 до 400 м, составляет 66 км. На протяжении 20 км, между лиманами Бурнас и Будацкий, пересыпи прерываются участком коренного абразионного берега.

Северное побережье лимана Сасык в месте впадения рек Когильник и Сарата представляет собой заболоченную плавневую систему. Восточный и западный берега обрывистые, высотой до 12 м, понижаются по направлению к морю. От моря лиман отделен пересыпью шириной до 400 м, которая со стороны лимана укреплена дамбой с бетонным покрытием. Берега остальных лиманов этой группы возвышаются над современным уровнем моря на 2—4 м. Лишь у лиманов Бурнас и Будацкий есть участки обрывистого берега, достигающие высоты 18—20 м. Все лимано-лагуны мелководны, их максимальная глубина составляет 0,6—3,0 м.

Для лиманов междуречья Днестр—Днепр характерны: перпендикулярные оси к береговой линии моря; извилистая береговая линия; ширина в 10 и более раз меньше длины; большое количество песчаных кос, устьев, балок и оврагов в береговой зоне. Максимальная глубина Хаджибейского и Тилигульского лиманов 18 и 21 м соответственно, глубина Куяльницкого,

Большого Аджалыкского лиманов и солонца Тузлы не превышает 1,5–2,5 м. Замкнутость лиманов, периодичность поступления поверхностного стока, большие объемы испарения приводят к значительным сезонным колебаниям уровня и концентрации солей в воде. Сухой и Малый Аджалыкский лиманы в связи с прокладкой судоходных каналов через их пересыпи превратились в морские заливы. Березанский лиман, не имеющий существенного поступления речной воды, сообщается с морем проливом шириной 400 м со средней глубиной 2,5 м.

Отдельно стоит группа открытых лиманов, образованных в устьях крупных рек, сток которых в настоящее время весьма значителен и во многом определяет водный режим СЗЧМ. Самый крупный приморский водоем региона — Днепровский лиман. Его длина — 63 км при максимальной ширине 15 и минимальной — 4 км. В средней части лимана глубина составляет 4–6 м, максимальная — до 12 м. С морем лиман сообщается через Кинбурнский пролив шириной 4 км, средняя глубина 5, максимальная — 18 м. Кинбурнская коса — чрезвычайно динамическое образование: ее смещение в сторону лимана составляет около 0,5 м в год, удлинение дистального окончания — 5 м в год (Лиманно-устьевые комплексы..., 1988).

Длина Бугского лимана около 82 км, ширина — 2–6 км. В отдельных случаях в межень соленая вода поднимается по р. Южный Буг на 10–12 км (Днепровско-Бугская эстуарная система, 1989). Вдоль Бугского лимана проходит относительно широкий извилистый фарватер, а мелководная зона выражена меньше, чем в Днепровском лимане. На правых берегах Днепровского и Бугского лиманов широко развиты оползневые процессы. Средний расход Южного Буга и Днепра, впадающих в эти лиманы, составляет соответственно 3 и 48 км³ • год⁻¹.

Второй по величине Днестровский лиман представляет собой расширенную долину р. Днестр, вытянутую с северо-запада на юго-восток. Длина лимана 44 км при максимальной ширине 12 км, средняя глубина — 1,5–2,0, наибольшая — 2,6 м. Лиман свободно сообщается с морем через Днестровско-Цареградское гирло шириной около 300 м и глубиной до 16 м. Искусственный судоходный канал глубиной 5–6 м и длиной 14,5 км соединяет вход в лиман с портом Белгород-Днестровский. От моря лиман отделен песчано-ракушечной косой Бугаз шириной от 60 до 500 м и длиной 11 км (Лиманно-устьевые комплексы..., 1988).

Гидрографическая сеть междуречий Дунай—Днестр и Днестр—Днепр представлена малыми реками: Нерушай, Когильник, Сарата, Хаджидер, Алкалия, Большой и Малый Куяльники, Большой и Малый Аджалыки, Тилигул, Сасык и Березань. Эти реки маловодны, их питание преимущественно снеговое. Большая часть годового стока (до 80 %) приходится на весенний период (Полищук и др., 1990). В засушливые месяцы большинство малых рек пересыхает. Многие из них зарегулированы, в их долинах устроены пруды, которые перехватывают значительную часть речного стока.

Слой стока в бассейнах лиманов междуречья Дунай—Днестр составляет от 6 до 15 мм • год⁻¹, количество осадков — 350–400 мм • год⁻¹, климатическая разность испарение—осадки — 550–600 мм • год⁻¹.



ТАБЛИЦА III.1.1. Сравнительная характеристика географических

Характеристики	Сасык	Джантшей-ский	Малый Сасык	Шаганы	Карачаус	Алмбей	Халжидер
Генезис							
Затопленные устьевые области крупных рек							
малых рек,							
в том числе впадавших в морские заливы, отделенные ныне пересыпями	+	+	+	+	+	+	+
Связь с морем							
Постоянная через естественный пролив							
Постоянная через смежный лиман							
Постоянная через искусственную прорезь							
Постоянная регулируемая	+						
Периодическая регулируемая							
Эпизодическая		+	+	+		+	
Эпизодическая через смежный лиман					+		+
Отсутствует							
Тип по солености (%)							
Олигогалинный (0,5—3)	+						
Мейо-мезогалинный (3—8)							
Плейо-мезогалинный (8—15)		+	+	+	+	+	+
Полигалинный (15—45)		+	+	+	+	+	+
Гипергалинный (> 45)							
Использование							
Наличие порта или портпунктов							
Наличие судоходного канала							
Рыбное хозяйство	+			+		+	
Наличие обловно-запускного канала			+	+		+	
Рекреационно-бальнеологические учреждения		+	+				
Крупные дачные массивы							

Слой стока в бассейнах лиманов междуречья Днестр—Днепр — от 20 до 30 мм • год^м, количество осадков — 400—450 мм • год¹, климатическая разность испарение—осадки — около 600 мм • год^м (Атлас..., 2002). В отдельные годы значения последней величины сильно отклоняются от климатических, в основном вследствие превышения объемов испарения, и тогда усиливаются процессы высыхания закрытых лиманов и повышения солености их вод.

В летний период вода в мелководных лиманах может прогреваться до 32 °С, а зимой охлаждаться до отрицательных температур. Лед на большой-

1.2. Хозяйственное использование

На акваториях семи лиманов функционируют порты или портопункты регионального, государственного и международного значения (табл. III. 1.1). Порты снабжены судоходными подходными каналами глубиной до 12—15,5 м. В Сухом лимане расположен один из крупнейших на Черном море международный Ильичевский морской торговый порт с комплексами по перевалке зерновых грузов мощностью до 2,5 млн т в год, перевалке минеральных удобрений (калийной соли) мощностью до 1,5 млн т в год и перевалке цемента. С 1978 г. на акватории Малого Аджалыкского лимана функционирует порт Южный, осуществляющий перегрузку химических, навалочных грузов и металлов. Порт оборудован специальными комплексами для переработки карбамида, отгрузки аммиака и метанола, приема с моря ортофосфорной кислоты, переработки морского и речного песка.

На акваториях большинства лиманов функционируют рыбоводческие хозяйства, в том числе для обеспечения работы которых сооружены и эксплуатируются специальные обловно-запускные каналы (табл. II 1.1.1).

Высокий рекреационный и бальнеологический потенциал лиманов используется для экологического туризма, стихийного и организованного отдыха, в оздоровительных целях. На берегах лиманов расположены специальные медицинско-оздоровительные учреждения, в том числе санатории, дома отдыха, пансионаты. В некоторых лиманах Тузовской группы, Будакском, Хаджибейском и Куяльницком лиманах известны месторождения лечебных грязей. На Будакском и Куяльницком лиманах функционируют специальные медицинские учреждения, использующие методы грязелечения. Акватории лиманов и прилегающие территории представляют высокую ценность для природно-заповедного фонда. Часть акватории Днестровского лимана планируется использовать для организации Нижнеднестровского национального парка. Лиманы Тузовской группы рассматриваются как потенциальные объекты заповедного фонда государственного значения, акватория и прилегающая территория Тилигульского лимана — как региональный ландшафтный парк.

1.3. Морфометрическое ранжирование

Комплексная экологическая оценка и менеджмент лиманов как краевых экосистем шельфа требуют оценки всех видов хозяйственной деятельности на их акваториях, водосборных бассейнах и прилегающих районах моря и учета различий в их природных физико-географических особенностях. Географическое расположение, рельеф, микроклиматические условия, морфометрические характеристики, специфика гидродинамики создают в каждой водной экосистеме предпосылки для формирования определенной интенсивности физико-географического процесса (Григорьев, 1966). На такие природные процессы лиманов накладывается комплекс специфических антропогенных факторов — от техногенного загрязнения до рекреационного использования ресурсов. Экспертный подход, при котором учитываются не только факторы прямого антропогенного воздействия, но и природный фон

указанных природных процессов, на котором они воздействуют, позволяет не только объективно оценить адекватность отклика экосистемы на антропогенные нагрузки, но и предусмотреть запас прочности, связанной с природным «здоровьем» системы. Так, первичная природная продуктивность водоемов — важнейший интегральный биологический показатель, отражающий интенсивность физико-географических процессов. При условии полного отсутствия антропогенного воздействия естественная продуктивность водоема будет зависеть от природных физико-географических факторов: размера и глубины, определяющих количество солнечной радиации, которая приходится на единицу объема, температурный и ветровой режим; площади водосбора, обуславливающего поступление аллохтонного вещества; интенсивности водообмена, устанавливающего отток образуемого органического вещества, и т. д. Исходя из этого крупные глубоководные лиманы с хорошим водообменом обладают большим запасом природной прочности по отношению к воздействию антропогенных факторов, которые, как правило, вызывают эвтрофирование, проявляющееся в искусственной интенсификации продукционного процесса, химическое загрязнение и сопряженную с этим деградацию биологической структуры водной экосистемы. И наоборот, замкнутые или с затрудненным водообменом мелководные лиманы небольших размеров — наиболее уязвимые экосистемы. Показа-

ТАБЛИЦА III. 1.2. Морфометрические характеристики лиманов СЗЧМ

Лиман, его уровень	Связь с морем	Площадь, км ²		Глубина, м		Длина, км	Максимальная ширина, км	Объем, млн м ³	V/S, м ⁻¹
		водосбора	зеркала	средняя	максимальная				
Тилигульский, -0,4	Периодическая, регулируемая	5420	135	5,0	21	60	4,5	610	12,5
Малый Аджалыкский (Григорьевский), -0,4	Постоянная	343	5,8	7,7	14,5	7,3	1,2	44	7,7
Сухой*, -0,4	То же	347	5,7	7,3	14	7,2	1,5	42	7,3
Хаджибейский, +1,5	Периодическая, регулируемая	2700	112	5,0	18,3	33	3,5	560	5,0
Будакекский, -0,4	Эпизодическая	156	31	1,0	2,2	17	2,5	31	1,0
Куяльницкий, -4,8	Отсутствует	2147	52	1,0	2,6	28	3,3	52	1,0
Большой Аджалыкский (Дофиновский)*, -0,1	Периодическая, регулируемая	254	6,0	0,74	1,2	7,7	1,1	4,5	0,74
			4,5	0,86	1,2	4,6	1,1	3,9	

* Верхняя цифра характеризует весь лиман, нижняя — его основную часть.

тель отношения объема водоема к площади водного зеркала V/S — это морфометрическая характеристика, максимально определяющая природный потенциал водоема. По интенсивности физико-географических процессов данный показатель в большой степени количественно отражает «активность среды» (Лебедев, 1986), формирующую эколого-биологические процессы, связанные с трансформацией органического вещества, разнообразием и устойчивостью биологической структуры. Использование данного показателя для ранжирования водоемов позволяет определить экологический потенциал устойчивости водоема и оценить реакцию экосистемы на антропогенное воздействие с учетом его природных физико-географических процессов.

По изменению показателя V/S для семи лиманов региона, испытывающих в настоящее время различную степень антропогенной нагрузки, построен ряд, отражающий экологическую устойчивость водоемов, обусловленную их природными морфологическими параметрами (табл. III.1.2). Максимальные значения показателя V/S характерны для наибольших по размерам и глубине водоемов — Тилигульского, Малого Аджалыкского и Сухого лиманов. К группе наиболее мелководных и, соответственно, с наименьшим природным потенциалом устойчивости относятся Куяльницкий, Будацкий и Большой Аджалыкский лиманы.

Ниже представлены многолетние данные о гидролого-гидрохимических и биологических особенностях семи рассмотренных лиманов, полученные коллективом сотрудников ОФ ИнБЮМ НАН Украины.

1.4. Гидролого-гидрохимические и биологические особенности функционирования

1.4.1. Тилигульский лиман

Тилигульский лиман — самый глубоководный (19—21 м) лиман на северо-западном побережье Черного моря (Лиманно-устьевые комплексы..., 1988). Значительная глубина делает возможным формирование стратификации водной толщи в летний период, которая представляет собой один из факторов риска в развитии заморных явлений. От моря лиман отделен пересыпью, средняя ширина которой 3,5 км. Обловно-запускной канал на пересыпи периодически соединяет лиман с морем. Расход воды по каналу обычно составляет несколько сотен тысяч кубических метров в сутки, но может достигать и 1,5 млн $\text{м}^3\text{сут}^{-1}$.

В прошлом, когда объемы стока р. Тилигул составляли весьма заметную часть водного баланса, существовало четкое разделение лимана на две части: соленую — к югу от сужения в районе с. Калиновка, и опресненную — северную. Увеличение повторяемости засушливых сезонов в 1990-х годах и нерегулярное использование канала привели к тому, что к 2002 г. соленость лимана достигла 17 ‰ в северной части и 21 ‰ — в южной (Адобовский, 2002), тогда как раньше эта величина составляла 8,6 и 15 ‰ соответственно (Лиманно-устьевые комплексы..., 1988).

Уровень лимана в конце XX в. был в среднем ниже уровня моря на 66 см (ГВК, 1985), но после аномально холодной и многоснежной зимы 2002/2003 г. весенний паводок поднял уровень лимана почти на 40 см выше уровня моря и прорвал перемычку, отделявшую канал от моря. К тому моменту соленость поверхностного слоя лимана понизилась до 5,5 ‰. Однако значительного снижения солености лимана не произошло, поскольку распресненная поверхностная вода ушла по каналу в море, не успев хорошо перемешаться с глубинной, от которой была отделена мощным термогалоклином.

С марта до октября 2003 г. уровень лимана понизился на 75 см, из них на 30 см уже после восстановления перемычки на пересыпи в июне, т. е. исключительно вследствие превышения испарения над осадками. Соленость в южной части лимана к концу осени 2003 г. достигла 19,5 ‰ и оказалась лишь на 1,5 ‰ ниже, чем осенью 2002 г., характеризовавшейся средними значениями параметров гидрологического режима. Также необходимо отметить, что в суровую зиму 2002/2003 г. лиман более 3 мес был покрыт сплошным льдом, толщина которого к концу зимы достигала 0,5 м.

В 1960-х годах качество водной среды лимана определялось природными факторами. Содержание кислорода в лимане изменялось от 1,0 до 18,1 мг · дм⁻³, насыщение воды кислородом составляло 12—191 %. Максимальное содержание кислорода фиксировалось весной, минимальное — в июле—августе. На отдельных участках лимана под слоем фотосинтеза фиксировали гипоксию. Среднее содержание органических веществ по перманганатной окисляемости (ПО) за период 1963—1965 гг. изменялось от 1,79 до 11,50 мг О · дм⁻³ (Розенгурт, 1967).

В конце 1970 — начале 1980-х годов интенсивность фотосинтеза в лимане повысилась. Так, среднее содержание кислорода составляло 9,2 мг · дм⁻³ при насыщении 91 %, величина рН колебалась в пределах 7,6—8,8, содержание биогенных веществ изменялось в больших пределах, мг · дм⁻³: фосфаты 0,013—0,462; аммонийный азот 0—1,64; нитриты 0—0,056; нитраты 0—1,035; кремний 0—5,55. Количество органических веществ в зависимости от сезона изменялось от 3,20 до 37,6, среднегодовые значения составляли 17,30—22,80 мг О · дм⁻³ (Журавлева, 1986; Журавлева, Александрова, 1990). Исследования 2002—2003 гг. показали, что в лимане активно развиваются продукционные процессы. Кислородный режим, как и в предыдущие годы, остается нестабильным. Весной и летом в поверхностном слое лимана отмечается активное развитие процесса фотосинтеза — насыщение воды кислородом составляет более 100 %, наблюдается рост величины рН (до 9,2), снижение концентраций основных биогенных соединений азота и фосфора, значения которых в десятки раз ниже, чем наблюдаемые в 1970—1980-х годах (табл. III.1.3). В теплый период года в воде лимана содержание азота органического, основного показателя продуктивности водоема, составляло 90—95 % в балансе азота. Осенью в придонном слое на отдельных участках лимана отмечались гипоксия (насыщение воды кислородом менее 20 %), значительные концентрации аммонийного азота (до 0,323 мг · дм⁻³). Несмотря на значительное потребление фосфатов при развитии продукционных процессов весной, уровень фосфатов в лимане оставался высоким.



ТАБЛИЦА III.3. Гидрохимические показатели Тилигульского лимана в 2002—2003 гг.

Ингредиент	2002		2003			
	Весна	Лето	Зима	Весна	Лето	Осень
O ₂	<u>7,42 – 9,02</u> 8,0	<u>5,21 – 7,56</u> 6,41	—	<u>9,68 – 13,11</u> 11,41	<u>7,03 – 8,67</u> 11,14	<u>1,41 – 6,98</u> 10,67
O ₂ , % насыщения	<u>83,0 – 110,0</u> 94,2	<u>68,5 – 100,4</u> 85,5	—	<u>91,5 – 120,1</u> 113,8	<u>92,4 – 266,0</u> 149,0	<u>15,91 – 188,9</u> 124,40
PO ₄ ³⁻	<u>0,097 – 0,586</u> 0,464	<u>0,243 – 0,561</u> 0,440	<u>0,181 – 0,663</u> 0,363	<u>0,001 – 0,003</u> 0,002	<u>0,081 – 0,448</u> 0,316	<u>0,270 – 0,300</u> 0,287
P _{орг}	<u>0,024 – 0,223</u> 0,123	<u>0,049 – 0,211</u> 0,130	<u>0,005 – 0,217</u> 0,089	<u>0,169 – 0,392</u> 0,277	<u>0,100 – 0,260</u> 0,153	<u>0,168 – 0,524</u> 0,347
NH ₄	<u>0,004 – 0,071</u> 0,018	<u>0,010 – 0,077</u> 0,088	<u>0,009 – 0,162</u> 0,141	<u>0,008 – 0,012</u> 0,009	<u>0,011 – 0,015</u> 0,013	<u>0,012 – 0,323</u> 0,092
NO ₂	<u>0,001 – 0,012</u> 0,003	<u>0,002 – 0,013</u> 0,006	<u>0,012 – 0,077</u> 0,050	<u>0,0 – 0,002</u> 0,0	<u>0,0 – 0,006</u> 0,002	<u>0,005 – 0,009</u> 0,007
NO ₃	<u>0,004 – 0,010</u> 0,008	<u>0,001 – 0,024</u> 0,007	<u>0,082 – 1,032</u> 0,476	<u>0,0 – 0,020</u> 0,002	<u>0,009 – 0,030</u> 0,019	<u>0,005 – 0,010</u> 0,007
N _{орг}	<u>2,32 – 2,86</u> 2,55	<u>1,26 – 10,84</u> 4,87	<u>1,23 – 6,20</u> 3,37	<u>2,54 – 3,10</u> 1,10	<u>2,66 – 3,10</u> 2,80	<u>1,08 – 1,97</u> 1,50
SiO ₃ ²⁻	<u>0,88 – 1,23</u> 1,014	<u>1,15 – 2,53</u> 1,94	<u>1,99 – 2,51</u> 2,30	<u>0,68 – 1,09</u> 0,891	<u>0,59 – 0,71</u> 0,641	<u>1,07 – 1,33</u> 1,20
ПО, мг O · дм ⁻³	<u>6,95 – 10,92</u> 8,79	<u>6,60 – 15,24</u> 11,31	<u>5,64 – 12,97</u> 8,17	<u>8,40 – 9,24</u> 6,90	<u>8,40 – 9,24</u> 8,73	<u>9,05 – 10,72</u> 10,14

Примечание. Над чертой — диапазон, под чертой — среднее значение, мг · дм⁻³.

Обеспечение вод лимана фосфатами происходило за счет экскрементов птиц, колонии которых обитают в его южной части, и поступлений из донных отложений, особенно в период развития придонной гипоксии. Интенсивное развитие продукционно-деструкционных процессов, которые особенно активно протекают в мелководной узкоприбрежной части, поддерживает в воде лимана высокий уровень фосфора органического. Здесь в местах скопления макрофитов фиксировались максимальные для лимана значения — 0,458—0,524 мг · дм⁻³. Сезонная изменчивость концентраций кремния обусловлена терригенным стоком и развитием диатомового фитопланктона. Средние значения этого показателя были на уровне значений предыдущих лет. Характерной особенностью вод лимана в 2002—2003 гг. было снижение в 2—3 раза, по сравнению с 1970—1980-ми годами, значений растворенного органического вещества (по ПО). Можно предполо-

жить, что такие изменения связаны с уменьшением притока аллохтонных ОВ с водосборной площади лимана и снижением антропогенной нагрузки.

Таким образом, в настоящее время гидрохимический режим Тилигульского лимана не стабилен. Как и в 1960—1980-х годах, в придонном слое на отдельных участках лимана формируется гипоксия. Экосистема лимана не сбалансирована по содержанию основных биогенных элементов — азоту и фосфору, так как для вод лимана характерны значительные концентрации фосфатов, низкие — минеральных форм азота и высокие — азота органического.

Поровые воды донных отложений. Состав донных отложений лимана вследствие ограниченного водообмена формируется под воздействием терригенного стока и развития продукционно-деструкционных процессов, где ведущая роль принадлежит фитопланктону и макрофитам. Поровые воды донных отложений лимана с высоким содержанием фосфатов, аммонийного азота и органических веществ различного генезиса служат источником биогенных веществ в экосистеме лимана (табл. III. 1.4).

Так, в 2003 г. отмечено резкое уменьшение фосфатов и нитратов в поровой воде донных отложений, увеличение концентрации аммонийного азота, что обусловлено переходом фосфора в придонный слой и восстановлением нитратов и нитритов до аммонийного азота при развитии восстановительных процессов на границе вода—грунт. Аналогичные процессы характерны для многих водоемов, где в донных отложениях накапливается органическое вещество и его деструкция происходит в анаэробных условиях (Денисова и др., 1987). В настоящее время поровые воды донных отложений служат потенциальным источником эвтрофирования вод Тилигульского лимана.

Согласно определениям численности санитарно-показательных микроорганизмов — сапрофитных и кишечных бактерий, летом 2002 г. в лимане их количество составляло в среднем для поверхностного слоя воды соответственно 4260 и 1300 кл. • мл⁻¹, придонного слоя — 5500 и 1460 и донных отложений - 54500 и 7060 кл. • г⁻¹. Значительно снизились концентрации сапрофитов и, особенно, кишечных бактерий от верховья к низовью лимана: в поверхностном слое соответственно — в 1,6 и 3 раза, придонном слое — 2,3 и 30, донных отложениях — 2,5 и 5 раз. В воде береговых станций обилие этих бактерий было сопоставимо с таковым в открытой акватории. Максимум количества автохтонных бактерий наблюдался в низовье, аллохтонных — в средней части лимана. Обилие сапрофитного бактериобентоса в прибрежье было в 1,7 раза выше, чем в открытой акватории, а бактериальное загрязнение фунтов — в 2,2 раза.

ТАБЛИЦА III. 14. Характеристика поровых вод донных отложений Тилигульского лимана

Ингредиент (мг · дм ⁻³), показатель	Год	
	2002	2003
PO ₄ ³⁻	0,764	0,151
P _{орг}	0,164	0,511
NH ₄ ⁺	1,51	1,48
NO ₂	0,009	0,01
NO ₃	0,283	0,059
N _{орг}	6,826	12,37
SiO ₃ ²⁻	5,16	5,35
PO ₄ , мг О × × дм ⁻³	23,48	32,45



Летом 2003 г. средняя для акватории лимана численность сапрофитных и кишечных бактерий существенно снизилась: в водной толще для сапрофитов — в 1,7, бактерий группы кишечной палочки (БГКП) — в 5,6 раза. В донных отложениях количество сапрофитов снизилось в 7,3 раза на фоне полного отсутствия БГКП.

В соответствии с нормами качества воды (Методика..., 1999; Постановление..., 2002), оценка эколого-санитарного состояния Тилигульского лимана по микробиологическим показателям характеризует его как мезоэвтрофный, р-мезосапробный водоем с превышением нормы К-И в среднем в 45 раз.

Для сезонной динамики валовой первичной продукции фитопланктона Тилигульского лимана характерно уменьшение последней от весны к осени (табл. III. 1.5). Отмечено увеличение интенсивности продукционного процесса от центральной к береговой части лимана, при этом максимальные значения продукции наблюдаются в столбе воды в глубоководных частях лимана. Достоверных различий в географическом распределении продукции с севера на юг не отмечено.

Деструкция в толще воды часто превосходит валовую продукцию фитопланктона (табл. III. 1.5). Такое явление возникает вследствие обильного развития донной растительности, которая частично начинает разлагаться уже в летний период (Насыров, 1986; Лиманы Северного..., 1990). В весенний период продукция в толще воды существенно превосходит деструкцию, летом и осенью наблюдается обратная картина.

В период исследований 1997—2003 гг. концентрация хлорофилла «а» в поверхностном слое Тилигульского лимана колебалась от 0,5 до 13,3 мг · м⁻³, среднегодовое значение составило 2,26 мг · м⁻³. Для сезонной динамики характерно уменьшение концентрации хлорофилла «а» от весеннего к зимнему периоду. Об активных фотосинтетических процессах, проходящих в лимане в весенний период, свидетельствуют минимальные значения индекса Маргалеффа (1,7—2,2), отмечающиеся в это время. Максимально высокое содержание хлорофилла «а» в клетках фитопланктона в летний период (до 13,3 мг · м⁻³) сопровождается максимальным количеством хлорофилла «в» (до 40 % общего содержания зеленых пигментов), что указывает на активное развитие летом мелкоклеточных форм планктонных автотрофов. При этом количество хлорофилла «с» достигает 11,3—78,3 % общего содержания хлорофиллов.

ТАБЛИЦА III. 1.5. Характеристика продукционно-деструкционных процессов в Тилигульском лимане в 2001—2003 гг.

Сезон	Валовая первичная продукция (А), мг О ₂ · дм ⁻³ · сут ⁻¹		Деструкция (R), мг О ₂ · дм ⁻³ · сут ⁻¹		Индекс самоочищения- самозагрязнения (A/R)	
	min—max	среднее	min—max	среднее	min—max	среднее
Весна	1,61—3,94	2,76	0,91—2,61	1,61	1,25—2,13	1,79
Лето	0,15—2,52	0,82	0,47—4,87	1,79	0,23—0,52	0,40
Осень	0,05—0,89	0,40	0,41—0,83	0,59	0,11—1,07	0,62

ТАБЛИЦА III. 1.6. Характеристика доминирующих видов фитопланктона Тилигульского лимана

Вид	Плотность, кл · дм ⁻³			Биомасса, мг · м ⁻³		
	минимальная, ×10 ³	максимальная, ×10 ⁶	средняя, ×10 ⁹	минимальная	максимальная, ×10 ³	средняя, ×10 ¹
<i>Chaetoceros simplex</i> var. <i>calcirans</i>	28,81	7,23	3,63	8,15	2,05	1,03
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	6,52	1,27	0,64	6,82	2,73	1,37
<i>Skeletonema costatum</i>	13,04	4,63	0,53	4,80	1,41	0,17
<i>Nitzschia tenuirostris</i>	18,74	8,03	1,12	4,57	1,96	0,27
<i>Oscillatoria kisselevi</i>	173,87	131,98	36,04	7,37	5,60	1,53
<i>Spirulina laxissima</i>	8,73	31,49	8,44	1,42	5,12	1,37
<i>Cryptomonas erosa</i>	16,98	1,02	0,52	46,84	3,24	1,64
Flagellates 2—4 мкм	2162,34	33,26	9,54	30,55	0,47	0,14

Планктонные микроводоросли Тилигульского лимана представлены 118 (135) видами и внутривидовыми таксонами, в том числе содержащими номенклатурный тип вида, из них диатомовых — 51 (65), динофитовых — 31 (31), зеленых — 13 (13), золотистых — 8 (9), синезеленых — 7 (9), криптофитовых — 6 (6), эвгленовых — 2 (2) (Прил. I, табл. III. 1.2). Наибольший вклад в видовое разнообразие фитопланктона лимана вносят диатомовые (43,2 %) и динофитовые (26,3 %), вклад всех остальных отделов составил 30,5 %.

В настоящий период суммарная численность фитопланктона варьирует от 0,6 до 23,2 · 10⁶ кл. · дм⁻³, в среднем составляет 6,8 · 10⁶ кл. · дм⁻³. Суммарная биомасса изменяется от 1,4 до 3,4 г · м⁻³, в среднем равна 2,2 г · м⁻³. В летний период в планктоне присутствует группа ультрапланктонных мелкоячеистых форм (2—4 мкм), вклад которой в суммарную биомассу составляет в среднем 24,0 % (табл. III. 1.6).

По сравнению с 1970—1980-ми годами (Иванов, 1982; Полищук и др., 1990) количество таксонов диатомовых возросло в 1,9, динофитовых — в 2,4 раза, а значимость зеленых, синезеленых и эвгленовых водорослей в разнообразии микрофлоры заметно снизилась. В целом многообразие всех микроводорослей увеличилось еще за счет криптофитовых и золотистых. Количество морских видов увеличилось с 14,0 до 64,0 % по сравнению с 1979—1980 гг., а количество пресноводных уменьшилось с 64,0 до 16,5 %.

Таким образом, в настоящее время фитопланктон лимана представлен морскими видами с примесью солоноватоводных (13,4 %) и пресноводно-солоноватоводных (6,1 %) форм. В фитопланктонном сообществе увеличилось количество морских диатомовых и динофитовых водорослей, появились представители криптофитовых и золотистых, возросла роль миксотрофов-криптомонад и гетеротрофных динофлагеллят.

Фауна инфузорий планктона Тилигульского лимана в целом морская. Всего идентифицировано 36 видов, большинство из которых (88,9 %) характерно для планктона прибрежной зоны СЗЧМ (Прил. I, табл. III. 1.3). Наибольшее их количество отмечается в низовье лимана, где сказывается

влияние притока воды с моря через канал. Как в прибрежных участках, так и в открытой части преобладают эупланктонные формы — *Myrionecta rubra*, *Tintinnopsis minuta*, *Strombidium capitatum*, *S. conicoides*, *S. vestitum*, *Lohmanniella oviformis*, *Didinium* sp., *Urotricha* spp.

Максимальные значения численности и биомассы регистрируются в начале лета (июнь) в низовье лимана (117 млн экз. \cdot м⁻³; 596,8 мг \cdot м⁻³). Значения среднесуточной продукции в этом районе также одни из наиболее высоких из зарегистрированных в изученных лиманах — 1024,9 мг \cdot м⁻³ \cdot сут⁻¹. Зачастую доминирует миксотрофный вид *M. rubra* (индикатор эвтрофикации), достигающий 99,6 % численности и 98,6 % биомассы всех планктонных инфузорий. Минимальные значения — соответственно 0,3—0,9 млн экз. \cdot м⁻³ и 4—27 мг \cdot м⁻³ — зафиксированы в августе в центральной части и верховье. Средние показатели численности и биомассы инфузорий в планктоне лимана за летний период (июнь—август 2001—2002 гг.) составляют соответственно $17,76 \pm 5,07$ млн экз. \cdot м⁻³ и $107,26 \pm 30,62$ мг \cdot м⁻³. Среднесуточная продукция (определенная расчетным методом с учетом рациона инфузорий-хищников) за тот же период составила $144,2 \pm 60,93$ мг \cdot м⁻³ \cdot сут⁻¹.

Характерная особенность развития инфузорий в Тилигульском лимане — преобладание мелкоразмерных форм, достигающих иногда высокой численности. Помимо упомянутого *M. rubra* (мелкая форма — до 25 мкм) в массе развиваются *T. minuta* и *L. oviformis* (26—28 млн экз. \cdot м⁻³), а также представители рода *Urotricha*.

Распределение инфузорий по глубине (в условиях гомотермии) неравномерное. В поверхностном слое глубоководных участков (центральная часть) численность и биомасса, как правило, выше, чем в придонном, в то время как в мелководных районах распределение имеет обратный характер.

В 1960-х годах в состав сообщества зоопланктона лимана, включая временных и случайных компонентов, входило 42 вида беспозвоночных (Стахорская, 1970). Отмечалось слабое развитие веслоногих. В низовье встречались акарция и каланипеда, редко гарпактициды и морские циклопы. Значительного развития в центральной части и в верховье достигали коловратки *Brachionus quadridentatus* и *Br. plicatilis*, а также личинки моллюсков и баянусов. Максимальные среднемесячные показатели биомассы общего зоопланктона отмечались в мае—июне (188—248,6 мг \cdot м⁻³), минимальные — в апреле (1,3—2,3 мг \cdot м⁻³).

В 1980-х годах в составе зоопланктона лимана были обнаружены 37 таксонов планктонных и случайно планктонных организмов, но списки видов не приведены, указаны только массовые (Полищук, 1990). Около 40 % всего планктона представлено морскими формами, на долю пресноводных приходилось не более 4 %, солоноватоводных и эвригалинных — соответственно 33 и 18 %. Количество общих видов в разных частях лимана составляло почти 3/4 всего состава зоопланктона. В отличие от 1960-х годов, наибольшим числом таксонов были представлены веслоногие (46 % от общего состава). Коловратки и ветвистоусые составляли соответственно 11 и 13, прочие организмы — 30 %. Среди веслоногих наиболее массовыми по всему лиману были *Acartia clausi*, *Calanipeda aquae-dulcis*, *Heterocope cas-*

pia, *Tisbe furcata* и их науплии. Из ветвистоусых преобладали *Diaphanasoma brachiurum* и *Pleopis polyphemoides*. Средняя численность зоопланктона в 1991 и 1993 г. составляла 390 тыс. экз. $\cdot \text{м}^{-3}$, а биомасса — 6900 мг $\cdot \text{м}^{-3}$. При этом очень высокими были межгодовые колебания биомассы: от 3716 (в 1983 г.) до 9904 мг $\cdot \text{м}^{-3}$ (в 1981 г.). Численность существенных различий не имела.

В 1994—1995 г. качественный состав и количественные показатели зоопланктона лимана вследствие сильного снижения пресноводного стока и повышения солености, а также пресса медузы *Aurelia aurita* существенно изменились (Рыжко и др., 1996). Роль морского комплекса стала ведущей — до 90 % видового состава. Численность зоопланктона в те годы составляла соответственно 120 и 17 тыс. экз. $\cdot \text{м}^{-3}$, что в среднем в 6 раз ниже, чем наблюдалось в 1980-х годах. Правда, по данным тех же авторов, в 1997 и 1998 г. несколько увеличилась численность зоопланктона и изменился его фаунистический состав.

В разные сезоны 2002 и 2003 г. в лимане зарегистрировано более 20 таксонов (Прил. I, табл. III.1.4). При этом в июле 2002 г. в структуре сообщества был встречен новый для Черного моря вид веслоногих *Acartia tonsa* Dana, 1849. Впервые для лимана указывается также тинтинна *Stenosemella nivalis*. Средняя численность зоопланктона лимана составила 68591 экз. $\cdot \text{м}^{-3}$, биомасса — 412 мг $\cdot \text{м}^{-3}$ (табл. II 1.1.7). В структуре сообщества отсутствовали представители коловраток, характерные для 1960-х и 1980-х годов, а также ветвистоусые, типичные для данного периода года и в массе развивавшиеся в 1980-х годах. Наиболее высокие показатели численности и биомассы отмечались в южной и центральной частях лимана, где преобладали *A. clausi* и частично *S. aquae-dulcis*, а также их науплии.

В весенне-летне-осенний период 2003 г. средняя численность зоопланктона северной части лимана составляла 304367 экз. $\cdot \text{м}^{-3}$, а биомасса — 762,322 мг $\cdot \text{м}^{-3}$ (табл. III.1.8), т. е. первый показатель был значительно выше, а второй — значительно ниже, чем в 1980-х годах (в 1981 и 1983 г. средняя численность — 110,03 тыс. экз. $\cdot \text{м}^{-3}$, биомасса — 3650,5 мг $\cdot \text{м}^{-3}$).

Как и в летний период 2002 г., в структуре сообщества отсутствовали ветвистоусые, которые в отдельные сезоны 1980-х годов составляли здесь от 3 до 95 % биомассы (в основном за счет развития *P. polyphemoides*). Не

ТАБЛИЦА III. 1.7. Численность (N , экз. $\cdot \text{м}^{-3}$) и биомасса (B , мг $\cdot \text{м}^{-3}$) зоопланктона Тилигульского лимана летом 2002 г.

Основная группа	Северная часть		Центральная часть		Южная часть		В среднем	
	N	B	N	B	N	B	N	B
Сорепода	4929	12,826	90 530	571,016	106 495	620,884	67 318	401,575
Меро-планктон	122	0,850	2798	16,788	630	3,411	1183	7,016
Varia	146	5,548	0	0	124	4,680	90	3,409
В с е г о	5197	19,224	93 328	587,804	107 249	628,975	68 591	412,000

ТАБЛИЦА III.1.8. Численность (N , экз. \cdot м⁻³) и биомасса (B , мг \cdot м⁻³) зоопланктона северной части Тилигульского лимана в разные сезоны 2003 г.

Основная группа	Апрель		Июль		Сентябрь		В среднем	
	N	B	N	B	N	B	N	B
Protozoa	1587	0,635	0	0	0	0	529	0,212
Rotatoria	169 523	84,729	7133	20,972	8926	4,463	61 861	36,721
Copepoda	13 120	21,776	26 223	58,396	295 998	430,916	111 780	170,363
Меро-планктон	0	0	98 552	33,499	291 852	1629,631	130 135	554,377
Varia	10	0,380	176	1,568	0	0	62	0,649
В с е г о	184 240	107,520	132 084	414,435	596 776	2065,010	304 367	762,322

встречен также *H. caspia* — один из массовых видов весеннего планктона 1980-х годов. Наибольшего развития достигали личинки моллюсков (43 % по численности, 73 % по биомассе). Особенно высокие значения этих показателей наблюдались в осенний период. Столь высокого их развития в лимане еще не отмечалось. Нарастание общей биомассы зоопланктона преимущественно за счет науплиев веслоногих и личинок моллюсков происходило от весны к осени.

Таким образом, формирование структуры зоопланктона лимана, его развитие и распределение по акватории зависят от качества стока р. Тилигул, водообмена с прилегающей морской акваторией и развития фитопланктона, использующегося в качестве кормовой базы.

Список микобиоты лимана включает в себя 36 видов, 13 из которых — факультативно морские грибы (Прил. I, табл. III.1.1). В воде обнаружено 15, в донных отложениях — 10, на древесине — 21 вид; 10 таксонов — общие для всех субстратов. В лимане найден новый для Черного моря вид *Gloniella clavatipora*. В нативной воде и грунте преобладают почвенные, фитопатогенные и патогенные грибы родов *Alternaria*, *Bipolaris*, *Penicillium*, *Stemphylium*, *Russinia* (частота встречаемости 8,2–34,5 %). На древесине доминируют морские грибы *S. maritima* и *L. oraemaris* с частотой встречаемости соответственно 20 и 10 %. Вид *L. alternata* может быть возбудителем синусита, кератомикоза, онихомикоза, подкожного феогифомикоза и инвазионных инфекций у человека (Ситтон и др., 2001), а также поражает рыб и их икру (Ларцева, 1992).

В летний период 2001–2003 гг. в прибрежных водах плотность диаспор в среднем составляла 102,3 млн экз. \cdot м⁻³, биомасса — 13 748 мг \cdot м⁻³, длина гиф — 448,0 м \cdot м⁻³. В поверхностном слое воды центральной части эти показатели были ниже соответственно в 19, 62 и 12 раз. Преобладали виды рода *Alternaria* с численностью конидий до 4,7 млн кл. \cdot м⁻² и биомассой до 6200 мг \cdot м⁻². Максимальная плотность пропагул в воде прибрежной части отмечена в районе с. Кошары.

В донных отложениях побережья и глубоководной части средняя плотность пропагул составляла 7,50 млн экз. \cdot м⁻², биомасса — 207,56 мг \cdot м⁻², длина гиф — 120,0 м \cdot м⁻². Среди морских грибов преобладал вид *M. pelagi-*

са, частота встречаемости — 9,5 % с максимальной численностью конидий до 0,28 млн экз. \cdot м⁻² и биомассой 369,60 мг \cdot м⁻².

Наибольшее видовое богатство микобиоты отмечено летом 2003 г. — 31 вид, 13 из которых относятся к наземным грибам. Высокие концентрации спор наземных видов сосредоточены в прибрежных районах у населенных пунктов. В глубоководной части лимана преобладала морская микобиота, что характерно для чистых водоемов.

По данным И.И. Погребняка, в 1945—1962 гг. в состав донной растительности Тилигульского лимана, в том числе одноклеточных, многоклеточных и цветковых макрофитов, входили 213 видов: синезеленых — 42, зеленых — 22, диатомовых — 128, бурых — 8, красных — 8, цветковых — 5 видов (Погребняк, 1965). За последний 10-летний период, по сравнению с лиманами Северо-Западного Причерноморья, флористический состав макрофитобентоса Тилигульского лимана характеризуется наибольшим видовым разнообразием. В нем обнаружено 15 видов водорослей макрофитов (Ткаченко, Ковтун, 2004). По нашим и литературным данным (Ткаченко, Ковтун, 2002), в состав донной растительности Тилигульского лимана входит 51 вид, включая многоклеточные водоросли и цветковые макрофиты (Прил. I, табл. III. 1.5). По сравнению с другими лиманами здесь наблюдается максимальное разнообразие красных водорослей из отдела Rhodophyta (19 видов), в том числе и процветающая популяция *Chondria tenuissima* (Good, et Wood.) C. Ag., единственная в настоящий период для междуречья Дунай—Днепр. Таким образом, для современного периода характерно усиление роли красных водорослей.

После исчезновения в 1980-х годах из прибрежной зоны СЗЧМ бурой водоросли *Cystoseira barbata* (Good, et Wood.) Ag. Тилигульский лиман в течение последних десятилетий был ее основным резерватом для междуречья Дунай—Днепр. В конце XX в. средняя высота талломов цистозире на участке лимана возле с. Кошары составляла 24,9, максимальная — 35,5 см, средняя биомасса популяции — 1202,2, максимальная — 3226,0 г \cdot м⁻². Удельная поверхность тилигульской популяции цистозире была несколько выше по сравнению с исчезнувшей из прибрежной зоны моря — соответственно $12,0 \pm 0,4$ и $9,4 \pm 0,8$ м² \cdot кг⁻¹, что свидетельствует о морфологической адаптации популяции, связанной с увеличением функциональной активности в условиях повышенной трофности. Популяция цистозире занимала горизонт от 0,3 до 1,0 м и была постоянным элементом растительного профиля низовья лимана (рис. III. 1.2). Однако уже в начале нынешнего тысячелетия отмечается резкая тенденция деградации, проявляющейся в сокращении площади произрастания, проективного покрытия, биомассы. Так, в 2003 г. зафиксированы лишь отдельные талломы цистозире при общем покрытии не более 1—3%. В результате июльской съемки 2004 г. в районе с. Кошары цистозира не обнаружена. В августе 2005 г. на глубине до 70 см фиксировались отдельные талломы со значительным количеством эпифитов. Биотоп цистозире заняли короткоциклические мелкорассеченные виды с высоким коэффициентом удельной поверхности: *Ceramiun diaphanum* (Lightf.) Roth. (39,45 м² \cdot кг⁻¹); *Callithamnion cotymbosum* (J.E. Smitgh) Lyngb (152,25 м² \cdot кг⁻¹); *Cladophora albida* (Huds.) Kiitz. (81,19 м² \cdot кг⁻¹); *Poly-*

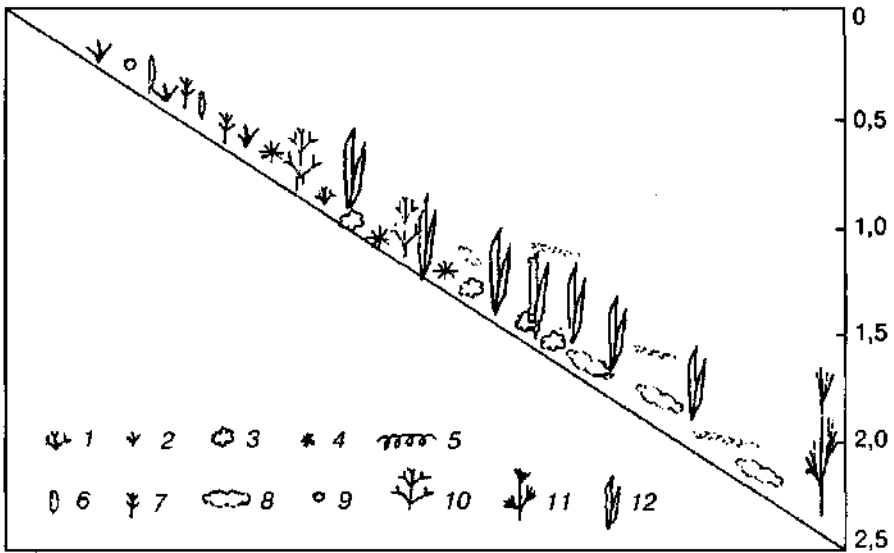


РИС. III.1.2. Профиль донной растительности Тилигульского лимана (район с. Кошары):

1 — *Bryopsis plumosa*; 2 — *Ceramium diaphanum*; 3 — *Chondria tenuissima*; 4 — *Polysiphonia denudata*; 5 — *Chaetomorpha chlorotica*; 6 — *Enteromorpha intestinalis*; 7 — *Cladophora albida*; 8 — *Cladophora linifirmis*; 9 — *Callithamnion corymbosum*; 10 — *Cystoseira barbata*; 11 — *Potamogeton pectinatus*; 12 — *Zostera noltii*

siphonia sanguinea (Ag.) Zanard. ($60,23 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$). В летний период 2004 г. в местах произрастания цистозирсы синезеленая водоросль *Spirulina tenuissima* Kutz. ($1200 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$) образовывала значительные по размерам слизистые колонии на зеленых нитчатых водорослях, что убедительно свидетельствует об относительном повышении трофического статуса низовья Тилигульского лимана по сравнению с предыдущими десятилетиями.

В растительных комплексах верховья и средней части лимана преобладают морские травы — малый и большой взморник (*Zostera noltii* Hornem и *Z. marina* L.). В горизонте 0,5–1,5 м *Z. noltii* образует полосу, окаймляющую практически весь лиман, с проективным покрытием 60–90 %, средним количеством биомассы — $1415,68 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$ при максимуме до $3,5 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2}$. В среднем биомасса макрофитов в горизонте до 1 м составляет: B_{cp} — 168,23, B_{max} — $433,96 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$. При этом функциональная активность флористического состава такова, что в среднем на 1 м^2 развивается около 36 м^2 фотосинтезирующей поверхности — самое низкое значение относительно рассматриваемых лиманов, что характеризует экологическое благополучие водоема с точки зрения трофического статуса.

Изучение мейобентоса Тилигульского лимана впервые начато в 2000 г., ранее сведения о данной категории зообентоса отсутствовали. Исследования проводились на глубине 0–13 м, а также на супралиторали. Мейофауна лимана характеризуется высоким разнообразием мелких донных беспозвоночных следующих таксонов: Foraminifera, Nematoda, Ostracoda, Harpacticoida, Halacaridae, Turbellaria, Oligochaeta, молодь двустворчатых и брю-

хоногих моллюсков, а также полихет. Анализ количественных показателей мейобентоса лимана показал, что из представителей эвмейобентоса доминируют гарпактикоиды и остракоды — в среднем соответственно 43,3 и 28,3 % общей численности мейобентоса. Средняя плотность поселений гарпактикоид составляла 107 997, остракод — 70 464 экз. • м⁻². Необходимо отметить низкие показатели численности фораминифер (в среднем 2620 экз. • м⁻²). Четкое доминирование ракообразных, субдоминантное положение нематод и очень низкая значимость (1,1 % общего количества организмов) фораминифер могут свидетельствовать о том, что экосистема лимана находится в хорошем состоянии. Средние показатели эвмейобентоса составляют 220 660, псевдомейобентоса — 28 680 экз. • м⁻².

В лимане нематоды встречаются повсеместно. На заплеске их численность в пределах всех исследованных участков побережья была невысокой и варьировала от 2000 до 16 000 экз. • м⁻². Кроме нематод наблюдались гарпактикоиды, турбеллярии и олигохеты. Доля нематод в общей численности организмов на нулевом горизонте составляла 16—40 %. На глубине до 0,5 м количественные показатели нематод выше (14 000—60 000 экз. • м⁻²). На глубине от 1,3 до 13 м плотность поселений нематод варьировала от 7500 до 155 000 экз. м⁻², при этом их доля в общем количестве организмов мейобентоса колебалась в очень большом диапазоне (5—80 %). Интересно отметить отсутствие нематод в пробах, взятых в лагуне, находящейся неподалеку от лимана: при солености воды 60 ‰ в них были лишь гарпактикоиды и олигохеты.

Для оценки функциональной роли мейобентоса лимана рассчитывались продукция и затраты на энергетический обмен (дыхание) для каждой группы. Показатели продукции были неоднородными и изменялись в довольно широких пределах — 0,002 • 10⁻³— 525,9 • 10⁻³ Дж • экз.⁻¹ • сут⁻¹. Эти показатели сформированы за счет представителей псевдомейобентоса и составляют в среднем по лиману 605,2 Дж • экз.⁻¹ • сут⁻¹.

В 1994—2003 гг. в лимане были обнаружены представители 43 таксонов макрозообентоса (червей — 10, ракообразных — 19, моллюсков — 8, прочих — 6). Полный список видового разнообразия представлен в Прил. I, табл. III. 1.7.

Средняя численность зообентоса по лиману составила 9190 экз. • м⁻², биомасса — 504,8 г • м⁻². Основные виды (встречаемость > 50,0 %) — *Hediste (Nereis) diversicolor*, *Polydora limicola*, *Gammarus aequicauda*, *Hydrobia acuta*, *Mytilaster Meatus*, *Abra ovata* и *Chironomus salinaris*, составившие 91,6 % общей плотности и 97,7 % биомассы. Среди систематических групп по численности (64,9 %) и биомассе (96,6 %) доминировали моллюски; среди трофических групп по плотности — детритофаги (59,7 %), по биомассе (74,0 %) — сестонофаги. В глубоководной зоне средняя численность (И 496 экз. • м⁻²) и биомасса (802,3 г • м⁻²) были выше, чем в прибрежной (соответственно 7090 и 234,3).

По литературным данным (Полищук и др., 1990), в лимане отмечены 64 таксона донных беспозвоночных. Основу бентоса — более 80,0 % биомассы — составляли моллюски. Несмотря на высокую биомассу бентоса,

только часть его относится к кормовому, так как моллюск *Mytilaster lineatus* (72,4 % средней биомассы) поедается рыбами в незначительном количестве.

Летом 2002 г. в деформированных особях исследованных мидий (*L/H*-1,9) содержание гликогена составляло 0,62 % сырой массы.

В современный период из высших ракообразных отмечено 3 вида креветок (*Palaemon adspersus*, *P. elegans*, *Crangon crangon*) и голландский краб *Rhythropanopeus harrisi tridentata*. Первый из перечисленных видов наибольшие концентрации образует в южной части водоема, от Каирского залива до дамбы, отделяющей лиман от моря. В районах, прилегающих к населенным пунктам Марьяновка и Коблево, его биомасса достигала $50,1 \text{ г} \cdot \text{м}^2$. Другой вид этого рода, *P. elegans*, встречается преимущественно в северной части лимана, в небольших количествах — в южной вместе с *P. adspersus*. В верховье лимана была обнаружена только молодь креветок длиной 21—32 мм (в среднем 28,8 мм), в средней и южной частях наблюдаются особи всех размерных групп с максимальной длиной 62 мм (средняя — 51,1 мм), т. е. промысловые. В июле 2000 г. у поверхности воды в большом количестве обнаруживались личинки на всех стадиях развития, что свидетельствует о процессе массового размножения. В это же время яйценосные самки составляли 20 % всей популяции *P. adspersus*. Креветки *C. crangon* и голландский краб встречаются значительно реже, преимущественно в средней части водоема.

На основании многолетних наблюдений можно предположить, что фауна высших ракообразных в Тилигульском лимане практически не изменяется на протяжении последних 30 лет.

Ихтиокомплекс лимана характеризовался наибольшим видовым разнообразием в 1960-х годах. В условиях относительно свободного сообщения с морем, он периодически пополнялся как морскими, так и пресноводными и солоноватоводными видами из рек Днестр и Южный Буг. В 1960 г. в лимане встречалось 45, а в 1964 г. — 49 видов рыб: 16 (32,6 %) каспийских, 14 (28,6 %) морских и 19 (38,8 %) пресноводных (Замбриборщ, 1965).

В 1980-х годах состав ихтиофауны сократился до 38 видов. Вследствие ограниченной связи с морем в лимане не обнаружены севрюга, угорь, вырезуб и еще 11 пресноводных видов, а также шпрот и анчоус (Полищук и др., 1990).

Всего же в Тилигульском лимане в различные годы встречалось до 63 видов рыб, в том числе 7 вселенцев; зимовало в условиях этого водоема 32, а размножалось — 25 видов. В 2001—2003 гг. через восстановленный канал из моря в лиман зашло до 30 видов морских и пресноводных рыб.

В период с 1961 по 1971 г. уловы в лимане снизились с 877,8 до 276,1 т ($54,9$ — $17,3 \text{ кг} \cdot \text{га}^{-1}$). Промысел базировался на бычке и атерине, а с 1974 г. — на атерине и тюльке. В 1976—1979 гг. средний вылов по водоему снизился до 253,5 т ($14,6 \text{ кг} \cdot \text{га}^{-1}$). В 1983—1988 гг. канал работал эпизодически. Уловы колебались от 192,1 до 616,0 т в год ($16,0$ — $38,5 \text{ кг} \cdot \text{га}^{-1}$). Кроме атерины в отдельные годы в значительном количестве ловили тарань, судака, сазана, тюльку и карася. Промысловое значение потеряли бычки, глосса и кефаль. К 1989 г. вылов упал до 105,1 т ($6,5 \text{ кг} \cdot \text{га}^{-1}$), а в

1989—1990 гг. возрос до 141,4—162,4 т за счет тарани и атерины. С 1992 г. до настоящего времени основной промысловый объект в Тилигульском лимане — атерина, уловы которой колеблются от 107 до 178 т.

Для повышения рыбопродуктивности и улучшения качественного состава ихтиофауны в 1973—1974 гг. в лиман вселили 1330 сеголеток кефали пиленгаса. Эксперимент не дал положительных результатов. В последующие годы созревших производителей, а также икру и личинок пиленгаса в водоеме не обнаружили. В 1998—1999 гг. в лиман повторно вселили 40 тыс. сеголеток пиленгаса из Пал неевского рыбопитомника. Первый промышленный улов в 2001 г. составил 11,8 т. В июне 2002 г. в центральной части лимана были обнаружены личинки кефали пиленгаса. Возраст личинок составлял 10—11 сут, у них начиналась стадия метаморфоза. Эти данные позволяют предполагать наличие естественного нереста и, вероятно, существование жилой популяции пиленгаса в лимане. В 1976—1979 гг. здесь в садках выращивали радужную форель, стальноголового лосося, лаврака и белугу, которые хорошо адаптировались к условиям водоема, показали высокую выживаемость и темп роста. Двух-трехлетки лосося при свободном нагуле достигали массы 0,5—0,8 кг. Масса лаврака при выращивании в садках за сезон увеличилась с 13,4 до 104,5 г, а белуги — с 5—15 до 450 г. После завершения эксперимента 2 тыс. белужат выпустили в лиман, и в 1980-1981 гг. они достигли массы 1,6-2,5 кг. В 1984-1986 и 1990 гг. лиман активно зарыбляли карпом, а с 1984 по 1991 г. — толстолобиком и серебряным карасем. Промыслового возврата карпа и толстолобика практически не было, карася в 1986—1990 гг. выловили всего 100, а зарыбили ПО т. Не принесла результатов и интродукция в Тилигульский лиман развивающейся икры кутума и личинок камбалы калкана.

Сегодня единственный реальный путь повышения рыбопродуктивности лимана — направленное формирование популяции ценных аборигенных видов морских рыб — кефалевых, осетровых, камбаловых и бычковых.

1.4.2. Малый Аджалыкский (Григорьевский) лиман

До начала 1970-х годов Григорьевский лиман имел ограниченную связь с морем, в тот период пересыпь была прорезана глубоководным судоходным каналом. На западном берегу началось строительство Одесского припортового завода, ориентированного на экспорт аммиака и азотных удобрений, а на восточном — порта Южный, который после выхода на проектную мощность нефтяного терминала станет самым крупным по грузообороту портом Украины. В настоящее время большая часть акватории лимана искусственно углублена — средняя глубина достигла 7,7 м. Вдоль почти всего лимана проложен судоходный канал глубиной 14—17 м и шириной по дну 160—200 м. При максимальной ширине лимана чуть более 1 км и ветрах вдоль него такой канал обеспечивает хороший водообмен с морем. Фактически лиман превращен в морской залив.

Соленосный режим лимана определяется ветром и поступлением вод из Днепровско-Бугского лимана. Когда эти воды поступают в лиман, в нем

устанавливается двуслойная галинная структура: в верхнем слое толщиной 3—5 м соленость составляет 7—8, в придонном — 16—17 ‰.

Радикальное изменение природных условий и мощное антропогенное влияние (перегрузка химикатов, дноуглубительные работы) привели к увеличению содержания БВ и эвтрофированию. В конце 1970-х годов уровень БВ в лимане был в 2—3 раза выше, чем в цском для СЗЧМ. Так, среднее значение фосфатов составляло $0,065 \text{ мг} \cdot \text{дм}^{-3}$ при диапазоне 0,048—0,200, аммонийного азота — 0,504 при диапазоне 0,020—1,876 $\text{мг} \cdot \text{дм}^{-3}$. Активизация продукционных процессов, связанная с высоким уровнем БВ в воде лимана, вызвала увеличение содержания растворенного кислорода и органических веществ в экосистеме. В этот период содержание кислорода в поверхностном слое лимана составляло 8,0—16,0 $\text{мг} \cdot \text{дм}^{-3}$ (насыщение 95—180 %), азота органического — 0,340—3,00 (среднее значение — 0,864 $\text{мг} \cdot \text{дм}^{-3}$). В придонном слое летом и осенью неоднократно отмечали дефицит кислорода (0,80—1,10 $\text{мг} \cdot \text{дм}^{-3}$ при насыщении 10,0—15,0 %). Зоны гипоксии фиксировали как в мелководной, кутовой части лимана, так и в глубоководной, фронтальной, связанной судоходным каналом с открытым морем.

Многолетние (1987—2003) наблюдения позволяют выделить несколько периодов развития процесса эвтрофирования вод лимана (табл. III.1.9). Период 1987—1995 гг. характеризовался активизацией продукционных процессов, резким снижением концентраций минеральных соединений азота и фосфора. В 1996—2000 гг. уменьшилась концентрация биогенных веществ (фосфатов, минеральных форм азота) и увеличилось содержание растворенных органических соединений — продуктов жизнедеятельности гидробионтов. Так, по сравнению с предшествующим периодом, содержание органического азота и органического вещества (по ПО) заметно возросло (табл. III.1.9). Сезонные наблюдения 2001—2003 гг. показали, что в воде лимана усилилось развитие продукционных процессов: возросло содержание растворенного кислорода, увеличился рН, уменьшились пределы колебаний содержания биогенных веществ. Максимальные значения кислорода — 15,7 $\text{мг} \cdot \text{дм}^{-3}$ (189,1 % насыщения), рН — 9,12, в поверхностном слое лимана летом соответствовали значениям, ранее наблюдаемым в СЗЧМ в зонах «цветения» воды (табл. III.1.9). Сократились площади участков с дефицитом кислорода в придонном слое. Снизилась концентрация растворенного органического вещества (по ПО) до уровня значений 1970-х годов (0,87—2,89 $\text{мг} \cdot \text{дм}^{-3}$). На современном этапе развития эвтрофирования вод лимана содержание азота органического, косвенного показателя продуктивности вод, достигло максимальных значений за весь период наблюдений, в 3 раза превышающих ранее зафиксированные в северо-западной части моря.

Поровые воды донных отложений. Эвтрофирование вод лимана и интенсивное развитие продукционных процессов привело к накоплению в донных отложениях значительного количества органического вещества и продуктов его минерализации — ортофосфатов, аммонийного азота, нитритов, нитратов, кремния, содержание которых в десятки раз превышает таковые в водной толще (табл. III.1.10).

ТАБЛИЦА III. 19. Гидрохимические показатели Малого Аджалыкского лимана в 1987–2003 гг.

Показатель, ингредиент	Период		
	1987–1995	1996–2000	2001–2003
Соленость, ‰	$\frac{6,1 - 18,2}{15,1}$	$\frac{6,6 - 18,8}{15,7}$	$\frac{11,8 - 18,3}{15,3}$
Кислород, мг · дм ⁻³	$\frac{0 - 13,7}{8,5}$	$\frac{2,6 - 10,3}{7,4}$	$\frac{6,0 - 15,7}{9,4}$
Кислород, % насыщения	$\frac{10,0 - 158,6}{84,0}$	$\frac{27,3 - 103,6}{76,8}$	$\frac{60,9 - 189,1}{99,7}$
pH	$\frac{7,50 - 9,05}{8,37}$	$\frac{8,22 - 8,76}{8,45}$	$\frac{7,81 - 9,12}{8,31}$
PO ₄ ³⁻ , мг · дм ⁻³	$\frac{0,003 - 0,172}{0,031}$	$\frac{0,003 - 0,041}{0,011}$	$\frac{0,002 - 0,080}{0,021}$
P _{орг} , мг · дм ⁻³	$\frac{0 - 0,926}{0,035}$	$\frac{0 - 0,581}{0,026}$	$\frac{0,001 - 0,106}{0,016}$
NH ₄ ⁺ , мг · дм ⁻³	$\frac{0,02 - 2,270}{0,096}$	$\frac{0,003 - 0,110}{0,023}$	$\frac{0,004 - 0,316}{0,025}$
NO ₂ ⁻ , мг · дм ⁻³	$\frac{0 - 0,087}{0,007}$	$\frac{0 - 0,152}{0,007}$	$\frac{0 - 0,021}{0,004}$
NO ₃ ⁻ , мг · дм ⁻³	$\frac{0 - 0,436}{0,034}$	$\frac{0 - 0,086}{0,026}$	$\frac{0 - 0,164}{0,018}$
N _{орг} , мг · дм ⁻³	$\frac{0,140 - 3,000}{0,687}$	$\frac{0,130 - 2,140}{1,234}$	$\frac{0,174 - 5,790}{1,400}$
ПО, мг О · дм ⁻³	$\frac{2,6 - 10,9}{5,9}$	$\frac{3,0 - 42,7}{6,4}$	$\frac{1,0 - 4,1}{2,9}$

Примечание. Над чертой — диапазон, под чертой — среднее значение.

ТАБЛИЦА III. 1.10. Характеристика поровых вод донных отложений Малого Аджалыкского лимана

Год	Ингредиент, мг · дм ⁻³							ПО, мг О · дм ⁻³
	PO ₄ ³⁻	P _{орг}	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	N _{орг}	SiO ₂	
1992–1995	0,802	0,48	6,13	0,016	0,54	8,74	8,83	55,8
1996	0,885	0,99	1,88	0,021	0,21	10,73	13,00	31,3
1997	0,728	0,62	2,03	0,013	0,10	10,18	9,90	40,6
2000	0,341	0,13	1,66	0,044	0,05	4,74	8,70	20,4
2001	0,801	0,86	1,82	0,017	0,09	10,93	8,24	12,2
2003	0,130	0,14	1,60	0,015	0,18	3,96	8,61	15,0



Содержание минеральных форм азота в поровой воде донных отложений служит показателем окислительных или восстановительных процессов деструкции органического вещества. Так, в присутствии кислорода образуются нитраты (нитрификация), в восстановительных условиях — аммонийный азот (аммонификация). Многолетняя изменчивость содержания минеральных форм азота в поровой воде донных отложений свидетельствует о преобладании в 1992—1997 гг. восстановительных процессов. В 2000—2003 гг. наметилась тенденция к усилению окислительных процессов, что обусловлено улучшением кислородного режима в придонном слое лимана. Этот период характеризуется снижением содержания органического вещества, значительным уменьшением концентрации фосфатов и аммонийного азота (в 6—8 раз по сравнению с 1992—1995 гг.), ростом концентрации нитратов. Аналогичные процессы отмечались в Азовском и Балтийском морях (Мартынова, 1983, 1984; Александрова, 1975), где негативные последствия процесса эвтрофирования проявились ранее.

Сезонная изменчивость соединений азота, фосфора и кремния в донных отложениях характеризуется увеличением их содержания от весны к осени, что связано с накоплением и деструкцией автохтонного и аллохтонного органического вещества (табл. III.1.11).

Изучение распределения численности сапрофитных и кишечных бактерий в водной толще и донных отложениях лимана за период 1993—1996 гг. показало (Теплинская, Шурова, 1993а—в), что в теплое время года (с мая по сентябрь) их количество колеблется: в поверхностном слое воды в пределах соответственно 2550—28 700 и 100—600 кл. · мл⁻¹; в придонном слое — 16 200—30 000 и 6650—11 000 кл. · мл⁻¹; в донных отложениях — 66 900—3 665 000 и 42 000—119 000 кл. · г⁻¹. Средняя численность автохтонных и аллохтонных бактерий составляет: в поверхностном слое соответственно 14 170 и 280 кл. · мл⁻¹; придонном — 23 000 и 9200 кл. · мл⁻¹; в грунтах — 1 654 000 и 97 600 кл. · г⁻¹. Обилие бактерий у дна в среднем выше, чем в поверхностном слое воды: для сапрофитов в 1,7 раза, БГКП — почти в 33 раза. В донных отложениях абсолютный максимум сапрофитных и кишечных бактерий был характерен для верховья лимана. Показатель обилия сапрофитного бактериобентоса резко снижался в центральной части лимана, в низовье — вновь возрастал. При этом бактериальное загрязнение грунтов постепенно снижалось от верховья к низовью.

ТАБЛИЦА III. 1.11. Сезонная изменчивость минеральных и органических веществ в поровой воде донных отложений Малого Аджалыкского лимана в 2001 г.

Сезон	Ингредиент, мг · дм ⁻³							ПО, мг О · дм ⁻³
	PO ₄ ³⁻	P _{орг}	NH ₄ ⁺	NO ₂	NO ₃	N _{орг}	SiO ₂	
Весна	0,07	0,11	6,20	0,005	0,045	5,20	5,00	20,55
Лето	0,30	0,32	1,20	0,034	0,072	6,23	4,00	13,67
Осень	1,88	2,10	1,18	0,013	0,040	17,04	13,77	9,87

На прибрежных станциях обилие бактерий в поверхностном слое воды и грунтах было постоянно выше, чем в открытой акватории. В сентябре 2001 г. наибольшая численность сапрофитов и БГКП, как в воде, так и в грунте, соответствовала станции у песчаного карьера и у верхней границы ОПЗ. В ноябре 2001 г. наибольшее бактериальное загрязнение в поверхностном слое было выявлено вблизи угольного причала, в придонном слое — в месте выпуска сточных вод ОПЗ в море, в донных отложениях — у входа в лиман и устьевой зоне. По сравнению с осенним периодом 1993—1998 гг., к осени 2001 г. произошло увеличение численности как сапрофитов, так и БГКП, особенно ошутимое в донных отложениях центрального и приустьевого участков лимана.

В результате оценки качества вод по микробиологическим показателям этот водоем можно характеризовать как эвполитрофный, а'-мезосапробный район с превышением допустимой нормы К-И в среднем в 474 раза.

Продукционные процессы Малоого Аджалыкского лимана характеризуются высокой изменчивостью вследствие активного гидродинамического режима свободного водообмена с морем. Здесь развиваются процессы, характерные для сопредельной акватории моря, однако их интенсивность выше, чем в море. Валовая первичная продукция, зарегистрированная в летний период, изменялась от 0,28 до 3,67 мг $O_2 \cdot дм^{-3} \cdot сут^{-1}$. Формирование органического вещества в лимане продолжается с высокой эффективностью до конца осени. Так, в конце ноября 2003 г. при температуре поверхностного слоя 6,3—6,6 °С продукция варьировала в интервале 0,11—1,20 мг $O_2 \cdot дм^{-3} \cdot сут^{-1}$, при этом в слое активного фотосинтеза она превосходила деструкцию.

Пигментный анализ фитопланктона лимана проводился в период 1998—2003 гг. Характер и интенсивность фотосинтетических процессов, протекающих в этом лимане, аналогичны таковым в сопредельной морской акватории (Миничева, Руснак, 1987). Среднегодовое количество хлорофилла «а» фитопланктона лимана составило 2,5 мг $\cdot м^{-3}$. Для сезонной динамики пигментов характерны два основных максимума этого показателя — в весенний и осенний периоды. Максимальные концентрации хлорофилла «с» отмечены здесь в осенний и зимний период. В 2001—2003 гг. концентрации фотосинтетических пигментов снизились по сравнению с предыдущим периодом исследований.

На данный период в лимане обнаружено 235 видов и внутривидовых таксонов планктонных водорослей (Прил. 1, табл. III.1.2). По числу найденных видов доминировали диатомовые (95 видов и внутривидовых таксонов) и динофитовые (63) водоросли. Менее многочисленными были зеленые (34), синезеленые (25), примнезиофитовые (6), криптофитовые (4), эвгленовые (2), золотистые (2), прازیнофитовые (2), а также воротничково-жгутиковые (1). Основу видового разнообразия составляли морские и солоновато водно-морские виды (59,4 %), пресноводных и пресноводно-солоноватоводных найдено меньше (40,5 %). В лимане постоянно встречались обычные представители фитопланктона СЗЧМ — диатомовые *Skeletonema costatum*, *Nitzschia closterium*, *Cyclotella caspia*, динофитовые *Heterocapsa triquetra*, *Scropsiella trochoidea*, *Hillea fusiformis* и *Diplosalis lenticula*, синезеле-

ная *Oscillatoria kisselevi* и зеленая *Scenedesmus quadricauda* (Нестерова, 2001). В составе фитопланктона обнаружены новые для СЗЧМ виды водорослей — золотистая *Amphirhiza epiizootica*, зеленая *Pyramimonas longicauda* и воротничково-жгутиковая *Bicosta splnifera*.

Пространственное распределение численности и биомассы фитопланктона по акватории лимана изменялось в зависимости от времени года. В конце осени и зимой эти показатели последовательно уменьшались от вершинной части лимана к устьевой. Гетерогенность их пространственного распределения, вызванная вспышками развития отдельных видов, достигавших часто уровня «цветения» воды, максимальна весной, летом и в начале осени. Осенью и зимой фитопланктон по вертикали распределялся равномерно. Весной повышенная численность фитопланктона отмечалась у поверхности, при этом биомасса распределялась равномерно. В летние месяцы, наоборот, биомасса концентрировалась у поверхности, а численность распределялась равномерно.

В лимане отмечены значительные межгодовые колебания численности (741—3903 млн кл. \cdot м⁻³) и биомассы (2500—34600 мг \cdot м⁻³) фитопланктона. Наименьшая численность зафиксирована в 1993 и 1995 г., в остальные годы ее величина почти не менялась. Наименьшее количество биомассы, как и численности, наблюдалось в 1993 г., а наибольшая — в 1994 г. во время «цветения» воды, вызванного *Cerataulina pelagica*. За период 1995—2000 гг. отмечено устойчивое уменьшение биомассы фитопланктона.

В настоящее время в планктоне лимана обнаружено 24 вида инфузорий, найденных также в СЗЧМ (Прил. I, табл. III. 1.3). Преобладают виды неспецифического комплекса (эвритопные и бентосные) — *Euplotes balteatus*, *Euplotes* spp., *Litonotus* sp., *Prorodon* spp. Большинство эупланктонных форм представлено видами солоноватоводного комплекса и эвригалинными — *Askenasia stellaris*, *Rimostrombidium caudatum*, *R. velox*, *Cyclotrichium sphaericum*, *Strombidium vestitum*, дидинииды. Численность и биомасса снижаются от весны к лету: от 4 до 0,012 млн экз. \cdot м⁻³ и от 78,5—134,9 до 0,87 мг \cdot м⁻³ соответственно.

Из всех лиманов Григорьевский характеризуется наиболее низкой продуктивностью планктонных инфузорий: среднесуточная продукция мирных форм за период с апреля по июнь 2001 г. составила $27 \pm 17,2$ мг \cdot м⁻³, однако вследствие высокой плотности хищных инфузорий общая продукция была отрицательной ($-33,3 \pm 23,2$ мг \cdot м⁻³). Характерно, что среди инфузорий-альгофагов значительную долю составляют диатомофаги.

В первой половине 1960-х годов зоопланктон лимана был типично неритическим и, в основном, состоял из личинок многочетинковых червей и моллюсков (Стаخورская, 1970). Веслоногие ракообразные встречались очень редко. Это были, как правило, эвригалинные виды — акарция и некоторые гарпактициды. В структуру зоопланктонного комплекса, включая временные и случайные компоненты, входило немногим более 40 видов беспозвоночных. Средняя биомасса зоопланктона не превышала 100 мг \cdot м⁻³. Особенно низкое развитие зоопланктона отмечалось в летние месяцы ($43\text{—}50$ мг \times м⁻³), что связывалось с неблагоприятными трофическими условиями.

В конце 1960-х годов зоопланктон лимана представлял собой своеобразный комплекс морских и солоновато водных организмов с наличием «реликтовой» формы *Calanipeda aquae-dulcis*, составлявшей иногда до 80 % по численности и около 90 % по биомассе. При этом летняя биомасса зоопланктона могла достигать $157 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$ (Коваль и др., 1977).

В начале 1970-х годов, т. е. в первые годы существования лимана в статусе открытого, произошло незначительное обогащение сообщества морскими представителями, но общее число таксонов сократилось в 2 раза, возросли численность и биомасса. В 1973 г. в результате развития ночесветки летняя биомасса зоопланктона достигала $228 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$ (Коваль и др., 1977). В этот начальный период эвтрофикации северо-западного шельфа ночесветка стала доминантным видом зоопланктона.

В результате комплексных исследований 1990—1997 гг. (Полищук и др., 2000), 2001 и 2003 гг. установлено, что современная структура зоопланктона лимана, в которую входят представители трех генетических комплексов (морского, солоноватоводного и пресноводного), составляющие более 75 разного ранга таксонов (Прил. I, табл. III. 1.4), аналогична таковой СЗЧМ. Основу структуры сообщества составляют представители морского комплекса (около 60 %). Самый высокий процент видов пресноводного и солоноватоводного комплексов приходится на весенний период.

В летне-осенний период 1990 г. в лимане впервые был отмечен хищный гребневик *Mnemiopsis leidyi*, вселившийся в бассейн Черного моря в 1982 г. В июне 2003 г. в южной части лимана впервые зарегистрирован новый для Черного моря вид *Acartia tonsa* Dana, 1849 ($60 \text{ экз.} \cdot \text{м}^{-3}$).

Произошедшие в сообществе зоопланктона качественные изменения повлекли за собой существенные изменения и его количественных показателей. Среднегодовую численность зоопланктона в 1990-х годах составляла $35\,347 \text{ экз.} \cdot \text{м}^{-3}$ (с мнemiопсисом $35\,408 \text{ экз.} \cdot \text{м}^{-3}$) при биомассе $292,140 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$ (с мнemiопсисом — $3239,640 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$), что значительно выше, чем наблюдалось ранее.

В развитии зоопланктона лимана в 1990-х годах четко прослеживалась межгодовая и сезонная изменчивость, обусловленная неоднородностью биотических и абиотических факторов и сезонным циклом развития зоопланктонтов. Весной наблюдалась самая высокая численность ($53\,693 \text{ экз.} \cdot \text{м}^{-3}$), от весны к зиме происходило ее постепенное уменьшение (лето — $30\,893$, осень — $12\,437$, зима — $4436 \text{ экз.} \cdot \text{м}^{-3}$). Биомасса зоопланктона увеличивалась от весны ($198,790 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$) к лету ($376,650 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$), достигая максимума осенью ($10\,282,700 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$). Зимний период характеризовался самыми низкими показателями ($103,810 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$). Весной по численности и биомассе преобладали представители рода *Synchaeta*. Их численность оставалась высокой и летом, когда возрастала роль ночесветки и меропланктона (особенно личинок усоногих), а по биомассе доминировал мнemiопсис. Осенью роль ночесветки снижалась, в массе по-прежнему находились личинки усоногих и значительно возрастала роль мнemiопсиса и плеуробрахии. Ранней зимой в планктоне по численности и биомассе преобладала ночесветка. Однако такая тенденция в развитии зоопланктона лимана при



неординарной ситуации может нарушаться (табл. III. 1.12). Так, в августе 2003 г. в результате продолжительного воздействия северных ветров, вызвавших сгон лиманной воды вместе с ее обитателями в море, наблюдалось качественное и количественное обеднение зоопланктона: численность составляла 6632 экз. \cdot м⁻³, биомасса — 63,325 мг \cdot м⁻³, что соизмеримо с данными 1960-х годов.

Горизонтальное распределение количественных показателей зоопланктона на акватории лимана имеет неравномерный характер: на отдельных участках численность варьировала от 85 до 275 962 экз. \cdot м⁻³, а биомасса — от 0,17 до 20 002,26 мг \cdot м⁻³. Наиболее высокие показатели численности отмечаются в верховье лимана, самой мелководной и застойной части, загрязненной вследствие стока из селитебных территорий, а также на участках, примыкающих к химическим причалам Одесского припортового завода и некоторым угольным причалам порта Южный. В верховье лимана фиксируются также экстремальные (минимальные и максимальные) значения биомассы.

На формирование современной структуры сообщества зоопланктона лимана и его развитие оказывают влияние: сгонно-нагонные явления, связанные с ветровой деятельностью; эвтрофный и трансформированный речной сток Днепра и Южного Буга в северо-западную часть Черного моря; производственная деятельность порта Южный, Одесского припортового завода, Терминала сыпучих грузов; наличие значительного числа гидротехнических сооружений (для личинок организмов обрастателей); смывы с водосборной площади; пресс гребневика мнемнопсиса во время вспышек его развития; развитие фитопланктона — основного пищевого компонента для подавляющего числа зоопланктонтов.

Исследования микобиоты лимана 1979—2001 гг. выявили 55 видов грибов, 12 из них — наземные (Прил. I, табл. III. 1.1) (Зелезинская, 1979; Багрий-Шахматова, 1991; Andrienko, Копытина, 1998; Копытина, 2001, 2002). В воде обнаружено 25, в грунтах — 18, на древесине — 40 видов; представители 11 таксонов грибов присутствовали на всех субстратах. В воде доминировал вид *Dendryphiella arenaria* с частотой встречаемости 5,6 %, в фунте — виды рода *Alternaria* — 54,0 % и морской аскомицет *C. maritima* — 11,0%; на древесине преобладали *C. maritima* — 18,4 % и *L. trifurcatus* — 10,2 %.

ТАБЛИЦА III. 1.12. Численность (N , экз. \cdot м⁻³) и биомасса (B , мг \cdot м⁻³) зоопланктона Малого Аджалыкского лимана весной и летом 2003 г.

Основная группа	Май		Август	
	N	B	N	B
Protozoa	709	0,173	164	7,899
Rotatoria	573 969	286,885	2780	1,390
Cladocera	313	2,814	2	1,387
Copepoda	21 540	64,834	65	0,582
Меропланктон	123 871	510,117	3607	51,571
Varia	91	3,470	14	0,496
В с е г о	720 493	868,293	6632	63,325

В воде прибрежной зоны круглогодично отмечали высокую плотность пропагул — до $287,2 \text{ млн экз.} \cdot \text{м}^{-3}$, биомасса достигала $2576 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$, длина гиф — $1145,6 \text{ м} \cdot \text{м}^{-3}$. Наибольшие концентрации грибов в поверхностном горизонте глубоководной части зафиксированы в весенний период: средняя плотность диаспор — $0,63 \text{ млн экз.} \cdot \text{м}^{-3}$, биомасса — $91,68 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$, длина гиф — $67,54 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$. Обычно в придонном горизонте воды плотность пропагул грибов в 2—3 раза ниже, чем в поверхностном, независимо от сезона года. В водной толще доминировал вид *D. arenaria* с максимальной плотностью конидий ($0,67 \text{ млн кл.} \cdot \text{м}^{-3}$) и биомассой $738 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$.

Основные скопления диаспор грибов в водной толще и донных отложениях отмечены в верховье и низовье лимана. В 2000—2001 гг. возросла заспоренность воды и грунтов почвенными грибами. При загрязнении и эвтрофировании водоемов отмечается преобладание наземных грибов, а также происходит замена ими водных видов (Воронин, 1997). По сравнению с 1993 г. количество морских видов уменьшилось на 15 таксонов.

По данным И.И. Погребняка (1965), в 1950—1960 гг. в лимане было выявлено 179 донных водорослей и водных растений. Среди них синезеленых водорослей 24 вида, зеленых — 27, диатомовых — 99, бурых — 8, красных — 16, цветковых — 5 видов. В настоящее время в составе макрофитобентоса лимана фиксируется 48 видов донной растительности (Rhodophyta — 12; Chlorophyta — 20; Phaeophyta — 6; Cyanophyta — 3; Thalassiophyta — 5) (Прил. I, табл. III. 1.5). Наибольшим разнообразием отличаются роды зеленых водорослей — *Cladophora* и *Enteromorpha*. Виды данных родов характеризуются высокой функциональной активностью и в горизонте до 0,5 м на твердом субстрате образуют значительные скопления: *Cladophora albida* (Huds.) Kutz., удельная поверхность — $109,6 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$, средняя биомасса — $1158,6 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$, максимальная биомасса — $2777,10 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$; *Enteromorpha prolifera* (O.F. Mull.) J. Ag. — соответственно $50,30 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$, $1356,8 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$, $3581,00 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$. В весенний период в пик развития зеленых водорослей на 1 м^2 может формироваться фотосинтетически активная поверхность — до 200 м^2 . В среднем по лиману индекс поверхности фитобентоса составляет 43 ед.

На мягких грунтах преобладают морские травы: средняя биомасса *Zostera marina* составляет 1521,7, максимальная — $2536,1 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$.

В июле 1994 г. в результате гидробиологических исследований лимана в районе с. Новые Беляры была обнаружена популяция *Cystoseira barbata*. Средняя высота талломов равнялась 36, максимальная — 45 см; средняя биомасса популяции — 1339,40, максимальная — $4464,60 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$. Удельная поверхность популяции цистозиры в горизонте от 0,7 до 2,0 м составила $8,096 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$. В последующем периоде при проведении гидробиологических исследований в данном районе *C. barbata* не была обнаружена.

Изучение мейобентоса лимана впервые было начато в 1992 г. и продолжается в настоящее время. Многолетние исследования показали, что мейобентос лимана носит морской характер. В его состав входят 12 групп крупного таксономического ранга: Foraminifera, Nematoda, Ostracoda, Harpacticoida, Gastrotricha, Kinorhyncha, Halacaridae, Turbellaria, Oligochaeta, MO-

лодь двустворчатых и брюхоногих моллюсков, полихеты. По сравнению с мейобентосом прилегающей морской части мейобентос лимана более разнообразен. По основным его характеристикам (видовое богатство, плотность поселений, биомасса) в лимане можно выделить три района: верховье, основной (центральный и южный) и прибрежный глубиной 0–1 м. Пространственное распределение качественных и количественных показателей мейобентоса во все сезоны года неравномерное и зависит от типа субстрата, глубины, солёности, количества органического вещества. Во все сезоны года по плотности и биомассе преобладает эвмейобентос, основное ядро которого представлено нематодами, гарпактикоидами и фораминиферами. Большую часть года в мейобентосе доминируют нематоды. Среди них повсеместное распространение с наиболее высокой численностью характерно для видов *S. pulchra*, *Ax. ponticus*, *T. pontica*, *P. caecus* (Кулакова, Торгонская, 2000). Анализ динамики плотности нематод за весь период исследований показал, что их численность достигает максимальных значений весной и летом (в среднем 787 250–1 235 000 экз. \cdot м⁻²). Повышение трофности приводит к структурной сезонной перестройке мейобентосного сообщества с изменением преобладающего комплекса организмов. Весной мейобентос носит нематодный характер, летом — нематодно-гарпактикоидный, а осенью большей частью — нематодно-фораминиферный.

В лимане гарпактикоиды представлены 27 видами (Гарлицкая, 2004), из которых наиболее часто встречаются *CanueUa* sp., *Ectinosoma melanieps*, *Microrartridion littorale*, *Ameira parvula*, *Schizopera compacta*. В верховье лимана средние значения численности гарпактикоидных копепоид изменяются от 22 377 до 107 913 экз. \cdot м⁻²; в глубоководной средней и нижней частях — от 79 846 до 22 480 экз. \cdot м⁻². В зависимости от гидрохимического режима, температуры и других факторов в прибрежной мелководной зоне плотность гарпактикоид составляет от 890 до 410 000 экз. \cdot м⁻². Для лимана впервые приводятся (Гельмбольдт, 2001) 4 вида морских клещей: *Rhombognathides pascens*, *Rhombognathus tonops*, *Copidognathus ponteuxinus* var. *pectiniger*, *Aqauopsis brevipalpus*. Автор указывает, что видовой состав морских клещей сходен с таковым акарофауны прибрежной зоны Одесского залива, но численность их в лимане в 2–3 раза выше (Гельмбольдт, 2001).

По данным 2003–2004 гг., мейобентос лимана постоянно представлен нематодно-гарпактикоидным комплексом организмов, что свидетельствует об улучшении качества морской среды по сравнению с предыдущими годами.

В лимане зарегистрированы представители 67 таксонов макрозообентоса (червей— 19, ракообразных— 30, моллюсков— 14, прочих— 4) (Прил. I, табл. III.1.7). Средняя численность составила 5984 экз. \cdot м⁻², биомасса — 394,8 г \cdot м⁻². В соответствии с характером донных отложений распределение количественных показателей бентоса на разных глубинах было неравномерным (табл. II 1.1.13).

Руководящими видами прибрежной зоны были моллюски *Abra ovata*, *Cerastoderma glaucum* и *Mya arenaria*, промежуточной (3–5 м) — мидия. Среди систематических групп доминировали моллюски, среди трофических — по плотности детритофаги, по биомассе — сестонофаги.

ТАБЛИЦА III.113. Сравнительная характеристика количественных показателей макрозообентоса Малого Аджальского лимана на разных глубинах в период 1993—2001 гг.

Глубина, м	Количество станций	Количество таксонов		Средняя численность, экз. · м ⁻²	Средняя биомасса, г · м ⁻²
		всего	в среднем на одной станции		
Менее 1	45	46	12	19 499	371,7
3—5	12	35	18	15 269	4811,8
6—16,5	138	38	6	769	18,2

В глубоководной зоне (6—16,5 м) по плотности преобладали черви, по биомассе — моллюски; среди трофических групп — детритофаги. Макрофауна в районе химического и угольного причалов, а также на фоновых станциях характеризуется низким биоразнообразием (16—20 таксонов) и незначительными показателями развития (250—479 экз. · м⁻² и 3,6—8,6 г · м⁻²).

В 1948—1955 гг. в лимане было обнаружено 25 таксонов макрозообентоса (Гринбарт, 1957). В 1960—1961 гг. сюда проникла и сформировала биоценоз мидия *Mytilus galloprovincialis* Lamarck (Гринбарт, Гарба, 1973). Запасы бентоса в современный период оцениваются в 2204 т, из которых 87,3 % сосредоточены в районе подводных кос. До вселения в лиман мидии и мии доля кормового для рыб бентоса составляла 97,2 (Гринбарт, 1957), в настоящее время — 15,6 %. По сравнению с 1954—1955 гг. запасы бентоса увеличились в 1,4 раза, однако запасы кормового бентоса снизились в 4,4 раза — с 1522 до 345 т. Весной 1974 г. содержание липидов у мидии после нереста колебалось от 0,50 до 0,99 % в пересчете на сырую массу. Летом 1976 г. по накоплению липидов в органах мидий установлено наибольшее содержание их в печени — 4,29 %, в мантийной ткани — 1,23, наименьшее содержание в замыкательной мышце — 0,76 % в пересчете на сырую массу.

По современному состоянию макрозообентоса рассматриваемый лиман, возможно, один из наиболее благополучных лиманов Северо-Западного Причерноморья.

В период с 2000 по 2003 г. в лимане обнаружено 11 видов полихет. Показатель их разнообразия составил 0,7103 по Симеону, что близко к такому в морской акватории, прилегающей к лиману. Основные виды (встречаемость 50—100 %) — *Harmothoe imbricata*, *Neanthes succinea*, *Polydora limicola*, *Spio filicornis*; массовые виды — *Hediste diversicolor*, *N. succinea*, *P. limicola*. Максимальная численность *H. diversicolor* — 1000 экз. · м⁻², максимальная биомасса — 52,20 г · м⁻², однако этот вид встречается исключительно в прибрежной зоне. Максимальная численность (700 экз. · м⁻²) и биомасса (27,0 г · м⁻²) *N. succinea* и *P. limicola* (соответственно 700 экз. · м⁻² и 1,65 г · м⁻²) также отмечены в прибрежной зоне. В целом средняя численность и биомасса полихет в этой зоне (соответственно 812 экз. · м⁻², 17,39 г · м⁻²) превысили таковые для открытой части лимана в 14 (численность) и 20 (биомасса) раз.

До соединения лимана с морем (в 1971 г.) фауна полихет этого водоема была представлена всего 3 видами — *H. imbricata*, *Hediste diversicolor*, *Nephtys hombergii*. Через 2 года после соединения лимана с морем в нем появились 6 новых видов полихет, а в 1974 г. — еще 5 видов. Всего в 1970-х годах в лимане было зарегистрировано 14 типично морских видов полихет: *Phyllodoce tuberculata*, *Eteone picta*, *Platynereis dumerilii*, *Spirorbis pusilla* и др. (Досовская, 1977). Основными видами в тот период были *Ph. tuberculata*, *H. diversicolor*, *P. limicola*, из них наибольшей численности достигал последний — недавний вселенец в Черное море. В настоящее время указанные выше типично морские виды полихет в лимане не встречаются.

В приморской части лимана обычно в летний период сосредоточивается большое количество крупных креветок (*Palaemon adspersus* и *P. elegans*). Наличие водной растительности и каменистого субстрата у правого берега водоема способствует привлечению сюда креветок во время выклева личинок. Половая структура популяции *P. adspersus* на этой акватории состоит преимущественно из самок. В июне их 72,4 %, в то время как самцы составляют всего 27,6 %. Со второй половины июля по конец сентября здесь проводится кустарный промысел креветок с помощью креветочных тралов. Другой вид — *P. elegans* — встречается значительно реже и преимущественно в верховье лимана. Как и в других лиманах Северо-Западного Причерноморья, в Малом Аджалыкском наблюдается довольно стойкая популяция голландского краба *Rhythropanopeus harrisi tridentata*, который распространен по всей акватории водоема. Его икросные самки встречаются с августа до первой половины октября. Известны случаи единичных находок других видов крабов: *Macropipus arcuatus*, краснокнижного *Carcinus mediterraneus* и впервые обнаруженного в 1999 г. в Черноморско-Азовском бассейне сотрудниками ОФ ИнБЮМ китайского мохнаторукого краба *Eriocher sinensis* Risso, 1827. В постоянно сообщаемой с морем Григорьевский лиман возможно вселение новых видов десятиногих раков как в результате проникновения их из моря, так и с балластными водами.

1.4.3. Сухой лиман

До 1950-х годов Сухой лиман отделяла от моря песчаная пересыпь, иногда прорываемая штормовым волнением. В декабре 1957 г. земснарядом в пересыпи была сделана прорезь, и на берегах и акватории лимана началось строительство портово-промышленного комплекса, который в настоящее время включает в себя торговый и рыбный порты, судоремонтный завод, сооружения паромной переправы и несколько промышленных предприятий (Абрамян, 1993).

Лиман соединен с морем судоходным каналом протяженностью 1,2 км и шириной более 100 м. От волнения и наносов его защищают два выдвинутых в море мола (Лиманно-устьевые комплексы..., 1988). Лиман превратился в залив, гидрологические характеристики которого мало отличаются от характеристик прилегающей части моря. Водный баланс лимана, лишённого поверхностных источников пресной воды, составляют осадки, испарение и водообмен с морем. В суровые зимы на акватории лимана по-

является лед, но в связи с интенсивным движением судов он не образует сплошного покрова.

В настоящее время гидрохимические условия лимана приближены к режиму, характерному для прибрежных районов СЗЧМ. Так, в 1970–1980-х годах в придонном слое лимана фиксировали сниженные содержания растворенного кислорода до 1,0–2,0 мг · дм⁻³. Придонная гипоксия была следствием как накопления органического вещества в условиях интенсивной антропогенной нагрузки и «цветения» воды, так и поступления морских вод с низким содержанием кислорода.

По гидрохимическим показателям акваторию лимана можно условно разделить на три участка: верховье, центральная часть и устье. Верховье — небольшие пресноводные водоемы, отделенные от основной части лимана дамбой; центральная часть — зона максимальной антропогенной нагрузки; в устье гидрохимический режим близок к таковому прилегающего участка моря. В исследуемый период для центральной части лимана отмечен больший диапазон изменчивости основных показателей качества водной среды (табл. III.1.14).

Весной и летом, как и в 1980–1990-х годах, в поверхностном слое всего лимана и его узкой прибрежной зоне отмечались высокие значения содержания кислорода и величины рН, что указывает на активное развитие фотосинтетических процессов. На глубине 7–15 м в районе судоходного канала преобладали деструкционные процессы. В ряде случаев деструкция здесь в 4 раза превосходит продукцию. Однако в результате хорошего водообмена с морем насыщение воды кислородом близко к 100 % (табл. III.1.15).

В последние годы в лимане по сравнению с началом 1990-х годов значительно возрос верхний предел концентрации фосфора, уменьшилось (в 2 раза) содержание минеральных и увеличилось — органических форм азота, крем-

ТАБЛИЦА III.1.14. Изменчивость гидрохимических показателей на различных участках лимана в 2001–2002 гг.

Показатель	Устье	Центральная часть
Соленость, ‰	16,03–17,35	5,28–18,06
O ₂ , мг · дм ⁻³	7,96–9,78	3,63–9,54
O ₂ , % насыщения	89,00–97,73	43,76–136,20
рН	8,39–8,49	8,18–9,19

ТАБЛИЦА III.1.15. Сезонная изменчивость гидрохимических показателей в поверхностном слое центральной части Сухого лимана в 2001–2002 гг.

Месяц	O ₂		рН	PO ₄ ³⁻	NO ₂	NO ₃
	мг · дм ⁻³	% насыщения				
Март	8,0–10,6	95,4–141,2	8,18–8,57	0,075–0,295	0–0,010	0,190–1,000
Апрель	8,2–10,7	95,0–135,1	8,20–8,60	0,012–0,032	0–0,011	0,058–0,215
Май	7,1–9,1	110,1–143,2	8,51–8,73	0,086–0,102	—	0,489–1,380
Июнь	6,7–9,0	107,0–144,0	8,52–8,76	0,007–0,029	0–0,021	0,010–0,090
Июль	6,1–8,9	104,9–120,5	8,30–8,71	0,023–0,300	0,005–0,010	0,006–0,200
Август	4,7–6,4	88,5–111,3	8,16–8,60	0,013–0,052	0–0,015	0,006–0,032



ТАБЛИЦА III. 1.16. Изменчивость гидрохимических показателей в воде Сухого лимана в 1991—2003 гг.

Ингредиент (мг · дм ⁻³), показатель	1991—1993	2001—2003
PO ₄ ³⁻	0—0,050	0—0,178
P _{орг}	0,025—0,081	0,002—0,143
NH ₄ ⁺	0,006—0,550	0,004—0,224
NO ₂ ⁻	0—0,013	0,001—0,005
NO ₃ ⁻	0,006—0,245	0,003—0,113
N _{орг}	0,022—1,400	1,520—3,190
SiO ₃ ²⁻	0,441—0,646	0,442—3,893
ПО, мг O · дм ⁻³	1,77—6,09	3,73—6,29

ния (табл. III. 1.16). О развитии процессов эвтрофирования вод свидетельствует также высокий уровень растворенных органических веществ — увеличилось нижнее значение диапазона ПО.

Поровые воды донных отложений. Их состав служит показателем процессов, протекающих как в водной толще, так и в донных отложениях.

Уменьшение концентраций минеральных соединений азота и кремния указывает на снижение скорости окисления органического вещества. Наличие в поровых водах нитратов свидетельствует о развитии в

донных отложениях окислительных процессов, а аммонийного азота — о процессах аммонификации при минерализации органического вещества.

В поровой воде донных отложений отмечено накопление фосфора органического (более чем в 3 раза), азота органического и органического вещества (по ПО) — почти в 2 раза (табл. III.1.17). Рост значений этих показателей указывает на активное развитие в воде лимана продукционных процессов, в результате которых образуется органическое вещество. На современном этапе развития эвтрофирования донные отложения лимана играют важную роль в обогащении вод биогенными веществами.

В сентябре 2002 г. численность сапрофитных и кишечных бактерий в лимане составляла в среднем для поверхностного слоя воды соответственно 7500 и 150 кл. · мл⁻¹, придонного — 2720 и 55 кл. · мл⁻¹, донных отложений — 50 000 и 35 000 кл. г⁻¹. В верховье лимана количество сапрофитных бактерий было в 2,5 раза ниже. Наибольшее бактериальное загрязнение наблюдалось в верховье, в низовье количество БГКП было в 18 раз ниже.

В июне 2003 г. количество сапрофитных бактерий в открытой акватории лимана составляло в среднем в поверхностном слое воды 3625 кл. · мл⁻¹,

ТАБЛИЦА III. 1.17. Содержание минеральных и органических соединений в поровых водах донных отложений Сухого лимана

Ингредиент (мг · дм ⁻³), показатель	Год		Ингредиент (мг · дм ⁻³), показатель	Год	
	1993	2001		1993	2001
PO ₄ ³⁻	0,168	0,176	NO ₃ ⁻	0,332	0,210
P _{орг}	0,116	0,508	N _{орг}	6,41	10,33
NH ₄ ⁺	6,34	2,33	SiO ₃ ²⁻	4,26	2,12
NO ₂ ⁻	0,013	0,024	ПО, мг O · дм ⁻³	18,0	30,06

придонном - 8175 ют. • мл⁻¹, ДОН-1 лг\ плл -1 ных отложениях - 140 000 кл. • г⁻¹, а БГКП соответственно 65 и 25 кл. • мг\ 1000 кл. • Г¹. Максимальное обилие сапрофитных и кишечных бактерий было выявлено в верховье лимана. На береговых станциях средняя численность сапрофитов в воде была равна 16 730 кл. • мл⁻¹, в грунте — 2 008 830 кл. • г⁻¹, а БГКП — 75 кл. • мл⁻¹ при полном отсутствии их в донных отложениях. Исключение составила ст. у Кооператива, где их количество достигало 16 000 кл. • мл⁻¹.

ТАБЛИЦА Ш.1.18. Валовая первичная продукция фитопланктона (мг О₂ • дм³ • сут⁻¹) / слое * тимального ф¹отосинтеза Сухого лимана и в прилегающей зоне моря в 2001—2002 гг.

Сезон	Море	Низовье	Верховье
Весна	0,51	1,06	—
Лето	1,15	2,52	2,36
Осень	0,19	1,75	3,31

Если сравнивать обилие микроорганизмов в лимане в период исследований 2002—2003 гг. с таковым в 1993 г. (Теплинская, 1996), то становится очевидным, что в настоящее время количество сапрофитных бактерий уменьшилось: в водной толще — в 4,1, донных отложениях — в 6,5 раза, количество БГКП, наоборот, увеличилось: в воде — в 2,1, грунте — в 35 раз.

Оценка эколого-санитарного состояния Сухого лимана по микробиологическим показателям позволяет отнести его к мезотрофному, р-мезосапробному району с превышением нормы К-И в 7,4 раза.

Анализ данных о первичной продукции фитопланктона лимана и прилегающей зоны моря свидетельствует о превышении этой величины в лимане над аналогичным показателем в море в течение всего года (табл. Ш.1.18).

В поверхностном слое лимана индекс *A/R* почти всегда больше единицы. На значительных глубинах (от 7 до 15 м) в судоходной части лимана образуются горизонты с преобладанием деструкционных процессов над продукционными (до 4 раз). Тем не менее общий кислородный режим остается благоприятным, что, по всей видимости, есть следствие благоприятного гидродинамического режима.

Изучение пигментного состава фитопланктона лимана проводилось в период 1998—2003 гг. Среднегодовая концентрация хлорофилла «а» для лимана составила 2,74 мг • м⁻³, максимальная (до 16,7 мг • м⁻³) отмечалась в поздневесенний период в северной части лимана. В это же время здесь зафиксирована и максимальная концентрация хлорофилла «в». Двувершинный характер сезонной динамики концентрации хлорофилла «а» в фитопланктоне лимана аналогичен таковому для граничащей с лиманом части моря (Руснак, 2001), причем в лимане эта концентрация в 1,5—3 раза выше, чем в море. В летний период в лимане отмечается высокая концентрация хлорофилла «в», обусловленная развитием зеленых и эвгленовых водорослей. Интенсивность фотосинтетических процессов затухает к зиме, достигая минимальных значений.

В лимане обнаружено 113 (123) видов и внутривидовых таксонов микроводорослей, включая те, которые содержат номенклатурный тип вида: динофитовых — 41 (43), диатомовых — 36 (41), синезеленых 11 (14), зеленых — 10 (10), золотистых — 9 (9), эвгленовых — 4 (4), криптофитовых —

2 (2) (Прил. I, табл. III. 1.2). Особенность структуры экологических группировок фитопланктона в лимане — значительное количество морских форм — 65 %, доля солоноватоводных видов составляет 16,5, пресноводных — 11, пресноводно-солоноватоводных — 7 %. В южной и центральной частях лимана количество морских видов выше, чем в северной, где наблюдается массовое развитие эвгленовых (*Euglena viridis*) и зеленых (*Ankistrodesmus*, *Scenedesmus*) водорослей.

Численность фитопланктона колеблется от 0,1 до $4,6 \cdot 10^6$ и составляет в среднем $1,9 \cdot 10^6$ кл. \cdot л⁻¹. Биомасса изменяется от 0,6 до 20,1 при средней величине $8,0$ г \cdot м⁻³. В летне-осенний период для лимана характерно «цветение» воды. Так, в июне 2001 г. численность *Prorocentrum cordatum* составила $3,3 \cdot 10^6$ кл. \cdot л⁻¹, биомасса — $16,7$ г \cdot м⁻³, т. е. 93 % биомассы всех динофитовых водорослей. В южной части лимана массовым был также *Gymnodinium sanguineum* (численность — $17,1 \cdot 10^3$ кл. \cdot л⁻¹; биомасса — $1,4$ г \cdot м⁻³), который в последние годы часто вызывает «цветение» воды в море (Теренько, Курилов, 2001).

В лимане идентифицировано 37 видов инфузорий, характерных также для СЗЧМ (Прил. I, табл. III. 1.3). В пресноводной части (верховье) лимана обнаружен 1 вид (пресноводный — *Strombidium viridae*). В центральной части и в низовье преобладают морские пелагические виды — *Strombidinopsis cheshiri*, *Strombidium lagenula*, *Tiarina fusus*, *Pelagostrobilidium spirale*, различные голофрииды, а также тинтиниды — *Favella ehrenbergii* (включая форму *Coxliella*), *Eutintinnus lusundae*, *Metacylis mediterranea*, в питании которых преобладают динофлагелляты, что хорошо согласуется с высокими показателями численности перидиней в фитопланктоне. Доминируют инфузории средних и крупных размеров; при относительно невысокой численности ($2,2$ — $26,9$ млн экз. \cdot м⁻³) они дают высокую биомассу — $57,7$ — $199,2$ мг \cdot м⁻³. Средние показатели численности и биомассы за летний период 2001—2002 гг. в среднем по лиману (морская часть) составили $3,27 \pm 1,66$ млн экз. \cdot м⁻³ и $113,23 \pm 49,82$ мг \cdot м⁻³ соответственно. Среднесуточная продукция — $106,97 \pm 43,5$ мг \cdot м⁻³ \cdot сут⁻¹.

Видовое богатство и разнообразие инфузорий выше в прибрежных участках, численность и биомасса — в поверхностном слое.

Среди морских лиманов Северо-Западного Причерноморья зоопланктон Сухого лимана наименее изучен. В литературе имеются лишь некоторые фрагментарные сведения об отдельных представителях пелагиали (Шманкевич, 1873; Лосовская, 1969).

Результаты этих исследований, выполненных в разные сезоны 1967—1974 гг., легли в основу работ Л.Г. Коваль и соавторов (1977а, 1978). Во второй половине 1960-х годов происходило постепенное обогащение зоопланктона лимана морскими представителями. Если в 1967 г. его видовой состав представлял собой обедненную черноморскую фауну — 26 таксонов, то к концу 1960-х годов общее количество таксонов возросло до 48. Средняя биомасса зоопланктона лимана составляла 580 мг \cdot м⁻³, а в 1970—1974 гг. она уменьшилась до 140 мг \cdot м⁻³. В начале 1970-х годов уже не наблюдалось обогащения пелагической фауны за счет проникновения новых

морских видов. В те годы происходила деградация массовых видов, что связывалось с антропогенным прессом на сообщество зоопланктона СЗЧМ, а также с загрязнением вод самого лимана вследствие усиления эксплуатации порта.

В разные сезоны 1990-х годов (Полищук, Настенко, 2002) в структуре зоопланктона отмечено 24 таксона разного ранга (Прил. I, табл. III.1.4). Исчезли виды, которые под влиянием ряда антропогенных факторов, характерных для СЗЧМ этого периода, стали и для нее редкими или полностью выпали из сообщества.

В начале 1990-х годов развитие зоопланктона находилось на уровне начала 1970-х. Наибольшая его численность и биомасса отмечались в летние месяцы — соответственно $73\,286 \text{ экз.} \cdot \text{м}^{-3}$ и $306,7 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$. К осени эти показатели снижались ($17\,965 \text{ экз.} \cdot \text{м}^{-3}$ и $65,54 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$), а в ранний зимний период достигали минимальных значений ($2178 \text{ экз.} \cdot \text{м}^{-3}$ и $22,54 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$). Если в 1967—1974 г. доминантными видами были акарция и ночесветка, то в 1990—1993 г. роль ночесветки значительно уменьшилась, а во все сезоны (и особенно летом) возросла роль личинок усонюгих раков, чему способствовало наличие множества гидротехнических сооружений, на которых поселялись родительские особи. В те годы в сообществе зоопланктона лимана происходили такие же изменения, как и в эвтрофной СЗЧМ: сокращение видового обилия, изменение роли отдельных видов.

В сентябре 2002 г. (табл. III.1.19) в структуре сообщества зоопланктона лимана были зарегистрированы черноморские вселенцы — гребневики *Mnemiopsis leidyi* и *Beroe ovata*. При этом развитие *Beroe* было низким, а *Mnemiopsis* — довольно высоким. Распределение первого ограничивалось только приморским участком лимана, а второй занимал всю портовую акваторию, т. е. от моря до понтонной переправы. На этой же акватории массово развивалась *Favella ehrenbergi* ($56\,283 \text{ экз.} \cdot \text{м}^{-3}$ и $258,901 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$). Средняя численность зоопланктона составляла $679\,664 \text{ экз.} \cdot \text{м}^{-3}$ (без гребневиков — $679\,594 \text{ экз.} \cdot \text{м}^{-3}$), а биомасса — $1669,59 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$ (без гребневиков — $477,75 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$).

Наиболее высокие показатели плотности и биомассы зоопланктона лимана, как правило, отмечаются на участке, ограниченном о-вом Дамбо-

ТАБЛИЦА ШД.19. Численность (N , экз. $\cdot \text{м}^{-3}$) и биомасса (B , мг $\cdot \text{м}^{-3}$) зоопланктона Сухого лимана в сентябре 2002 г.

Основная группа	Северная часть		Центральная часть		Южная часть		В среднем	
	N	B	N	B	N	B	N	B
Protozoa	0	0	148 573	670,80	53 044	244,00	604 851	304,93
Rotatoria	7	0,02	9627	22,14	6473	14,90	48 321	12,35
Copepoda	10 667	69,73	16 590	70,36	14 235	127,80	13 831	89,29
Меропланктон	9333	54,33	16 188	91,37	12 253	67,83	12 591	71,18
Mnemiopsis	13	34,67	32	338,65	159	3166,90	68	1180,07
Beroe	0	0	0	0	5	35,30	2	11,77
Всего	20 020	158,75	191 010	1193,32	86 169	3656,73	679 664	1669,59



вый — понтонная переправа, где сосредоточены плавучие доки, заводские пирсы, судоремонтный завод и многие другие гидротехнические сооружения.

Список микобиоты включает в себя 43 вида, 9 из них наземные (Прил. I, табл. III.1.1). В воде обнаружено 18, в грунтах — 11, на древесине — 23 вида. Общими для всех субстратов являются 7 таксонов. Летом 2001 г. отмечена вспышка развития микобиоты в воде и песке прибрежной части. Максимальная плотность пропагул в воде достигала $83,48 \text{ млн кл.} \cdot \text{м}^{-3}$, биомасса — $655 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$, длина гиф — $208,8 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$. В воде доминировали виды рода *Alternaria* с частотой встречаемости 9,8 % (максимальная плотность конидий — $0,08 \text{ млн кл.} \cdot \text{м}^{-3}$, биомасса — $180 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$) и морской вид *D. oraemaris* — 7,1 % (соответственно до $0,48 \text{ млн кл.} \cdot \text{м}^{-3}$ и до $153 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$). В песке плотность пропагул достигала $111,52 \text{ млн кл.} \cdot \text{м}^{-2}$, биомасса — $4570,12 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-2}$, длина мицелия — $324,25 \text{ м} \cdot \text{м}^{-2}$ (самые высокие значения среди лиманов). В грунте частота встречаемости *D. oraemaris* была 59 %, наибольшая плотность конидий — $0,56 \text{ млн кл.} \cdot \text{м}^{-2}$, масса — $17,80 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-2}$. Максимальная концентрация диаспор грибов обнаружена в воде и грунте у переправы. В лимане наблюдается тенденция увеличения заспоренности воды и грунта, что характерно для прибрежных районов моря, испытывающих влияние промышленных и бытовых стоков.

По данным И.И. Погребняка (1965), в период 1950—1960-х годов в Сухом лимане произрастало 177 видов растений, среди них синезеленых водорослей — 21 вид, зеленых — 22, бурых — 6, красных — 13 и цветковых — 5 видов. В настоящее время флористический состав макрофитобентоса лимана характеризуется наличием в составе донной растительности 38 видов многоклеточных водорослей, а также цветковых макрофитов (Прил. I, табл. III. 1.5). Максимальным разнообразием представлены водоросли из отдела Chlorophyta — 16 видов. В остальных отделах количество видов водорослей распределено таким образом: Rhodophyta — 8 видов; Phaeophyta — 4; Cyanophyta — 5; Thalasssiophyta — 5. Акваторию лимана можно разделить на три района, различающихся функциональной активностью донной растительности (табл. III. 1.20).

Район от переправы до устья характеризуется максимальным уровнем антропогенной нагрузки, в растительных комплексах преобладают морская трава малый взморник — *Zostera noltii* (Cavol.) Nolte и зеленые водоросли — *Enteromorpha linza* (L.) J.Ag., *Cladophora albida* (Huds.) Kutz. Проективное покрытие *Z. noltii* составляет 60 %, средняя биомасса — 471,85 при максимуме —

ТАБЛИЦА III. 1.20. Характеристика функциональной активности донной растительности различных районов Сухого лимана

Район	Количество видов	Удельная поверхность флористической группировки (S/W), $\text{м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$	Индекс поверхности фитобентоса (ИП _ф), ед.
Верховье	17	85,08	29,79
От переправы до устья	34	151,03	64,55
Участок моря	18	79,95	14,34

1238,40 г · м⁻². Средняя биомасса *E. linza* и *C. albida* составляет соответственно 552,70 и 325,30 г · м⁻² при максимуме 1181,50 и 1103,30 г · м⁻². При этом функциональная активность зеленых водорослей максимальна по сравнению с представителями других отделов: на 1 м² дна развивается 172,40 м² фотосинтезирующей поверхности *C. albida*, 112,7 м² — *E. clathrata* (Roth) Grev., 94 м² — *C. laetevirens* (Dillw.) Kiitz. В среднем в горизонте до 0,8 м на 1 м² развивается около 67 м² фотосинтезирующей поверхности, что характеризует высокий трофический статус лимана.

Изучение мейобентоса лимана началось в 1993 г. и периодически проводилось до 2002 г. Ранее мелкие беспозвоночные, относимые к категории «мейобентос», в данном водоеме не изучали. Мейобентос лимана, как и смежного морского участка, беден по качественным и количественным характеристикам и находится в тесной зависимости от экологических процессов, происходящих как в самом лимане, так и в Приднепровско-Бугском районе Черного моря. Состав мейобентосного сообщества определяет эвмейобентос, временный компонент (псевдомейобентос) обладает весьма низкой плотностью поселений, его доля в количественных характеристиках мейобентосного сообщества организмов в среднем не превышает 0,3 %. В начале 1990-х годов в лимане обнаружены представители 5 таксонов (фораминиферы, нематоды, гарпактикоиды, олигохеты и полихеты). В 2002 г. здесь выявлено уже 8 групп. При этом необходимо отметить, что во все временные отрезки количественные показатели мейобентоса формировались практически только за счет фораминифер и нематод. Такая картина может отражать крайне сложную экологическую ситуацию в бентали лимана.

Фауна нематод представлена 14 видами, относящимися к 4 отрядам. Видовое разнообразие их таксоцена значительно варьировало в пределах акватории лимана: наиболее богаты верховье лимана и зона, прилегающая к морской части. Высокая частота встречаемости характерна только для нескольких видов нематод. Доминирующие виды — *Sabatieria pulchra* и *Terschellingia pontica* (по 85,7 %), субдоминантный — *Cylindrotheristus maeticus* (57,2 %). Частота встречаемости остальных видов, обнаруженных в лимане, изменяется от 14,3 до 42,8 %. Нематоды — одна из доминирующих групп. На станциях, расположенных в узкой прибрежной полосе, их численность варьировала от 4000 до 38 000 экз. · м⁻², составляя 10—75 % всех групп мейобентоса. На глубоководье доля нематод составила 41—60 %. В верховье лимана кроме нематод часто наблюдаются лишь фораминиферы. Изучение видового состава морских клещей в лимане проводилось впервые в 1975—1977 гг. (Воробьева, Ярошенко, 1982), указаны 3 вида. В дальнейшем галакариды изучала М.В. Гельмбольдт (2001). Плотность и биомасса мейобентоса распределяются по акватории лимана весьма неравномерно, их показатели относительно низкие (от 8000 до 95 000 экз. · м⁻² в летний период и от 19 000 до 1 132 500 экз. · м⁻² — в осенний). К 2002 г. вследствие снижения развития фораминифер общая численность мейобентоса значительно уменьшилась и варьировала на различных участках акватории лимана от 14 000 до 100 000 экз. · м⁻².

В конце XIX — первой половине XX в. в лимане обитали 17 таксонов макрозообентоса (Шманкевич, 1873; Загоровский, 1930). В 1954—1955 гг.

были обнаружены 22 таксона (Досовская, 1969). Биомасса бентоса составляла в среднем $150\text{--}200 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$ (Гринбарт, 1960). После соединения с морем в 1957 г. в лимане были встречены представители 46 таксонов. По сравнению с тем периодом, когда лиман оставался изолированным водоемом, биомасса бентоса уменьшилась в среднем в 3 раза — до $57 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$ (Досовская, 1969).

В 1993—2003 гг. в лимане встречены 36 таксонов макрозообентоса (червей — 12, ракообразных — 13, моллюсков — 8, прочих — 3) (Прил. I, табл. III. 1.6). Средняя численность макрофауны составила 3066 экз. $\cdot \text{м}^{-2}$, биомасса — $95,9 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$. В прибрежной зоне обнаружены 32 таксона (червей и моллюсков — по 8, ракообразных — 13, прочих — 3). Средняя численность — 9007 экз. $\cdot \text{м}^{-2}$, биомасса — $309,1 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$. Преобладали моллюски (43,6 % плотности и 77,0 % биомассы). На долю двух наиболее массовых видов (*Cerastoderma glaucum* и *Abra ovata*) приходилось 64,3 % биомассы.

В глубоководной части отмечены 18 таксонов (червей — 10, моллюсков — 5, ракообразных — 3). Их средняя плотность — 756 экз. $\cdot \text{м}^{-2}$, биомасса — $12,9 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$. Доминировали черви — 86,6 % численности и 53,7 % биомассы. По мере продвижения от моря вглубь лимана количественные показатели бентоса глубоководной зоны резко снижались (Синегуб, 2002).

Весной 1998 г. у мидий (3—5 см) содержание гликогена колебалось от 0,94 до 1,33 % на сырую массу. Осенью 1994 г. у мидий (4—7 см) среднее содержание липидов составляло 3,96, гликогена — 8,25 % на сырую массу. Жирность мидий (3—6 см) осенью 1976 г. после нереста достигла 1,41 % на сырую массу. Исследования накопления липидов в разных органах мидий весной 1978 г. показали, что в мидиях (5—7 см) наиболее обогащена ими печень — 3,50 %, мантийная ткань — 1,43, наименьшее содержание в замыкательной мышце — 0,62 % на сырую массу.

В 2001—2003 гг. в лимане было отмечено 10 видов полихет, среди которых типично морские *Phyllodoce paretii* и *Platynereis dumerilii*. Наиболее часто встречались виды *N. succinea*, *H. diversicolor*, *P. limicola*, из них *H. diversicolor* достигал численности 375, *P. limicola* — 800 экз. $\cdot \text{м}^{-2}$.

До соединения лимана с морем в нем были найдены только 3 вида полихет: *Harmothoe imbricata*, *H. diversicolor* и *Nephtys hombergii*. Сразу же после соединения (в 1957 г.) с прилегающих морских акваторий в него проникли 4 вида многощетинковых червей, а в 1960-х годах — еще несколько видов. Всего в конце 1950-х и в 1960-х годах в разное время в лимане выявлено 10 видов полихет (кроме его коренных обитателей). В 1962 г. был обнаружен новый для Черного моря вид *P. limicola*.

В 1972—1973 гг. в южной (приморской) части лимана были зафиксированы 16 видов полихет, среди них типично морские: *Ph. paretii*, *E. picta*, *H. reticulata*, *Nerinides cantabra* и др. В количественном отношении здесь преобладали *H. diversicolor*, *P. limicola*, *S. filicornis*. Средняя численность полихет в южной части лимана была в 10 раз больше по сравнению с периодом 1960-х годов, а биомасса — в 3 раза меньше. Это объясняется массовым развитием в лимане в 1970-х годах мелких детритоидных полихет *P. limicola* и *S. filicornis* (Досовская, 1977).

На примере Малого Аджалыкского и Сухого лиманов видно, что после превращения их в акватории портов видového обеднения фауны полихет не произошло. В первые 10 лет становления биологического режима наблюдается интенсивное вселение в лиманы морских видов. При этом происходит уменьшение биомассы полихет за счет увеличения доли мелких форм, собирающих детрит.

В настоящее время Сухой лиман характеризуется наличием 2 видов креветок — *Palaemon adspersus* и *P. elegans*, а также 2 видов крабов — *Rhythoropanopeus harrisi tridentata* и *Macropipus arcuatus*. Популяция креветок сосредоточена преимущественно на акватории, примыкающей к морю (район рыбного порта), а также в районе дамбы у судоремонтного завода. Голландский краб *Rh. harrisi tridentata* распространяется по всей акватории, исключая участки активного судоходства. Краб *M. arcuatus* встречается значительно реже. Личинки креветок и голландского краба в августе и сентябре выявлены и в центральной части. В связи со свободным соединением лимана с морем в результате стонно-нагонных явлений личинки десятиногих раков могут свободно мигрировать как из моря в лиман, так и в обратном направлении.

Ихтиофауна лимана в настоящее время представлена 29 видами рыб, в том числе 11 видов пресноводных рыб обитает в опресненном верховье водоема, отделенном от остальной его акватории (Малаховский, Заморов, 1998). Список, приведенный для морской части лимана, очевидно, неполный и может быть значительно расширен за счет видов, обитающих в сопряженных акваториях моря и заходящих в Сухой лиман на нагул.

1.4.4. Хаджибейский лиман

Южная часть Хаджибейского лимана входит в городскую черту Одессы. Начиная с 1930-х годов в него поступают стоки с городских полей орошения. Это стало причиной постепенного понижения солености и повышения уровня водоема. Количество стоков в 1960-х годах достигло 100 млн м³ в год (Лиманно-устьевые комплексы..., 1988), а средний уровень лимана превысил уровень моря на 2,3 м. В период весеннего подъема уровня воды в лимане стала нависать угроза наводнения в городе. За последние десятилетия соленость воды в лимане постепенно снизилась с 20—25 до 5—6 ‰.

В 1969 г. была введена в строй мощная насосная станция, перекачивающая воду из лимана в море. За 3 года работы станции уровень в лимане понизился на 2 м. С тех пор лиман в курортный сезон аккумулирует стоки с полей орошения, что способствует улучшению санитарной обстановки у одесских пляжей; зимой избыток воды перекачивается в море.

В 1960—1980-х годах главную роль в формировании гидрохимических условий лимана играли поверхностный сток и сбросы с полей орошения, куда поступали хозяйственно-бытовые стоки г. Одесса.

В 1963—1968 гг. для гидрохимического режима лимана было характерно развитие продукционных процессов в поверхностном слое (до 3,5 м) и деструкционных — под слоем термо- и галоклина. В тот период насыщение воды кислородом поверхностного слоя составляло 90—130 %, в придонном

слое фиксировали сероводород — 10–27 мг · дм⁻³. Пределы колебаний биогенных веществ в воде лимана были значительными, мг · дм⁻³: фосфаты — 0,020–2,32; нитриты — 0–0,150; нитраты — 0–0,650; кремний — 0,19–9,80. В местах сброса вод с полей орошения отмечены экстремально высокие концентрации аммонийного азота (1,26 мг · дм⁻³) и растворенного органического вещества (по ПО) — 20–30 мг О · дм⁻³. Максимальные значения этих ингредиентов фиксировали в центральной и южной частях лимана: аммонийного азота — до 1,0 мг · дм⁻³; ПО составляла 1,21–9,96 мг О · дм⁻³ (Розенбург, 1967).

В 1970–1980-х годах активное применение минеральных удобрений в сельском хозяйстве привело к росту поступления биогенных веществ с водосборной площади, активизации продукционных процессов и эвтрофикации вод лимана. В тот период содержание кислорода в поверхностном слое изменялось от 2,76 до 18,9 мг · дм⁻³ при 28–214 % насыщения, в придонном летом фиксировали гипоксию и аноксию — 0,0–2,76 мг О₂ · дм⁻³, насыщение воды кислородом составляло 0–28 %. Величина рН изменялась в пределах 7,5–8,9, минимальные значения отмечались зимой и летом, максимальные — весной. Лиман также испытывал колоссальную антропогенную нагрузку вследствие поступления коммунальных стоков, что привело к нарушению «гидрохимической устойчивости», характерной для водоема в период 1960-х годов. Антропогенное воздействие на замкнутую водную экосистему лимана проявилось в увеличении концентраций аммонийного азота (0,130–1,34 мг · дм⁻³) и фосфатов (1,0–2,0 мг · дм⁻³), перестройке цикла азота — замене окисленных форм (нитритов и нитратов) на восстановленные (аммонийный и органический) (Журавлева, 1986, 1990).

В дальнейшем уменьшение сброса сточных вод и сокращение масштабов применения удобрений на водосборной площади привело к снижению поступления солей азота и фосфора в лиман, что способствовало некоторой стабилизации экосистемы. В 2002–2003 гг. в лимане фиксировалось активное развитие продукционных процессов. Так, весной содержание кислорода составляло 7,0–11,30 мг · дм⁻³ (среднее — 9,39), насыщение — 82–133 % (среднее — ПО). Величина рН изменялась в пределах 8,21–8,36, что указывает на преобладание продукционных процессов над деструкционными.

Весной 2003 г. в мелководном Палиевском заливе лимана содержание кислорода изменялось: в поверхностном горизонте — 13,58–22,75 (насыщение — 117–183 %), в придонном — 3,09–21,25 мг · дм⁻³ (насыщение — 27–179 %). Содержание кислорода в весенний период и в лимане, и в заливе было почти одинаковым. В августе в поверхностном слое лимана оно изменялось от 7,23 до 7,75, в придонном — от 4,60 до 7,71 мг · дм⁻³. Высокая температура воды и значительный расход кислорода на минерализацию органического вещества привели к недосыщению воды кислородом в поверхностном (90–98 %) и придонном (70–94 %) слоях.

По сравнению с 1980-ми годами в экосистеме лимана значительно снизились концентрации фосфатов (среднее значение 0,292 мг · дм⁻³) и фосфора органического: 0,006–0,282 — в лимане и 0,082–0,360 мг · дм⁻³ — в Палиевском заливе.

Значительно снизилось содержание минеральных соединений азота. Так, содержание аммонийного азота в лимане составляло $0-0,027 \text{ мг} \cdot \text{дм}^{-3}$, максимальное значение ($0,085 \text{ мг} \cdot \text{дм}^{-3}$) зафиксировано в верховье; в Палиевском заливе этот показатель изменялся от $0,016$ до $0,222 \text{ мг} \cdot \text{дм}^{-3}$, максимальное значение, как и для фосфатов, отмечалось в придонном слое. Концентрация нитритов в лимане составляла $0-0,036 \text{ мг} \cdot \text{дм}^{-3}$, нитратов — $0,001-0,051$, в Палиевском заливе — $0,006-0,060$ и $0-0,017 \text{ мг} \cdot \text{дм}^{-3}$ соответственно.

В 1980-х годах основной формой азота в лимане был азот органический. Его концентрации изменялись в широких пределах: $0,56-7,56 \text{ мг} \cdot \text{дм}^{-3}$. Весной средние значения концентрации азота органического в заливе и лимане были близки и в среднем составляли $1,50 \text{ мг} \cdot \text{дм}^{-3}$.

Летом 2003 г. средняя величина азота органического для лимана составляла $1,64 \text{ мг} \cdot \text{дм}^{-3}$, что несколько ниже средней величины для лета 2002 г. — $2,22 \text{ мг} \cdot \text{дм}^{-3}$. Это было обусловлено интенсивной минерализацией органического вещества при высокой температуре воды летом 2003 г.

Диапазон значений содержания кремния: в 2002 г. — $0,49-1,61$, в 2003 г. — $0,41-1,00 \text{ мг} \cdot \text{дм}^{-3}$.

Для вод лимана и Палиевского залива характерен высокий уровень содержания органических веществ (по ПО) — $5,46-22,47$ и $6,90-27,59 \text{ мг О} \cdot \text{дм}^{-3}$ соответственно. Максимальный уровень содержания органических веществ, как и соединений фосфора и азота, отмечался в придонном слое.

Поровые воды донных отложений. Содержат значительное количество минеральных и органических веществ, служат дополнительным источником эвтрофирования водоема. Отмечено, что в южной части лимана в донных отложениях протекают восстановительные процессы с разложением органического вещества в анаэробных условиях (аммонификация), в северной части — в присутствии кислорода с образованием окисленных форм азота (нитрификация). Так, содержание органических веществ составляло, $\text{мг} \cdot \text{дм}^{-3}$: *аммонийного азота*: в южной части — $1,48-1,73$, среднее значение $1,61$; в северной — $0,354-0,621$, среднее значение $0,460$; *нитратов*: в южной части — $0,026-0,135$, среднее значение $0,074$; в северной — $0,384-0,401$, среднее значение $0,370$; *азота органического*: в южной части — $3,0-3,36$, среднее значение $3,20$; — в северной — $2,69-3,67$, среднее значение $2,23$.

Поровая вода донных отложений в северной части лимана содержит больше минеральных и органических соединений фосфора, чем в южной, $\text{мг} \cdot \text{дм}^{-3}$: фосфаты — $0,380$ в северной и $0,320$ — в южной; фосфор органический — $0,090$ в северной и $0,073$ — в южной.

Таким образом, несмотря на значительное снижение по сравнению с периодом 1980-х годов концентраций фосфатов (в 2–3 раза) и минеральных соединений азота (на 1–2 порядка), в воде лимана отмечено повышение концентрации органических веществ. Этот фактор указывает на эвтрофирование вод лимана и усиление антропогенного воздействия на экосистему. В настоящее время донные отложения лимана служат дополнительным источником эвтрофирования его вод.



ТАБЛИЦА III.121. Средняя численность сапрофитных и кишечных бактерий в водной толще (кл. · см⁻³) и донных отложениях (кл. · г⁻¹) Хаджибейского лимана летом 2002—2003 гг.

Год	Объект	Сапрофиты	БГКП
2002	Вода	30 875	15 540
	Грунт	280 000	230 000
2003	Вода	94	0
	Грунт	29 660	0

Анализ распределения численности БГКП в поверхностных и придонных слоях воды летом 2002 г. выявил тенденцию увеличения этого показателя от верховья к низовью. Так, количество БГКП у поверхности в верховье составляло в среднем 750 кл. · мл⁻¹, в центре 2-го ковша — 1500, центре 1-го ковша — 10 550, в низовье — 35 500 кл. · мл⁻¹ (в 47 раз выше).

Летом 2003 г., очевидно, в результате внесения антисептиков при проведении рыбохозяйственных мероприятий, в лимане полностью исчезла БГКП (табл. III.121), что может иметь негативные последствия для всей трофической цепи водоема.

Продукция фитопланктона Хаджибейского лимана максимальна летом (табл. III.122). Деструкция закономерно возрастает от весны к осени. Одновременно с этим снижается показатель A/R , но не ниже единицы. Несмотря на то что в слое активного фотосинтеза продукция существенно превышает деструкцию, соотношение продукции и деструкции во всем столбе воды часто имеет отрицательный баланс. Такая ситуация объясняется низкой прозрачностью воды, изменявшейся в период исследований от 0,4 до 1,6 м, составляя в среднем 0,9 м. Средняя глубина лимана — 5 м при максимуме 17 м, поэтому часть водной толщи находится ниже компенсационной глубины.

По показателям интенсивности продукционного процесса Палиевский залив существенно отличается от остальной части Хаджибейского лимана. Ввиду его частичной изолированности и разделения, в свою очередь, на несколько отдельных водоемов, он представляет собой гетерогенную систему из водных объектов с сильно варьирующими параметрами солености (2,84—68,25 ‰) и меняющимся режимом биогенных элементов.

Для водоемов Палиевского залива характерно часто повторяющееся интенсивное «цветение» воды с высокими показателями величин продукции

ТАБЛИЦА III.122. Характеристика продукционно-деструкционных процессов в Хаджибейском лимане в 2001—2003 гг.

Сезон	A , мг O_2 · дм ⁻³ · сут ⁻¹		R , мг O_2 · дм ⁻³ · сут ⁻¹		A/R		
	min	max	min	max	min	max	
Весна	0,86	2,39	1,90*	0,51—1,25	0,88	1,70—1,91	1,86
Лето	1,86	3,61	2,26	0,72—1,50	1,06	1,24—4,25	2,34
Осень	1,45	2,89	2,10	1,08—1,81	1,45	1,34—1,60	1,47

* Среднее значение.

фитопланктона (2,84—30,58 мг $O_2 \cdot \text{дм}^{-3} \cdot \text{сут}^{-1}$). При объеме вод залива менее 15 % объема всего лимана общее количество первичного органического вещества, продуцируемое здесь, сопоставимо с продукцией основной части лимана (Гончаров и др., 2002).

Оценка пигментного состава фитопланктона Хаджибейского лимана в период 2000—2003 гг. позволяет отнести его к водоему эвтрофного типа. Концентрация хлорофилла «а» фитопланктона в поверхностном слое лимана находилась в пределах 0,5—25,3 мг $\cdot \text{м}^{-3}$. Среднегодовая величина составила 7,8 мг $\cdot \text{м}^{-3}$. В сезонной динамике концентрации хлорофилла «а» хорошо выражен весенний пик. Высокие концентрации пигмента отмечаются вплоть до ледостава.

В фитопланктоне лимана, по нашим (Прил. I, табл. III.1.2) и литературным (Беленкова, 2000) данным, встречается 70 видов и внутривидовых таксонов, относящихся к 7 систематическим отделам, в том числе диатомовых — 37, динофитовых — 7, зеленых — 11, синезеленых — 7, эвгленовых — 4, золотистых — 1, примнезиофитовых — 1, прохлорофитовых — 1. Большинство из них — пресноводные и пресноводно-солонатоводные виды. Морские и солонатоводно-морские виды немногочисленны и представлены массовыми видами фитопланктона СЗЧМ (*Leptocyclindms danicus*, *Skeletonema costatum*, *Prorocentrum micans* и др.).

К массовым видам фитопланктона лимана относятся пресноводные диатомовые *Skeletonema subsalsum*, *Cyclotella meneghiniana*, *Rhizosolenia logiseta*, зеленые *Oocystis borgei*, *Monoraphidium arcuatum* и синезеленая *Merismopedia tenuissima*. В лимане часто происходит «цветение» воды, сформированное представителями разных систематических отделов фитопланктона. Так, в феврале 2002 г. «цветение» воды формировали *Cyclotella meneghiniana* (44,7 млн кл. $\cdot \text{дм}^{-3}$) и *Merismopedia minima* (13,6 млн кл. $\cdot \text{дм}^{-3}$), в июне *Skeletonema subsalsum* (70 млн кл. $\cdot \text{дм}^{-3}$), в октябре *Prorocentrum micans* (19,8 млн кл. $\cdot \text{дм}^{-3}$).

Пространственное распределение численности и биомассы фитопланктона по акватории лимана в разные периоды наблюдений неравномерно и определяется интенсивностью развития массовых видов. По данным съемки в июне 2002 г. во время интенсивного развития *S. subsalsum* минимальные значения численности (12 155 млн кл. $\cdot \text{м}^{-3}$) и биомассы (16 996,8 мг $\cdot \text{м}^{-3}$) отмечены в прибрежной части лимана, максимальные (соответственно 70 111,6 млн кл. $\cdot \text{м}^{-3}$ и 95 201,7 мг $\cdot \text{м}^{-3}$) — в центральной части, составляя в среднем соответственно 32 538,4 млн кл. $\cdot \text{м}^{-3}$ и 51 918,1 мг $\cdot \text{м}^{-3}$. В весенний период 1994 г. численность и биомасса фитопланктона возрастали от северной части лимана к южной (Беленкова, 2000). Рассчитанные для 2002 г. средние значения численности (32 538,4 млн кл. $\cdot \text{м}^{-3}$) и биомассы (51 918,1 мг $\cdot \text{м}^{-3}$) фитопланктона были больше, чем рассчитанные для 1982 (5151,5 млн кл. $\cdot \text{дм}^{-3}$) (Погребняк, 1982) и 1993—1994 гг. (соответственно 39,8 тыс. кл. $\cdot \text{дм}^{-3}$ и 0,4 мг $\cdot \text{м}^{-3}$) (Беленкова, 2000).

В Палиевском заливе интенсивность развития фитопланктона в апреле 2003 г. превышала таковую в лимане. В заливе часто наблюдается «цветение» воды, сформированное прохлорофитовой пикопланктонной водорослью

Prochlorococcus marinus с максимальной численностью 22 000 млн кл. • дм⁻³ (Зайцев, Нестерова, 2003), а также вспышки развития зеленых (*Dactylosphaerium pulchellum* — 24 млн кл. • дм⁻³) и синезеленых (*Microcystis aeruginosa*) водорослей.

Инфузории лимана изучал еще в конце XIX в. П.Н. Бучинский (1895), идентифицировавший 95 видов инфузорий, преимущественно пресноводных. Исследователь отметил высокий уровень изменчивости лиманных форм по сравнению с теми же видами в море, что в итоге сильно затрудняло их идентификацию. Из списка П.Н. Бучинского 6 видов были найдены в планктоне в ходе настоящих исследований.

В настоящее время в лимане отмечен 41 вид планктонных инфузорий. В прибрежной зоне низовья инфузории представлены видами бентопелагического комплекса, пресноводными и солоноватоводными — *Euplotes* spp., *Spathidium viride*, *Condylostoma arenarium*, *Meseres cardiformis*, *Stentor* sp., *Strombidium ffrificum*, *Frontonia acuminata*, *Rimostrombidium humile*. В пелагиали лимана количество видов уменьшается, так как отсутствуют бентические и перифитонные формы, при этом возрастает доля эупланктонных форм — *Codonella cratera*, *Rimostrombidium caudatum*, *R. conicum*, *Strombidium conicoides*, *S. conicum*, *Pelagohalteria cirrifera*, *Askenasia stellaris*. В верховье Палиевского залива, несмотря на высокую минерализацию (19–60 г • дм⁻³), фауна инфузорий носит пресноводный характер. Здесь формируется комплекс мелких короткоциклических видов, адаптированных к высокой минерализации (*Cinetochilum* sp., *Holophrya simplex*, *Hastatella radians*, *Monodinium balbianii*, *Euplotopsis affinis*, *Euplotes balteatus*) с исключительно высокой плотностью популяций (максимальные значения численности и биомассы — 122 млн экз. • м⁻³; 2,21 • 10³ мг • м⁻³, май 2002 г.) и наиболее высокой по отношению ко всем лиманам среднесуточной продукцией — до 2,3 • 10³ мг • м⁻³ • сут⁻¹. В открытой части лимана численность изменяется от 2,2 до 26 млн экз. • м⁻³, биомасса — от 17,2 до 155,7 мг • м⁻³. Средние значения суточной продукции (май–август 2001–2002 гг.) составляют 80,6 ± ± 23,3 мг • м⁻³ • сут⁻¹.

В 1960-х годах в структуре зоопланктонного сообщества лимана был обнаружен 31 таксон (Стахорская, 1970). Отмечалось, что качественный состав зоопланктона, как и количественные показатели, очень изменчив. Средняя биомасса зоопланктона в период 1964–1967 гг. составляла 1179,833 мг • м⁻³.

В 1980-х годах в структуре сообщества было обнаружено 32 таксона (Полищук, 1990). Среди лиманов рассматриваемой группы Хаджибейский — самый бедный в качественном отношении. Основу структуры сообщества составляли коловратки (31 %) и веслоногие (28 %). Количественные показатели зоопланктона по сравнению с 1960-ми годами значительно возросли. Численность и биомасса изменялись в довольно большом диапазоне: размах колебаний численности — от 18,5 (северная часть, зима 1983 г.) до 109 996,9 тыс. экз. • м⁻³ (центральная часть, весна 1981 г.), биомассы — от 224,5 (центральная часть, зима 1981 г.) до 16 610,5 мг • м⁻³ (северная часть, лето 1981 г.).

В структуре зоопланктона лимана в летний период 2003 г. зарегистрировано более 20 таксонов (Прил. I, табл. III. 1.4). Структура сообщества подобна таковой 1980-х годов, когда наиболее многочисленными были коловратки, затем следовали веслоногие, ветвистоусые и проч. В современной структуре сообщества не сохранилось характерное для 1980-х годов соотношение морских и пресноводных организмов. Если в 1980-е годы оно было одинаковым (по 36 %), то летом 2003 г. значительно преобладали пресноводные виды, а морской комплекс представляло несколько видов. Средняя численность зоопланктона — 944 605 экз. • м⁻³, биомасса — 3405,106 мг • м⁻³ (табл. III. 1.23), т. е. численность была почти в 8 раз выше, а биомасса — в 2 раза ниже, чем средние значения за аналогичный период 1981 и 1983 гг., но при этом значения биомассы находились в пределах межгодовых колебаний.

Наиболее высокие показатели численности отмечались в центральной части лимана, где ее основу составляли коловратки (88 %); доминировала *Keratella quadrata* (75%), а субдоминантом был *Branchionus angularis*. Керателла преобладала также в северной и южной частях лимана. По биомассе выделялась южная часть, где наиболее были развиты ветвистоусые (89 %), среди них доминировала *Ceriodaphnia reticulata* (87 %). В 1960-х годах отдельные вспышки ветвистоусых отмечались для *Moina microphtalma* (*M. mongolica*), а в 1980-х — массовой была *M. brachiata*. Развитие также массового в 1980-х годах *Diaptomus salinus* было незначительным на всей акватории лимана. Среди веслоногих более значимую роль играли акарция («малая» и «большая» формы) и науплии. В 1980-х годах распределение количественных показателей зоопланктона на акватории лимана в разные годы и сезоны также было неодинаковым: при доминировании ветвистоусых биомасса возрастала от южной части к северной (в нашем случае — наоборот), а в условиях преобладания веслоногих — от северной к южной.

В лимане обнаружено 24 вида грибов, 10 из которых наземные (Прил. I, табл. III. 1.1). В воде выявлены 6 видов, в донных отложениях — 9, на древесине — 18. На всех субстратах обнаружены 4 вида. В воде доминировали виды рода *Alternaria* с частотой встречаемости 9,8 % и *Stemphylium botryosum* — 5 %; в фунгах — род *Alternaria* (37 %); на древесине — морские виды

ТАБЛИЦА III. 1.23. Численность (N , экз. • м⁻³) и биомасса (B , мг • м⁻³) зоопланктона Хаджибейского лимана летом 2003 г.

Основная группа	Северная часть		Центральная часть		Южная часть		В среднем	
	N	B	N	B	N	B	N	B
Protozoa	1197	0,83	228	0,159	3538	2,476	1654	1,158
Rotatoria	30 1067	149,69	1 488 481	722,167	371 547	183,140	720 365	351,502
Cladocera	2588	128,83	39 357	1952,401	74 870	3725,146	39 938	1935,740
Copepoda	343 904	2721,72	158 681	342,962	45 161	210,666	182 582	1091,783
Меропланктон	1215	7,51	156	14,816	527	51,570	645	24,695
Varia	0	0	7	0,266	10	0,380	6	0,228
Всего	650 008	3008,60	1 687 036	3032,771	496 773	4173,378	944 605	3405,106

C. maritima и *Cirrenalia basiminuta* с частотой встречаемости соответственно 11 и 9,2 %.

Летом 2002 г. в воде на береговых станциях отмечалась высокая, шкэтность диаспор, в среднем 1,70 млн экз. \cdot м⁻³, биомасса — 980,75 мг \cdot м⁻³, длина гиф — 360,21 м \cdot м⁻³. Основную биомассу диаспор составили конидии грибов рода *Alternaria*: численность — 0,02 млн кл. \cdot м⁻³, биомасса — 45,3 мг \cdot м⁻³.

В прибрежном песке и илах глубоководной части средняя плотность пропагул — 7,8 млн экз. \cdot м⁻², биомасса — 346,75 мг \cdot м⁻², длина гиф — 150,50 м \cdot м⁻³. Плотность конидий рода *Alternaria* — 0,21 млн экз. \cdot м⁻², биомасса 2,77 мг \cdot м⁻².

Мейофауна Хаджибейского лимана до 1997 г. не изучалась. В настоящее время мейобентосное сообщество организмов представлено следующими таксонами: Nematoda, Harpacticoida, Ostracoda, Turbellaria, Nemertini, Oligochaeta, Acarina, Bivalvia, личинки хирономид, на отдельных участках отмечены Polychaeta и Foraminifera. В мейобентосном сообществе присутствуют единичные экземпляры молоди амфипод, кумовых раков и идотей.

Необходимо отметить, что мейофауна прибрежной зоны (супралитораль, зона заплеска и глубины до 0,5 м) наиболее разнообразна. Плотность поселений организмов также достаточно высока. В зимний период на заплеске присутствовали лишь 3 группы с минимальным числом особей. Доминировали по численности Ostracoda (8 экз. \cdot 100 см⁻³), субдоминантные группы — Oligochaeta и Nematoda. В весенний период (начало марта) в пробах были обнаружены лишь Oligochaeta (10 экз. \cdot 100 см⁻³) и Ostracoda (47 экз. \cdot 100 см⁻³). Более высокой численности организмы мейофауны достигали в апреле, где также выявлены 3 группы: Oligochaeta (60 экз. \cdot 100 см⁻³), Ostracoda (26 экз. \cdot 100 см⁻³) и Nematoda (4 экз. \cdot 100 см⁻³). Весной численность колеблется от 5500 до 523 500 экз. \cdot м⁻², наиболее высокая плотность организмов мейофауны отмечена в апреле.

В летний период доминировали олигохеты и турбеллярии. На глубине 0,5 м по численности преобладали гарпактикоиды. Численность организмов значительно варьирует по месяцам (более низкая в июле — 1000 экз. \times \times м⁻²), максимальный показатель составлял 455 000 экз. \cdot м⁻². С прогревом песка в летние месяцы наблюдалось увеличение числа групп мейофауны до 7. Доминировали по численности Oligochaeta (161 экз. \cdot 100 см⁻³), Turbellaria (64 экз. \cdot 100 см⁻³). На расстоянии 1 м от уреза воды (супралитораль) было отмечено 5 групп мейофауны с преобладанием по численности Oligochaeta (18 экз. \cdot 100 см⁻³). В сублиторали, где пробы отбирали на расстоянии 1 м от уреза воды и на глубине 0,5 м, доминировали Harpacticoida (45 экз. \cdot 100 см⁻³) и Oligochaeta (18 экз. \cdot 100 см⁻³).

В сентябре диапазон колебаний численности мейофауны в прибрежной зоне невелик — 150 000—350 000 экз. \cdot м⁻². Особенность мейофауны Хаджибейского лимана состоит в незначительной роли нематод в формировании общих количественных показателей: в прибрежной зоне их доля составляла лишь 2—9 %. Наиболее существенна роль как по встречаемости, так и по плотности Oligochaeta и Ostracoda, а в летние месяцы — Turbellaria

и Harpacticoida; остальные представители мейофауны наблюдались эпизодически.

На глубине 1,8—8,0 м, где преобладал в основном серый ил, мейобентос представлен 5 группами: Harpacticoida, Ostracoda, Nematoda, Oligochaeta и Foraminifera, его общая численность 2160—26 530 экз. \cdot м⁻². Отмечается наиболее высокая встречаемость гарпактикоид и остракод (по 83 %), субдоминантная группа — нематоды (60 %), их численность составляла в среднем 7105 экз. \cdot м⁻². На двух станциях из шести были отмечены Oligochaeta, на одной — Foraminifera. Следует отметить, что в Хаджибейском лимане по сравнению с другими изученными лиманами численность нематод низкая, пределы ее колебаний в летний период составляли на тех или иных станциях от 0 до 17 600 экз. \cdot м⁻².

В 1946—1947 гг. в лимане были отмечены 11 таксонов донной макрофауны, в 1958 г. — 23 (Гринбарт, 1950); в 1979 — 1985 гг. — 36 (Полищук и др., 1990). В 1946—1960 гг. средняя биомасса макрофауны составляла 675—2419 г \cdot м⁻²; в 1963 г. в результате заморозов она снизилась до 77 г \cdot м⁻² (Гринбарт, 1967).

В 2002—2003 гг. в лимане встречены 10 таксонов макрозообентоса (червей и моллюсков — по 1, ракообразных — 3, прочих — 5) (Прил. I, табл. III. 1.7). Вероятно, бедность качественного состава обусловлена резким колебанием солености водоема. В период исследований в нем не получили массового развития ни пресноводные, ни морские виды, а солоноватоводная фауна была малочисленной. В прибрежной зоне средняя численность бентоса составила 1460 экз. \cdot м⁻², биомасса — 14,0 г \cdot м⁻²; в глубоководной в 2002 г. — соответственно 932 и 20,0; в 2003 г. — 1648 экз. \cdot м⁻² и 13,9 г \cdot м⁻². Распределение показателей бентоса в лимане в настоящий период сравнительно равномерное. Низкие показатели развития фауны объясняются составом донных отложений, которые на большинстве станций представлены серым илом.

Среди основных систематических групп по плотности (76,4 %) и биомассе (72,1 %) доминировали личинки комаров, среди трофических групп — детритофаги (соответственно 90,7 и 78,1 %). Наиболее массовыми были личинки *Chironomus plumosus*: 67,6 % плотности и 75,3 % биомассы.

Несмотря на бедность качественного состава и сравнительно низкую биомассу, донная макрофауна на 100 % доступна рыбам и относится к высококалорийному макрозообентосу.

В период исследований 1999—2001 гг. в лимане обнаружен 1 вид креветок — *Palaemon elegans* и 1 вид крабов — *Rhythropanopeus harrisi tridentata*. Креветки распространены во всем водоеме, а крабы обитают преимущественно в средней части (с. Морозовка). По данным 2003 гг., существует кустарный промысел креветок. Как крабы, так и креветки используются в качестве кормовой базы для окуня *Perca fluviatilis*.

В 1950-х годах, при солености около 35 ‰, можно было в массовом количестве встретить травяных крабов *Carcinus mediterraneus*. В 1960-х годах из-за распреснения данный вид полностью исчез. После исчезновения крабов на протяжении многих лет единственным представителем десятиногих раков в лимане была креветка *Palaemon adspersus*, которая широко

использовалась промыслом. По ориентировочным подсчетам, за период с 1964 по 1981 г. в лимане ежегодно вылавливали по 800 т креветок (включая любительский лов), что составляло более 100 кг • га⁻¹. Креветки, добываемые рыболовецкими колхозами, использовались на птицефабриках как корм для кур.

Качественный состав представителей десятиногих в лимане изменялся. Так, в 1974 г. появился еще один вид креветки — *P. elegans*. Предполагается, что в закрытый от моря водоем ее случайно завезли рыбаки-любители, вылавливавшие креветок в море и использовавшие их в качестве наживки для лова бычков. В результате интродукции *P. elegans* наблюдалось довольно интенсивное вытеснение из водоема *P. adspersus*: уже с начала 1980-х годов последний вид не встречается. Вселившаяся креветка значительно мельче, поэтому ценность нового вселенца как промыслового объекта значительно ниже по сравнению с ранее обитавшим видом.

В условиях низкой солености лимана в 1982 г. были обнаружены еще два представителя отряда Decapoda: солоновато водный голландский краб *Rh. harrisi tridentata* и речной рак *Astacus pachypus*. Первый из упомянутых видов образовал стойкую популяцию и используется в качестве корма для хищных рыб, а второй, завезенный из Днестровского лимана, в Хаджибейском лимане не размножился и в настоящее время там не встречается. По литературным источникам (Сальский, 1963), известна еще одна попытка акклиматизации в лимане дальневосточной креветки *Pandalus kessleri*, но в связи с понижением солености этот вид не прижился.

В 1960-х годах из жилых форм ихтиофауны в лимане остались колюшка, глосса и 3 вида бычков, которые вплоть до 1970-х годов обитали в лимане, служили объектом промысла и исчезли из уловов только к 1975 г. в результате опреснения водоема (Полищук и др., 1990). С этого времени в Хаджибейском лимане появляются карась, плотва, укляя, окунь, попавшие в водоем из прудов, расположенных в долинах рек Малый Куяльник и Свиная. В 1980 г. в лиман впервые вселили 2 млн сеголеток серебряного карася. Вместе с ним из Днестровского лимана и Придунайских водоемов случайно завезли молодь леща, щуки, сома, густеры и других пресноводных рыб. С 1985 г. лиман зарыбляют карпом и растительными рыбами (с 1980 по 2001 г. в лиман вселили более 50 млн шт. молоди карася, толстолобика и карпа). Однако их промысловый возврат в последующие годы не превышал 5 %. В 1988 г. в лимане, в садках, выращивали черноморских кефалей — лобана, сингиля и остроноса. Высокая выживаемость и темп роста показали перспективность получения дополнительной продукции путем культивирования этих видов (Шекк и др., 1989). В 1992 г. на базе Палиевского рыбучастка начались работы по строительству питомника для воспроизводства и интродукции в лиман пиленгаса. С 1997 г. началось массовое зарыбление водоема молодь этого вида кефалевых.

В последнее десятилетие XX в. в лимане, по данным В.А. Малаховского (1992), было отмечено 17 видов рыб. В 1980—1990-х годах наиболее многочисленными из промысловых видов были карась серебряный, окунь, толстолобик белый и пестрый, судак и карп. С 1998 г. к ним прибавился пиленгас. Карась доминировал в уловах в период 1982—1984 гг. С 1985 г. про-

исходит постепенное снижение численности данного вида (с 1036 т в 1984 г. до 204 т в 1985 г.). В настоящее время уловы карася составляют около 13 т в год. Уловы окуня росли до 1986 г. (374 т). В последующий период они значительно сократились. Судак впервые был отмечен в уловах в 1986 г. Росту численности судака в последующие годы способствовали его успешный нерест в 2001 г. и наличие обильной кормовой базы (зоопланктон, бычки, креветки, молодь пиленгаса). Вылов судака в 2002 г. составил 145 т, в 2003 г. — 117 т.

В 1990-х годах уловы пресноводных рыб в Хаджибейском лимане снизились, достигнув своего минимума в 1996 г. — 53,9 т. Первый улов кефали (пиленгаса) зарегистрирован в 1998 г., в 2001 г. вылов достигал 381,5 т.

Кроме того, в Палиевском заливе в 1994—1998 гг. встречались камбала глосса и белуга, впервые вселенные в 1992—1995 гг. Они адаптировались к новым условиям, однако вследствие ограниченных объемов интродукции встречались редко (Прил. I, табл. III. 1.9).

1.4.5. Будацкий (Шаболатский) лиман

Будацкий лиман представляет собой вытянутый вдоль моря в направлении с юго-запада на северо-восток водоем, который занимает ложе Пруднестра и отделен от моря косой средней шириной 90 м. Двумя обловно-запускными каналами-ериками он постоянно соединен с Днестровским лиманом, а через канал на юго-западной оконечности пересыпи — периодически с морем. Кроме того, во время сильных штормов и интенсивных паводков происходит прорыв пересыпи, и лиман на короткое время соединяется с морем.

В 1950—1970-х годах соленость вод лимана изменялась в пределах 2—33 ‰. В конце мая 2003 г. она составляла 13 ‰ и в течение всего года сохранялась на уровне 13,5—15,5 ‰. Вследствие мелководности лиман хорошо прогревается летом, когда температура воды может достигать 30 °С. Зимой она понижается до отрицательных значений. В суровые зимы лиман покрывается льдом толщиной до 50 см.

В 1992 г. в бассейне лимана произошла экологическая катастрофа, вызванная «залповым» сбросом загрязняющих веществ, в результате которой резко ухудшилось качество воды. Негативные последствия этого события наблюдались до конца 2002 г. Попытка промыть лиман в середине 1990-х годов путем устройства второго канала в северо-восточной части пересыпи была неудачной. Но в 2003 г. мощный весенний паводок основательно промыл лиман, после чего экосистема лимана начала восстанавливаться. Так, в конце мая 2002 г. прозрачность воды в лимане не превышала 0,2 м, при этом вода вследствие цветения синезеленых водорослей имела яркий желто-салатовый цвет. В аналогичный период 2003 г. прозрачность достигла 2 м, а вода приобрела цвет, характерный для большинства лиманов в это время года.

Гидрохимические условия лимана в 1960—1970-х годах формировались под воздействием абиотических и биотических факторов, где особая роль



ТАБЛИЦА III. 1.24. Гидрохимические показатели Будаковского лимана в 1960—1980 гг.

Сезон	Минерализация, г · дм ⁻³ · г ⁻¹)	Кислород, % насыщения ^{*)}	ПО, мг О · дм ⁻³
Зима	24,8	Менее 100	0,58—2,80
Весна	24,4	100—120	0,80—3,05
Лето	26,7	80—130	2,26—4,00
Осень	28,5	—	1,93—3,93

^{*)} Кулакова, 1988. ^{*)} Розенгурт, 1967.

принадлежала микрофитобентосу — основному продуценту органического вещества в лиманах Дунай-Днестровского междуречья (Погребняк, 1965). Разложение и минерализация огромных масс микрофитобентоса обусловили дефицит кислорода в лимане. Содержание органического вещества в 1963—1965 гг. СИЛЬНО варьировало и не отличалось от его содержания в лиманах подобного типа — среднее значение (по ПО) составляло 2,88 мг О · дм⁻³ (табл. III.1.24). Мелководность, волновое перемешивание и быстрый прогрев вод обеспечивали высокую скорость продукционно-деструкционных процессов, способствовали быстрому восстановлению кислородного режима в лимане. Отрицательно воздействовал на качество водной среды лимана выход сероводорода из донных отложений в местах залегания лечебной грязи (Розенгурт, 1967).

ТАБЛИЦА III. 1.25. Гидрохимические показатели Будаковского лимана в 2002 г.

Ингредиент, показатель	Весна	Лето
O ₂ , мг · дм ⁻³	<u>9,30 – 11,57 *</u> 10,30	—
O ₂ , % насыщения	<u>103 – 162</u> 130	—
PO ₄ ³⁻ , мг · дм ⁻³	<u>0,003 – 0,048</u> 0,020	<u>0,015 – 0,041</u> 0,029
P _{орг} , мг · дм ⁻³	<u>0,140 – 0,068</u> 0,042	<u>0,014 – 0,042</u> 0,017
NH ₄ ⁺ , мг · дм ⁻³	<u>0,002 – 0,034</u> 0,016	<u>0,045 – 0,223</u> 0,135
NO ₂ ⁻ , мг · дм ⁻³	<u>0,001 – 0,016</u> 0,007	<u>0,005 – 0,008</u> 0,007
NO ₃ ⁻ , мг · дм ⁻³	<u>0,0 – 0,077</u> 0,019	<u>0,0 – 0,027</u> 0,013
N _{орг} , мг · дм ⁻³	<u>0,287 – 6,09</u> 3,41	<u>2,13 – 3,49</u> 2,81
SiO ₃ ²⁻ , мг · дм ⁻³	<u>1,15 – 5,96</u> 4,02	<u>4,77 – 6,95</u> 6,89
ПО, мг О · дм ⁻³	<u>4,63 – 33,10</u> 20,37	<u>27,67 – 42,08</u> 35,42

Над чертой — диапазон, под чертой — среднее значение.

ТАБЛИЦА III. 1.26. Характеристика поровых вод донных отложений Будацкого лимана в мае 2002 г.

Ингредиент, мг · дм ⁻³	Диапазон Среднее значение	Ингредиент, мг · дм ⁻³	Диапазон Среднее значение
PO ₄ ³⁻	0,057 – 0,154 0,111	NO ₃ ⁻	0,002 – 0,011 0,007
P _{орг}	0,050 – 1,194 0,130	N _{орг}	7,260 – 10,690 9,462
NH ₄ ⁺	0,408 – 1,905 1,059	SiO ₃ ²⁻	7,580 – 10,950 9,075
NO ₂ ⁻	0,002 – 0,025 0,009	ПО, мг O · дм ⁻³	0,002 – 0,011 0,007

В последнее десятилетие в Будацком лимане, как и в Днестровском, из которого по двум каналам поступает пресная вода, было отмечено резкое ухудшение экологического состояния (Эколого-экономические проблемы Днестра, 2000; Нагаев, Лошкарева, 2002).

Результаты исследований весной и летом 2002 г. показали, что в лимане интенсивно протекают продукционные процессы. В воде лимана фиксировались высокие значения рН (8,31–8,51), пересыщение воды кислородом, низкие концентрации биогенных и высокие — органических веществ (табл. III. 1.25). Так, содержание всех форм фосфора и азота, по сравнению с 1960–1970-ми годами, снизилось в 5 раз, кремния — в 2 раза, содержание органического вещества (по ПО) возросло в 10 и более раз. Характерной особенностью гидрохимических условий лимана было низкое содержание органического вещества в поровой воде донных отложений лимана, которое не превышало его значений в водной толще (табл. III. 1.25, III. 1.26). Это свидетельствует о том, что деструкция основной части органического вещества (фитопланктона) протекает не в донных отложениях, а в воде. По содержанию органического вещества воды лимана характеризуются как гиперэвтрофные.

Зафиксированные изменения в гидрохимическом режиме, возможно, связаны с перестройкой в экосистеме лимана. Если ранее основным потребителем биогенных веществ и продуцентом органического вещества здесь были макрофиты (Сапожников, 1983), то в настоящее время это звено в экосистеме отсутствует и потребление биогенных веществ происходит за счет развития фитопланктона.

Поровые воды донных отложений. Качество поровых вод лимана определяется его мелководностью и развитием биогидрохимических процессов. Так, содержание биогенных веществ в донных отложениях лимана невелико, а органических веществ — значительно меньше, чем в лиманах, имеющих регулируемый водообмен с морем, например в Большом Аджалыкском (табл. III.1.26). Мелководность лимана обеспечивает минерализацию и де-

струкцию органического вещества автохтонного генезиса в водной толще, а взмучивание донных отложений способствует переходу растворенных минеральных соединений азота, фосфора и кремния в воду. Донные отложения лимана усиливают эвтрофирование экосистемы, так как величина потока из них фосфора может достигать 50, а аммонийного азота — 40–70 % запасов (Мартынова, 1984; Денисова и др., 1987).

В мае 2002 г. численность БГКП в водах лимана колебалась: от 0 до 4500 кл. \cdot см⁻³ (в среднем ПБОкл. \cdot см⁻³) с максимумом в кутовой части лимана. Количество олиготрофных и эвтрофных сапрофитных бактерий также широко варьировало — соответственно от 400 до 10 000 и от 30 до 10 000 кл. \cdot см³. Максимум их численности также был зафиксирован в кутовой части лимана. В среднем численность олиготрофов составляла 6370, эвтрофов — 3038 кл. \cdot см⁻³, т. е. в 2 раза меньше.

В лимане выявлена аномально низкая численность аэробного сапрофитного бактериобентоса, составляющая в среднем 1400 кл. \cdot г⁻¹. Судя по численности анаэробного сапрофитного бактериобентоса, которая варьировала от 3000 до 170 000 кл. \cdot г⁻¹, составляя в среднем НОООкл. \cdot г⁻¹, можно говорить о том, что в грунтах лимана протекает преимущественно анаэробная деструкция органического вещества. Как известно, конечный продукт анаэробного разложения органического вещества — токсичные для гидробионтов соединения. Бактериальное загрязнение донных отложений было незначительным: число БГКП изменялось от 0 до 600 кл. \cdot г⁻¹.

Исходя из полученных данных, Будацкий лиман можно отнести к мезотрофным а-олигосапробным водам с превышением нормы К-И в 116 раз.

В период исследований 2002 г. по сравнению с периодом 1980-х годов продукция фитопланктона лимана возросла в 6–7 раз и составляла 7,04–7,58 мг О \cdot дм⁻³ \cdot сут⁻¹. Деструкция варьировала в диапазоне 1,75–3,21 мг О х х дм³ \cdot сут⁻¹. Эффективность первичного продуцирования была невелика, так как органическое вещество не поступало на более высокие трофические уровни, минерализуясь лишь на 20–40 % и накапливаясь в экосистеме до значительных содержаний (см. ч. I, гл. 3).

Пигментный анализ фитопланктона лимана проводился в период 2000–2003 гг. Среднегодовая величина составила 17,63 мг \cdot м³. Концентрация хлорофилла «а» в поверхностном слое лимана колебалась от 1,20 до 60,7 мг \cdot м³. Для изучения пигментного состава фитопланктона наряду со стандартным спектрофотометрическим методом использовался метод дифференциальной флуориметрии, позволяющий измерять потенциальную интенсивность фотосинтеза клеток. Было проведено изучение фотосинтетических пигментов фитопланктона, находящегося во льду. Исследование показало присутствие большого количества жизнеспособных клеток (до 33 %) при концентрации хлорофилла «а» во льду 27, в подледной воде — 19 мг \cdot м³.

В начале наших исследований концентрация хлорофилла «а» достигала 60,7 мг \cdot м³. Начиная с весны 2003 г. отмечается значительное ее снижение (максимум 19,0 мг \cdot м³ за весь 2003 г.).

По данным, полученным в 1986 (Нестерова, 1988) и 2002 гг., в составе фитопланктона лимана обнаружены 58 видов и внутривидовых таксонов, в том числе диатомовых — 23, динофитовых — 14, синезеленых — 11, зеленых — 5, примнезиофитовых — 2, эвгленовых — 2, прохлорофитовых — 1 (Прил. 1, табл. III. 1.2).

В 2002 г. в лимане впервые наблюдалось «цветение» воды, сформированное мелкоразмерными клетками (диаметр 0,6—0,8 мкм). Найденные клетки предположительно можно отнести к прокариотическим зеленым водорослям из рода *Prochlorococcus* (отдел *Prochlorophyta*). В составе рода *Prochlorophyta* описан только вид *Prochlorococcus marinus* (Кондратьева, 2001).

«Цветение» воды, вызванное *P. marinus* с численностью клеток 1,7 млрд кл. • дм⁻³, было отмечено в подледных водах лимана в январе 2002 г. (Зайцев, Нестерова, 2003). В феврале того же года, когда наблюдался первый максимум, численность клеток по сравнению с январем возросла в 3 раза и уменьшилась в марте в 2,5 раза. Второй, более сильный максимум численности (19 млрд кл. • дм⁻³) наблюдался в мае. От мая к ноябрю интенсивность «цветения» постепенно сокращалась, численность клеток в октябре составила 0,3 млрд кл. • дм⁻³. В период сильных вспышек развития *P. marinus* вода в лимане приобретала яркий желто-оранжевый цвет.

Массовое развитие *P. marinus* не ингибировало развития других видов фитопланктона. Видовое разнообразие его от января к маю 2002 г. увеличивалось. В мае в период максимальной численности *P. marinus* интенсивно развивались диатомовые водоросли *Fragilaria crotonensis* (1,9 млн кл. • дм⁻³), *Nitzschia closterium* (0,5 млн кл. • дм⁻³), *Synedra ulna* (0,2 млн кл. • дм⁻³), зеленые *Monoraphidium arcuatum* (1 млн кл. • дм⁻³), виды рода *Oocystis* (1 млн кл. • дм⁻³), а также динофитовая *Oxyrrhis marina* (0,4 млн кл. • дм⁻³).

Средняя численность фитопланктона в мае 2002 г. составила 15 900 млрд кл. • м⁻³, биомасса — 5142,4 мг • м⁻³. Сравнение полученных данных с литературными показало, что численность фитопланктона увеличилась в 21 раз по сравнению с 1950—1960-ми годами, средняя биомасса соответствовала размеру ее колебаний в прежние годы (Иванов, 1982).

Фауна инфузорий планктона лимана к настоящему времени насчитывает 22 вида (Прил. 1, табл. III. 1.3). Для лимана характерно массовое развитие автотрофного пикопланктона, что в значительной степени определяет разнообразие цилиатопланктона. Преобладают мелкие инфузории-микрофаги, свойственные пресным и солоноватым водам: *Rimostrombidium humile*, *Euplotes balteatus*, *Aspidisca* sp., *Cyclidium* spp., диатомофаги — *R. conicum*, *R. caudatum*, *Strombidopsis minima*, *Strombidium faurei*, хищники — *Monodinium balbianii*, *Loxophillum* sp. При интенсивном «цветении» воды (апрель-июнь) численность инфузорий достигает 83,4 млн экз. • м⁻³, биомасса — 400 мг • м⁻³. К основным потребителям пикопланктона принадлежат *R. humile*, *Cyclidium* spp., *E. balteatus*; у особей последнего в цитоплазме формируются гигантские пищеварительные вакуоли, в результате чего клетки сильно деформируются. После снижения интенсивности «цветения» (июль) видовое богатство инфузорий возрастает, однако по-прежнему доминируют

микрофаги, общие численность и биомасса снижаются до 0,95—17 млн экз. $\cdot \text{м}^{-3}$ и 26,2—131,6 мг $\cdot \text{м}^{-3}$ соответственно. Исключение составляет опресненная северо-восточная часть, где в это же время были зарегистрированы одни из самых высоких значений биомассы и продукции в сравнении со всеми изученными лиманами — $1,24 \cdot 10^3$ мг $\cdot \text{м}^{-3}$ и $1,45 \times 10^3$ мг $\cdot \text{м}^{-3} \cdot \text{сут}^{-1}$ соответственно. Средние за период исследования (апрель—июль 2002 г.) значения численности, биомассы и суточной продукции (с учетом рациона инфузорий-хищников) всех планктонных инфузорий составили соответственно $23,5 \pm 9,87$ млн экз. $\cdot \text{м}^{-3}$; $314,86 + 156,38$ мг $\cdot \text{м}^{-3}$; $254,86 + 201,25$ мг $\cdot \text{м}^{-3} \cdot \text{сут}^{-1}$.

Вследствие низкой прозрачности воды (0,26—0,5 м), вызванной ее частым «цветением», в лимане почти отсутствуют миксотрофные формы инфузорий.

В 2002 г. в ограниченном количестве проб, что не дает достоверной картины о состоянии макрозообентоса, нами обнаружены представители 6 таксонов; их средняя численность 3750 экз. $\cdot \text{м}^{-2}$, биомасса — $4,7$ г $\cdot \text{м}^{-2}$.

В период 1949—1960 гг. макрозообентос был представлен 35 таксонами. Преобладали двустворчатые моллюски и ракообразные. Средняя биомасса составляла $219,5—459,0$ г $\cdot \text{м}^{-2}$, биомасса кормовой части бентоса — $95,2\%$ (Гринбарт, 1967).

Летом 1991 г. попадание в воды лимана смеси после мытья грязевых танков курорта Сергеевка привело к массовой гибели гидробионтов. Восстановление отмечено только к концу 1990-х годов. Были встречены 23 таксона, средняя биомасса которых весной составила $228,0$, летом — $360,0$ г $\cdot \text{м}^{-2}$ (Коренюк, Замооров, 1999).

Ихтиофауна Будаковского лимана формируется в основном за счет захода рыб из моря и Днестровского лимана. Один из факторов, определяющих видовой состав рыб, — связь лимана с этими водоемами. В летний период при открытии каналов ихтиоценоз лимана обогащается морскими видами, заходящими на нагул.

За последние 50 лет видовой состав рыб в лимане претерпел существенные изменения. В 1965 г. Ф.С. Замбриборщ зарегистрировал для Будаковского лимана 22 вида рыб (Замбриборщ, 1965). В 1960-х годах Я.И. Дмитриев (1967) обнаружил там 29 видов. В 1970-х годах ихтиофауна лимана была представлена 54 видами (Старушенко, Орлова, 1981). По состоянию на конец 1990-х годов Л.И. Старушенко и С.Г. Бушуев (2001) приводят список из 31 вида. В настоящее время в лимане встречается до 40 видов рыб (Прил. I, табл. III. 1.9).

До 1965 г. официальная статистика отражала только уловы кефали. Уловы глоссы в 1965—2003 гг. колебались от 0,1 до 42,1 т, бычка — от 0,1 до 10,0 карася — от 0,1 до 20,7, атерины — от 0,4 до 51,6 т. В отдельные годы в лимане ловили до 2—4 т судака, 5,9—8,5 т — плотвы, 1,2 т — карпа и других рыб. Среднегодовая рыбопродуктивность водоема в 1960-х годах составляла $10,6$ кг $\cdot \text{га}^{-1}$, в 1970-х — $18,6$, в 1980-х — $18,1$, в 1990-х — $5,0$ кг $\cdot \text{га}^{-1}$.

В настоящее время из постоянно обитающих промысловых видов рыб некоторое значение имеют только атерина, бычки и камбала глосса. Сни-

зилась численность непромысловых видов — бычка лысуна (*Pomatoshistus leopardinus microps* Pall.), морских игл. Несмотря на несколько урожайных поколений черноморских кефалей в 2000—2003 гг., их вылов в лимане незначителен. Рыбопродуктивность в 2000—2003 гг. составила $4,7 \text{ кг} \cdot \text{га}^{-1}$, в основном за счет атерины. Сравнивая количественные показатели и качественные характеристики ихтиофауны лимана за прошедшие 30—40 лет, можно проследить прямую связь между ее видовым разнообразием, промысловыми уловами и функционированием рыбозапускных каналов. Нерегулярная работа искусственных каналов в настоящее время не позволяет заходить на нагул достаточному количеству мальков черноморских кефалей и других рыб, в связи с этим недоиспользуется богатая кормовая база лимана.

В 1970—1990-х годах Будаковский лиман и расположенный здесь Экспериментальный кефалевый завод были своеобразным полигоном для проведения экспериментов по акклиматизации, воспроизводству и товарному выращиванию новых видов рыб, таких, как радужная форель, стальноголовый лосось, белуга, бестер, мозамбикская тилапия, полосатый окунь, сомик кошка, лаврак и кефаль пиленгас.

1.4.6. Куяльницкий лиман

Куяльницкий лиман отделен от моря пересыпью шириной 1,5 км и своей южной частью примыкает к промышленно-транспортному узлу Одесса-Сортировочная. Засушливый климатический период первой половины 1990-х годов существенно повлиял на водный режим лимана и вызвал повышение солености. Однако последующее увеличение годовых сумм осадков, начиная с 1995 г., не вызвало заметного распреснения воды лимана из-за деградации впадающих в него водотоков, сплошной распашки прибрежно-склоновых территорий и усиления испарения в связи с повышением температуры воздуха, особенно в теплый период года. К осени 2001 г. соленость лимана достигла 323 ‰ в северной части и 214 ‰ в южной, а в сентябре 2002 г. — 335 и 251 ‰ соответственно.

Вследствие такой высокой солености даже в суровую зиму 2002/2003 г., когда температура воды понижалась до $-12 \text{ }^\circ\text{C}$, лед на лимане не образовывался. В ту зиму на промерзшую в декабре землю в январе—феврале выпало 129 мм осадков (37 % годовой нормы), что вызвало бурный весенний паводок (Адобовский, 2003). Уровень лимана повысился на 140 см, а соленость к апрелю снизилась до 75 ‰ на всей акватории. В течение теплого сезона 2003 г. уровень несколько понизился и стабилизировался на отметках около 530 см ниже уровня моря. К концу 2003 г. соленость воды достигла в южной и центральной частях лимана 115—125, в северной — 160 ‰. В течение года постоянное поступление воды из поверхностных водотоков происходило только в южной части лимана и составляло в среднем около $5 \text{ тыс. м}^3 \cdot \text{сут}^{-1}$. Расход воды р. Большой Куяльник, впадающей в северную часть лимана, в апреле—мае колеблется от 15 до 50 тыс. $\text{м}^3 \cdot \text{сут}^{-1}$; начиная с июня обычно вода доходит до лимана только в виде подруслового стока.



Куяльницкий лиман среди водоемов Северного Причерноморья занимает особое место благодаря запасам лечебной грязи с уникальными бальнеологическими свойствами.

Гидрохимические исследования лимана проводились с ноября 2001 г. по октябрь 2002 г. В тот период соленость воды изменялась от 157,5 до 266,4 ‰ (табл. III. 1.27), возрастая от зимы к осени; минимальные значения зафиксированы в низовье, где находится самый опресненный участок водоема.

В воде лимана отмечено относительно низкое содержание растворенного кислорода. Это связано как с его низкой растворимостью при сверхвысокой солености воды, так и с незначительным количеством фитопланктона — его основного продуцента. Максимальное содержание кислорода (7,38 мг O · дм⁻³) было зафиксировано весной 2002 г. при температуре воды 10,5 °С и максимальной величине первичной продукции фитопланктона — 2,68 мг O · дм⁻³ · сут⁻¹. Минимальное содержание кислорода отмечалось в августе при температуре 31,4 °С и солености 227,1 ‰.

Анализ концентрации минеральных и органических форм фосфора показал, что минимальные ее значения были приурочены к весеннему перио-

ТАБЛИЦА III. 1.27. Гидрохимические показатели Куяльницкого лимана (2001—2002)

Ингредиент (мг × дм ⁻³), показатель	Зима	Весна	Лето	Осень
O ₂	<u>2,3 – 5,73</u> 5,25	<u>6,58 – 7,38</u> 6,98	<u>2,31 – 3,50</u> 2,91	<u>3,02 – 3,46</u> 3,53
PO ₄ ³⁻	<u>0,058 – 0,062</u> 0,054	<u>0,038 – 0,045</u> 0,041	<u>0,078 – 0,317</u> 0,198	<u>0,012 – 0,103</u> 0,050
P _{орг}	<u>0,182 – 0,232</u> 0,143	<u>0,032 – 0,040</u> 0,034	<u>0,015 – 0,067</u> 0,041	<u>0,003 – 0,061</u> 0,026
NH ₄ ⁺	<u>0,123 – 0,246</u> 0,254	<u>0,234 – 0,535</u> 0,385	<u>0,024 – 0,031</u> 0,028	<u>0,007 – 0,364</u> 0,081
NO ₂ ⁻	<u>0,009 – 0,010</u> 0,008	<u>0,002 – 0,009</u> 0,005	<u>0,003 – 0,011</u> 0,007	<u>0,004 – 0,007</u> 0,006
NO ₃ ⁻	<u>0,022 – 0,152</u> 0,106	<u>0,096 – 0,141</u> 0,119	<u>0,015 – 0,062</u> 0,032	<u>0,011 – 0,051</u> 0,022
N _{орг}	<u>3,45 – 17,00</u> 10,56	<u>4,38 – 7,47</u> 5,88	<u>2,90 – 11,71</u> 6,78	<u>2,10 – 6,57</u> 3,52
SiO ₃ ²⁻	<u>0,240 – 0,765</u> 0,754	<u>1,30 – 1,490</u> 1,400	<u>0,891 – 2,010</u> 1,520	<u>1,330 – 1,650</u> 1,510
ПО, мг O · дм ⁻³	<u>18,22 – 21,78</u> 21,0	<u>20,15 – 22,86</u> 21,52	<u>18,38 – 28,51</u> 24,17	<u>21,45 – 35,44</u> 25,94
Соленость, ‰	<u>178,9 – 187,5</u> 179,8	<u>168,9 – 183,9</u> 173,9	<u>189,1 – 265,0</u> 227,1	<u>157,5 – 266,4</u> 221,8

Примечание. Над чертой — диапазон, под чертой — среднее значение.

ду, максимальные фиксировались летом, при высокой температуре воды. Зимой основной формой был фосфор органический, его концентрация — показатель распада и деструкции органического вещества. В остальное время года отмечали низкую концентрацию органического фосфора, что обусловлено высокой скоростью оборачиваемости фосфора в водных экосистемах. Такая динамика соединений фосфора хорошо согласуется как с развитием фитопланктона и величиной его первичной продукции, так и с деструкционными процессами, протекающими в лимане.

Аммонийный азот — основная минеральная форма азота в Куяльницком лимане. Один из его источников в воде лимана — процессы жизнедеятельности *Artemia salina*. В период массового развития артемии, которое отмечали поздней осенью 2001 г., в местах ее скопления, содержание аммонийного азота достигало $0,364 \text{ мг} \cdot \text{дм}^3$. Высокие его концентрации, которые наблюдали в течение зимних и весенних месяцев, свидетельствуют об активной деструкции азотсодержащих органических веществ, несмотря на развитие фотосинтетических процессов. Снижение концентрации аммонийного азота летом и осенью обусловлено главным образом ухудшением условий минерализации органического вещества из-за резкого повышения солености и снижения насыщения вод лимана кислородом.

Сезонная изменчивость содержания азота органического в лимане аналогична изменениям, которые были отмечены для фосфора органического. В зимнее время это связано с деструкцией органического вещества, в весеннее — с его минерализацией, которая подтверждается увеличением содержания аммонийного азота и нитратов.

Одна из наиболее характерных особенностей современных гидрохимических условий лимана — высокое содержание органического вещества (табл. III. 1.27), возросшее в 4–6 раз по сравнению с периодом 1960–1970-х годов (Розенгургт, 1967). Это связано с повышением солености в лимане от 24–25 (1940–1950-е годы) до 100–200 ‰ и более в настоящее время и низкой степенью метаморфизации (превращения) органического вещества. Накопление органического вещества в воде лиманов с высокой минерализацией воды приводит к его седиментации и накоплению в донных отложениях, где происходят сложные биохимические процессы его превращения в лечебную грязь (Воскобойников, 1984).

Поровые воды донных отложений. Донные отложения как мощные запасы лечебной «грязи» оказывают воздействие на качество вод лимана. Анализ данных о содержании минеральных и органических веществ в поровой воде донных отложений лимана показал, что концентрации минерального и органического фосфора, минеральных соединений азота здесь на 1–2 порядка выше, чем в воде лимана; органического азота и растворенного органического вещества (по ПО, $\text{мг О} \cdot \text{дм}^3$) — выше в 2–3 раза (табл. III. 1.28).

Это свидетельствует об интенсивном накоплении и слабой минерализации органического вещества как в воде, так и в донных отложениях. Такая ситуация в целом типична для гиперсоленых водоемов, в которых превышение продукции над деструкцией ведет к накоплению автохтонного орга-



ТАБЛИЦА III. 1.28. Характеристика поровых вод донных отложений Куяльницкого лимана в 2002 г.

Ингредиент (мг · дм ⁻³), показатель	Диапазон Среднее значение	Ингредиент (мг · дм ⁻³), показатель	Диапазон Среднее значение
PO ₄ ³⁻	<u>0,3 – 6,6</u> 2,5	NO ₃	<u>1,0 – 3,7</u> 2,2
P _{орг}	<u>0,3 – 3,6</u> 1,5	N _{орг}	<u>4,6 – 7,8</u> 13,9
NH ₄ ⁺	<u>3,0 – 15,1</u> 7,39	SiO ₃ ²⁻	<u>5,1 – 12,6</u> 8,0
NO ₂	<u>0,02 – 0,10</u> 0,05	ПО, мг O · дм ⁻³	<u>38,4 – 125,2</u> 71,3

нического вещества (Основы курортологии, 1956). Содержания в поровой воде донных отложений Куяльницкого лимана органического вещества (в 2–4 раза), минеральных и органических соединений азота и фосфора (в среднем на порядок) превышают их содержания в других лиманах Северо-Западного Причерноморья.

Зимой 2002 г. средняя численность сапрофитных и кишечных бактерий в поверхностном слое воды лимана составляла соответственно 5500 и 124 кл. · мл⁻¹, в грунтах — 23 000 и 0 кл. · г⁻¹. Максимальное обилие автохтонных и аллохтонных бактерий приходилось на левобережную часть низовья лимана.

Осенью 2002 г. бактериальное загрязнение было выше, чем в январе, достигая возле с. Ковалевка 3200 кл. · мл⁻¹. В среднем количество БГКП в воде составило 1570 кл. · мл⁻¹, что в 12,5 раз выше зимнего значения. В донных отложениях БГКП, как и зимой, отсутствовали. Обилие сапрофитного бактериопланктона и бентоса осенью было ниже, чем зимой: для поверхностного слоя воды в среднем в 4,7 раза, для донных отложений — в 12,4 раза.

Исходя из полученных микробиологических данных, водоем можно охарактеризовать как мезотрофный а-олигосапробный, но с превышением нормы К-И в 157 раз.

В сезонной динамике первичной продукции фитопланктона лимана отмечено два пика — ранневесенний и летний, когда продукция составляет соответственно 2,68 и 1,89 мг O · дм⁻³ · сут⁻¹. В раннелетний и осенний периоды продукция невысока — 0,25–0,36 мг O · дм⁻³ · сут⁻¹. Вероятно, значительная часть регенерационной продукции микроводорослей создается за счет аммонийного азота, экскретируемого популяцией *A. salina*, которая образует здесь моноценоз. Вспышка первичной продукции наблюдается в ранневесенний период при высокой концентрации аммонийного азота и достигает минимума к концу весны — началу лета до его исчерпания.

Соотношение продукции и деструкции на протяжении года свидетельствует о том, что только к середине осени величина A/R становится мень-

ше единицы. На протяжении февраля—августа 2002 г. это соотношение составляло 1,47—2,33, в октябре снизилось до 0,34—0,90. Процессы продукции и деструкции в лимане не сбалансированы, что в условиях изолированности лимана приводит к накоплению органического вещества в воде (см. ч. I, гл. 3). Такая ситуация в целом типична для гиперсоленых водоемов: превышение продукции над деструкцией ведет к накоплению автотонного органического вещества, которое, оседая на дно, способствует формированию лечебных грязей (Основы курортологии, 1956; Щербак, Родкин, 1993; Литвиненко, Черняк, 2001).

В июле 2002 г. в поверхностном и придонном слоях лимана наблюдалось «цветение» воды, сформированное обитателем гиперсоленых вод зеленой водорослью *Dunaliella viridis* (9,4 млн кл. \cdot л⁻¹). Вместе с ней в придонном слое интенсивно развивался представитель диатомового планктона северо-западной части моря *Diatoma elongation* (320 тыс. кл. \cdot л⁻¹). «Цветение» воды в лимане, сформированное *A. salina* (1,6 млн кл. \cdot л⁻¹) и мелкими жгутиковыми водорослями (2,5 млн кл. \cdot л⁻¹), также зафиксировано в декабре 2003 г. (Прил. I, табл. III.1.2).

В лимане выделено 13 представителей микобиоты, 8 из них — наземные виды (Прил. I, табл. 1.1). На всех субстратах преобладали почвенные грибы, в воде и грунте — виды рода *Alternaria* с частотой встречаемости соответственно 53,2 и 63,4 %, на древесине — *Leptosphaeria* sp. и *Stachybotrys* sp. — 37,5 и 28,6 %.

В 2002 г. при изменении солености воды за весенне-летний период от 153 до 250 ‰ средняя плотность пропагул в воде возросла от 0,38 до 0,74 млн экз. \cdot м³, биомасса — с 14,40 до 17,30 мг \cdot м⁻³, длина гиф — с 4,67 до 13,76 м \cdot м⁻³. Плотность диаспор в донных отложениях увеличилась с 2,25 до 14,43 млн экз. \cdot м⁻², биомасса — с 280,67 до 678,5 мг \cdot м⁻², длина гиф — с 31,16 до 170,71 м \cdot м⁻³. Наибольшая заспоренность воды и грунта отмечены в районе с. Шевченко.

В 1946—1947 гг. при солености 24—25 ‰ были зарегистрированы 8 таксонов макрозообентоса, биомасса представителей которых на отдельных участках достигала 1800 г \cdot м⁻² (Гринбарт, 1950). После осолонения водоема в 1960-х годах до 70 ‰ и выше его донная фауна полностью вымерла. Исключение составили личинки хирономид. В 2000 г. при солености 192 ‰ из представителей макрозообентоса лимана встречены только личинки *Chironomus salinarius*. Их средняя численность была 150 экз. \cdot м⁻², биомасса — 0,2 г \cdot м⁻². Летом 2002 г. при солености 263 ‰ вид не обнаружен.

В лимане всегда присутствует представитель жаброногих раков артемия (*A. salina*). В природе артемия осваивает водоемы с высокой соленостью (свыше 100 ‰) и образует в них высокие концентрации. Из-за отсутствия в лимане хищных видов гидробионтов и в связи с высокой соленостью артемия не испытывает пресса хищников. В зимний период популяция артемий в лимане почти полностью вымирает, ее восстановление происходит в результате вылупления науплиев из перезимовавших цист. По результатам многолетних наблюдений первые науплии появляются в апреле, когда температура воды превышает 15 °С. В мае уловы состоят преимущественно из

самок и науплиев. На долю самцов приходится 3,2 %, самок — 44, науплиев — 52,8 %. Количество цист в толще воды при этом достигает 34 000 экз. • м⁻³. С июня по август количество самцов в популяции возрастает, а ее половая структура соотносится примерно, как 1:1. С августа по сентябрь численность обоих полов уменьшается, однако, судя по количеству науплиев в толще воды, размножение артемий продолжается еще и в октябре. В ноябре, в зависимости от погодных условий, размножение прекращается, а количество цист увеличивается (в некоторых случаях может превышать сотни тысяч штук в 1 м³). Таким образом, можно предположить, что весной и в начале лета популяция восстанавливается за счет диапаузирующих яиц, из которых выклеваются преимущественно самки, и размножение происходит партеногенетическим путем, с преобладанием живорождения. С повышением температуры воды и солености артемий размножаются половым путем.

Цисты, собранные в прибрежных выбросах, содержат много примесей: перья птиц, остатки водорослей и наземных растений, песок и другой мусор. Под микроскопом, как правило, наблюдается большое количество пустых и деформированных оболочек. У кромки берега летом при температуре воздуха 20—27 °С цисты пронизаны гифами грибов и быстро портятся, поэтому качество таких цист неудовлетворительное. В экспериментальных условиях выклев науплиев в летнее время не превышает 2—3 % высевных цист. Из цист, собранных осенью при условии очистки, максимальный выклев составлял 16 %, а из перезимовавших цист в конце марта увеличился до 42 %. Цисты, собранные из толщи воды, содержат значительно меньше примесей, при правильном хранении из них можно получить до 88 % науплиев.

На основании методики М.П. Воронова (1975), нами были определены запасы цист в Куяльницком лимане. В 2000 г. их общий запас составил 8400 кг, в том числе 7800 кг в толще воды и 600 кг в береговых выбросах.

В летне-осенней период 1977 г. в лимане изучали содержание липидов в яйцах и взрослых особях *A. salina*. Содержание липидов колебалось в яйцах от 0,83 % летом до 4,64 % на сырую массу осенью, у взрослых рачков — от 0,98 до 3,75 % соответственно (Kandiuk, Lisovskaya, Makarov, 1987).

1.4.7. Большой Аджалыкский (Дофиновский) лиман

Экосистема Дофиновского лимана, расположенного в 8 км к востоку от Одессы, в начале 1990-х годов была в кризисном состоянии. Отсутствие регулярной связи с морем на фоне заметного сокращения суммы годовых осадков и повышения летних температур воздуха активизировало процессы высыхания и осолонения водоема. К ноябрю 1993 г. площадь лимана сократилась на 27 %, соленость воды достигла 94 ‰ (Адобовский, 1996).

В 1997 г. начались работы по программе «Восстановление экологической системы лимана», в результате выполнения которых удалось в корне изменить гидрологический режим водоема. На начальном этапе для улуч-

шения водообмена периодически открывался канал на пересыпи лимана, а с июля 2002 г. действует гидроузел, соединяющий через трубопровод лиман с морем.

Объем водообмена через трубу зависит от разницы уровней между морем и лиманом и может достигать 100 тыс. м³ в сутки. Это позволяет регулировать водный и солевой режимы лимана, не допуская прорыва пересыпи и разрушения инженерных сооружений на ней во время катастрофических паводков, подобных тому, который произошел в феврале—марте 2003 г.

Размах колебаний уровня воды в лимане может достигать 120 см, температуры воды — от -2 до +32 °С, солености — от 2 до 30 ‰ в средней и южной частях лимана и до 70 ‰ — в мелководной северной части. В суровые зимы весь лиман покрывается льдом, толщина которого может достигать 50 см. В настоящее время это единственный соленый лиман, в котором осуществляется регулирование водно-солевого режима.

Ретроспективный анализ качества водной среды за 1990—1991 гг. свидетельствует о низких содержаниях в лимане (в мг · дм⁻³) фосфатов (0,034—0,155) и нитритов (0,013—0,020), высоких — азота аммонийного (0,50—2,50), нитратов (1,15—230,0) и фосфора органического (0,353—0,586). Такие концентрации не характерны для причерноморских лиманов закрытого типа. Исследования 1996 г. показали различия в гидрохимических условиях северной и южной частей лимана — продукционные процессы интенсивнее протекали в его южной части. Например, содержание растворенного кислорода в южной части (4,55—5,74 мг О₂ · дм⁻³), насыщение воды кислородом (66,7—86,5 ‰), величина рН (8,18—8,20) были выше, чем в северной (2,80—4,41 мг О₂ · дм⁻³, 40—60 ‰, рН 7,89—8,04 соответственно). Концентрации биогенных веществ (в мг · дм⁻³) — фосфатов (0,011—0,049 в северной и 0,018—0,042 в южной частях), азота аммонийного (0,112—0,382 и 0,269—0,330 соответственно), нитритов (0,007—0,020 и 0,002—0,115), нитратов (0,023—0,070 и 0,039—0,060), кремния (0,425—0,550 и 0,180—0,250) — также указывают на активное развитие продукционных процессов в южной части лимана. Здесь фиксировались максимальные содержания азота органического (0,595 мг · дм⁻³) и низкие концентрации кремния. Для вод всего лимана отмечен высокий уровень органических и взвешенных веществ (ВВ): БПК₅ — от 3,10 до 7,00 мг О₂ · дм⁻³, ПО — от 49,0 до 93,7 мг О · м⁻³, ВВ — от 93,3 до 281,0 мг · дм⁻³. Высокие значения ВВ были связаны как с развитием микроводорослей, так и со взмучиванием донных отложений.

В январе 2002 г., после строительства гидроузла, значительно увеличился предел колебаний содержания кислорода — 9,6—14,2 мг · дм⁻³ при насыщении 91—135%, в марте — 8,5—10,0 мг · дм⁻³ при насыщении 85—90 ‰, в июле — 3,95—7,90 мг · дм⁻³ при насыщении 57—118 ‰. Сезонные изменения абсолютных значений содержания кислорода и его насыщения связаны как с увеличением температуры, так и с развитием продукционно-деструкционных процессов в воде лимана. Содержание биогенных и органических веществ в лимане значительно изменилось (табл. III. 1.29).

ТАБЛИЦА III. 129. Гидрохимические показатели Большого Аджалыкского лимана в 2002 г.

Ингредиент (мг · дм ⁻³), показатель	Зима	Весна	Лето
PO ₄ ³⁻	<u>0,088 – 0,261</u> 0,154	<u>0,051 – 0,101</u> 0,060	<u>0,088 – 1,560</u> 0,492
P _{орг}	<u>0,078 – 0,120</u> 0,104	<u>0,104 – 0,193</u> 0,078	<u>0,024 – 0,128</u> 0,061
NH ₄ ⁺	<u>0,003 – 0,074</u> 0,024	<u>0,046 – 0,180</u> 0,078	<u>0,015 – 0,154</u> 0,049
NO ₂	<u>0,064 – 0,126</u> 0,108	<u>0,003 – 0,012</u> 0,008	<u>0,002 – 0,031</u> 0,011
NO ₃	<u>0,105 – 0,695</u> 0,384	<u>0,006 – 0,014</u> 0,012	<u>0,003 – 0,172</u> 0,029
N _{орг}	<u>4,037 – 8,821</u> 5,76	<u>0,909 – 4,309</u> 2,54	<u>1,188 – 4,235</u> 3,000
Si	<u>2,48 – 3,586</u> 2,97	<u>1,474 – 1,824</u> 1,620	<u>2,10 – 2,56</u> 2,26
ПО, мг O · дм ⁻³	<u>10,93 – 12,83</u> 12,12	<u>6,67 – 10,10</u> 8,24	<u>5,38 – 17,0</u> 13,4

Примечание. Над чертой — диапазон, под чертой — среднее значение.

Отмечен рост содержаний фосфатов, фосфора и азота органического, снижение, в зависимости от сезона, концентраций аммонийного азота, нитратов, трудноминерализуемых (по ПО) органических веществ.

Лиман относится к эвтрофным водоемам. Преобладающая форма органического вещества — легкоокисляемая (по БПК₅). Содержание его значительно возросло — 4,0—10,0 мг O₂ · дм⁻³, максимум отмечен зимой. Другой показатель высокой трофности вод — преобладание органического азота над его минеральными формами.

Поровые воды донных отложений. Содержат значительный запас биогенных и органических веществ, концентрации которых в десятки раз превосходят таковые в водной толще (табл. III.30).

Вследствие мелководности лимана и ветрового взмучивания донные отложения служат постоянным поставщиком биогенных и органических веществ в водную толщу, играют важную роль в развитии продукционных процессов. Быстрое поступление биогенных веществ из донных отложений в воду провоцирует «цветение» воды, накопление органических веществ, особенно в летний период, приводит к ухудшению кислородных условий лимана,

В марте 2002 г. наибольшая численность сапрофитных и кишечных бактерий была зафиксирована в Александровском пруде и в месте его выхода в лиман (10 000 и 9000 кл. · мл⁻¹). Наиболее загрязнены донные отложения в южной части лимана (18 800 кл. · мл⁻¹). У выхода из Александровского пруда и напротив Вапнярки БГКП в грунте отсутствовали.

В июне 2002 г. на береговых станциях лимана обилие сапрофитных бактерий в воде и грунтах было ниже, чем в открытой акватории, а БГКП, наоборот, выше. Относительно более высокая численность сапрофитов наблюдалась на левобережье, а БГКП — на правобережье.

Оценка эколого-санитарного состояния лимана по микробиологическим показателям характеризует его как эвтрофный, (3-мезосапробный район с превышением нормы К-И в среднем в 55 раз.

В период исследований 1999—2003 гг. концентрация хлорофилла «а» в поверхностном слое лимана колебалась от 0,50 до 25,3, среднегодовая величина — 9,60 мг · м⁻³. Высокие концентрации фотосинтетических пигментов характерны для всех исследуемых сезонов года. Максимальные концентрации хлорофилла «а» отмечаются в поздневесенний и летний периоды.

В 1996 и 2002 гг. в составе фитопланктона лимана найдено 38 видов и внутривидовых таксонов (Прил. I, табл. III.1.2), представленных в основном пресноводным и пресноводно-соленоводным комплексом. Основу видового разнообразия создавали диатомовые водоросли (16 видов и внутривидовых таксонов), далее следовали динофитовые (7), синезеленые (4), зеленые (7), эвгленовые (2), криптофитовые (2), золотистые (1) и примнезиофитовые (1). Среди диатомовых обнаружены как типично морские виды (*Skeletonema costatum*), так и пресноводные (*Navicula minima*). Динофитовые водоросли были представлены *Gymnodinium simplex*, зеленые — *Monoraphidium arcuatum*, синезеленые — *Oscillatiria kisselevi* и эвгленовые — *Eutreptia lanovii*.

В ноябре 1996 г. в лимане наблюдалось «цветение» воды, сформированное массовыми видами фитопланктона СЗЧМ: *S. costatum* (52,5 млн кл. · л⁻¹), *Cyclotella caspia* (94,7 млн кл. · л⁻¹), *Nitzschia closterium* (28,9 млн кл. · л⁻¹) (Нестерова, 2001).

Пространственное развитие фитопланктона в разные периоды наблюдений было неодинаковым. В ноябре 1996 г. численность (71 400—627 300 млн кл. · м³) и биомасса (41 000—264 700 мг · м⁻³) на большей части лимана распределялись равномерно, сокращаясь в срединной части и возрастая в устье-

ТАБЛИЦА III. 1.30. Характеристика поровых вод донных отложений Большого Аджалыкского лимана летом 2002 г.

Ингредиент (мг · дм ⁻³), показатель	Диапазон Среднее значение	Ингредиент (мг · дм ⁻³), показатель	Диапазон Среднее значение
PO ₄ ³⁻	0,310 – 0,664 0,446	NO ₃	0,031 – 0,914 0,233
P _{орг}	0,048 – 0,457 0,218	N _{орг}	8,046 – 13,740 8,722
NH ₄ ⁺	1,043 – 2,882 1,780	Si	4,421 – 8,771 5,803
NO ₂	0,004 – 0,030 0,013	ПО, мг О · дм ⁻³	19,32 – 32,76 27,42

вой. В июле 2002 г., когда размах колебаний численности ($58,2\text{--}669,6$ млн кл. $\cdot \text{м}^{-3}$) и биомассы ($23,5\text{--}1019,7$ мг $\cdot \text{м}^{-3}$) сократился, интенсивное развитие фитопланктона отмечалось в центральной части.

В июле 2002 г. показатели численности ($392,8$ млн кл. $\cdot \text{м}^{-3}$) и биомассы ($575,2$ мг $\cdot \text{м}^{-3}$) значительно уменьшились по сравнению с ноябрем 1996 г. (соответственно $207,3$ млрд кл. $\cdot \text{м}^{-3}$ и $99\,500$ мг $\cdot \text{м}^{-3}$). Концентрация фитопланктона зафиксирована в центральной части лимана. Интенсивность его развития в Александровском пруду по сравнению с лиманом уменьшалась (Нестерова, 2001).

Качественный состав инфузорий планктона лимана (апрель—май 2002 г., низовье) был представлен 15 видами, свойственными СЗЧМ (Прил. I, табл. III.1.3). В настоящее время список видов пополняется. Вследствие мелководности водоема значительная часть найденных форм свойственна бентосу и обрастаниям (*Lacrymaria pupula*, *Lacrymaria* sp., *Cyclidium* spp., *Euplotoides patella*, *Euplotopsis elegans*). Доминировали мелкие формы — *Strombidium vestitum*, *Cyclidium* spp. Численность и биомасса инфузорий составляли соответственно $34,2\text{--}86,7$ ($60,45 \pm 26,25$) млн экз. $\cdot \text{м}^{-3}$ и $369,5\text{--}389,0$ ($379,25 \pm 9,75$) мг $\cdot \text{м}^{-3}$, среднесуточная продукция — $340,2\text{--}235,8$ ($288,0 \pm 52,2$) мг $\cdot \text{м}^{-3} \cdot \text{сут}^{-1}$, что сравнимо с величинами, отмечавшимися в то же время в планктоне СЗЧМ.

В 1960-х годах в зоопланктоне лимана было обнаружено, включая временные и случайные компоненты, 30 видов беспозвоночных (Стаخورская, 1970). В связи с нерегулярной, временной, связью лимана с морем качественный состав и количественные характеристики зоопланктона резко менялись на протяжении всего периода исследований, что наблюдалось для всех лиманов этой группы. Иногда массовое развитие получали кладоцера *Moina microphtalma* (*M. monholica*) — типичный обитатель континентальных солоноватоводных водоемов с соленостью до 12 ‰ (встречается и в мелких, почти пресных, солоноватых и соленых водоемах) и копепода *Acartia clausi* — морская широкоэвригалинная форма, а также личинки спионид, баянусов и моллюсков. Более высокое развитие планктона отмечалось в годы с повышенным материковым стоком. Наибольших показателей биомасса зоопланктона достигала в 1964—1965 гг. — $686,3$ мг $\cdot \text{м}^{-3}$ при колебаниях от $11583,6$ (1964) до $1428,7$ мг $\cdot \text{м}^{-3}$ (1965). Очень слабое его развитие зафиксировано в 1966—1967 гг., биомасса изменялась от $5,6$ до $31,7$ мг $\cdot \text{м}^{-3}$.

В 1990-х годах на развитие зоопланктона иногда сильно влияли нестандартные ситуации. Так, осенью 1996 г. в лиман поступило большое количество промышленно-хозяйственных стоков завода «Центролит» и из водоема, предназначенного для накопления вод Юженского промузла, которые прошли транзитом через Александровский пруд. Вследствие этого в лимане произошло сильное распреснение, что отрицательно сказалось на общем развитии зоопланктона: в структуре сообщества было встречено только 9 таксонов, средняя численность составляла $66\,076$ экз. $\cdot \text{м}^{-3}$ при биомассе $56,15$ мг $\cdot \text{м}^{-3}$; численность солоноватоводных синхет достигала 99 %, их биомасса — 93 %, представители морского комплекса отсутствовали.

В летний период 2002 г., после строительства гидроузла, структура сообщества значительно обогатилась: было выявлено более 40 таксонов

(Прил. I, табл. III.1.4). Основу структуры составляли веслоногие и коловратки. Впервые были обнаружены оба вида гребневиков — *Mnemiopsis leidyi* и *Beroe ovata* — вселенцев в бассейн Черного моря, каспийский реликт *Calanipeda aquae-dulcis*, коловратки *Brachionus angularis*, *Filinia longiseta*, *Keratella cochlearis*, *Polyarthra* sp., а также новый для Черного моря вид веслоногих — *Acartia tonsa* Dana, 1849 (см. ч. II, гл. 5). В то же время в структуре сообщества отсутствовали ветвистоусые, входившие в 1960-х годах в число массовых, а также указывавшиеся впервые для водоема в 1996 г. *Chyclus sphaericus*, *Daphnia longispina* и *D. pulex*. Кроме того, из структуры в 2002 г. выпали веслоногие *Diaptomus gracilis*, *Cyclops vicinus* и *C. strenuus*. С увеличением качественного обилия зоопланктона, произошедшего на фоне исчезновения некоторых видов, возросли также его количественные показатели. Средняя численность зоопланктона с учетом гребневиков летом 2002 г. составляла 170 010 экз. \cdot м⁻³, а биомасса — 3562,702 мг \cdot м⁻³ (табл. III.1.31), что существенно выше, чем максимальные значения в 1960-х годах. Эти величины близки к таковым в Хаджибейском лимане и обычно характерны для эвтрофных водоемов. Наибольшего развития достигали веслоногие (94,4 % по численности и 72 % по биомассе), среди которых доминировала акарция (90,6 % по численности и 71,5 % по биомассе). Неретический вид *A. tonsa* составлял более 50 %. Вся популяция акарции имела такое соотношение возрастных групп: науплии — 48 890, копеподиты — 43 164, взрослые особи — 62 085 экз. \cdot м⁻³.

Развитие зоопланктона на акватории лимана было неравномерным (табл. II.1.1.32), что обусловлено еще не стабилизировавшимися условиями среды и некоторыми биотическими факторами. В июле самые высокие показатели численности и биомассы наблюдались в южной части лимана, а самые низкие — в северной. Пресноводный комплекс был оттеснен в центральную часть водоема и как бы «зажат» с обеих сторон представителями солоноватоводного и морского комплексов. Здесь же отмечалось и наибольшее количество таксонов — 21. Иная ситуация наблюдалась в августе, когда в южной и центральной частях получил развитие *Mnemiopsis*, пресс которого оказал существенное влияние на численность и, соответственно, био-

ТАБЛИЦА III. 1.31. Численность (N , экз. \cdot м⁻³) и биомасса (B , мг \cdot м⁻³) зоопланктона Большого Аджалыкского лимана в летний период 2002 г.

Основная группа	Июль		Август		В среднем	
	N	B	N	B	N	B
Rotatoria	500	0,192	0	0	250	0,096
Соперода	231 040	2491,154	90 146	2661,600	160 593	2576,377
Меропланктон	17 276	54,132	620	3,733	8948	28,932
Mnemiopsis	0	0	75	1906,100	37	953,050
Beroe	0	0	5	1,260	2	0,630
Varia	356	7,211	5	0,024	180	3,617
Общий зоопланктон	249 172	2552,689	90 851	4572,717	170 010	3562,702
Без гребневиков	249 172	2552,689	90 771	2665,357	169 971	2609,022

ТАБЛИЦА III. 1.32. Численность (N , экз. \cdot м⁻³) и биомасса (B , мг \cdot м⁻³) зоопланктона на разных участках Большого Аджалыкского лимана летом 2002 г.

Основная группа	Северная часть		Центральная часть		Южная часть	
	N	B	N	B	N	B
<i>Июль</i>						
Rotatoria	0	0	1250	0,483	0	0
Copepoda	38560	182,288	198670	3049,965	359650	3086,714
Меропланктон	3200	12,960	520	2,280	41070	196,170
Varia	320	7,040	120	3,918	610	10,691
Общий зоопланктон	42080	202,288	200560	3056,646	401330	3293,575
<i>Август</i>						
Copepoda	224865	6640,246	10	0,310	1000	29,830
Меропланктон	1545	9,242	0	0	2	0,200
Mnemiopsis	0	0	136	3615,170	103	2300,000
Ветрое	0	0	10	2,870	3	0,580
Varia	9	0,049	0	0	0	0
Общий зоопланктон	226419	6449,537	156	3618,350	1108	2330,610
Без гребневиков	226419	6449,537	10	0,310	1002	30,030

массу остальных представителей сообщества этих акваторий. Общая численность зоопланктона в южной части сократилась в 400 раз, а в центральной — более чем в 20 тыс. раз. Здесь же было низким качественное разнообразие. При отсутствии гребневика в северной части лимана отмечалось наибольшее качественное обилие и довольно высокие численность и биомасса.

Формирование современной структуры сообщества зоопланктона лимана, его развитие и распределение по акватории в значительной мере, как и других лиманов этой группы, зависит от водообмена с морем и качества поступающей воды, материкового стока, а также поступления хозяйственно-бытовых вод (особенно залповых) и развития фитопланктона.

Список микобиоты лимана включает в себя 22 вида, 11 из которых — факультативно морские (Прил. I, табл. III.1.1). В воде обнаружено 8, в грунтах и на древесине — по 9 видов, общими для всех субстратов были 6 видов. В воде и грунте преобладали почвенные грибы рода *Alternaria* с частотой встречаемости соответственно 27,1 и 23,7 %, на древесине — морские грибы *C. maritima* и *Halosphaeriopsis mediosetigera* с частотой встречаемости 18 и 15 %. Летом 2002 г. в воде береговой зоны плотность диаспор в среднем составляла 8,2 млн экз. \cdot м⁻³, биомасса — 3456 мг \cdot м⁻³, длина мицелия — 65,7 м \cdot м⁻³. В поверхностном слое воды глубоководной части численность пропагул была в 3,5 раза ниже, чем у берега, биомасса — в 16,5, длина гиф — в 1,6 раза. В воде максимальная плотность конидий видов рода *Alternaria* составляла 1,2 млн экз. \cdot м⁻³, биомасса — 1584,00 мг \cdot м⁻³. В прибрежном песке средняя плотность пропагул грибов — 3,03 млн экз. \cdot м⁻², биомасса — 2548 мг \cdot м⁻², длина гиф — 48,8 м \cdot м⁻². В грунте максимальная

численность конидий видов рода *Alternaria* — 0,75 млн экз. $\cdot \text{м}^{-2}$, биомасса — 990 мг $\cdot \text{м}^{-2}$.

В лимане отмечен 21 вид многоклеточных водорослей (Прил. I, табл. III. 1.2): Chlorophyta — 11 видов, Rhodophyta — 3, Phaeophyta — 1, Cyanophyta — 3, а также цветковый макрофит — *Potamogeton pectinatus*, доминирующий на мягких грунтах. Структурно-функциональная организация сообществ донной растительности водоема отличается высокой динамичностью и в значительной степени зависит от климатических условий года и особенностей гидрологического менеджмента, используемого в лимане для рыбохозяйственных целей. Нестандартные климатические условия зимы 2002—2003 гг., которые привели к образованию поверхностного стока, в несколько раз превышающего средний многолетний уровень, вызвали бурное развитие в лимане мелкоразветвленных, высокофункциональных видов: *Cladophora laetevirens* (Dillw.) Kiitz. (удельная поверхность 111,69 м² кг⁻¹), *Ulothrix tenuissima* Kiitz. (174,00 м² \cdot кг⁻¹), *Stygeoclonium attenuatum* (263,11 м² \cdot кг⁻¹), *Spirogira mirabilis* (1454,00 м² \cdot кг⁻¹). В 2004 г. доминантом растительных сообществ лимана стал цветковый макрофит рдест гребенчатый — *P. pectinatus* (9,1 м² \cdot кг⁻¹), проективное покрытие которого на большей части лимана составило 80—100 % при средней биомассе 2069 + 164 г \cdot м⁻². Скопления зеленых и красных водорослей из родов ульва, энтероморфа, кладофора, церамиум и полисифония встречались лишь в кутовых частях лимана, не образуя эпифитного обрастания на рдесте. В мае 2004 г. индекс фотосинтезирующей поверхности, развивающейся на 1 м² дна лимана, в местах скопления нитчатых водорослей мог превышать 100 ед., индекс поверхности сообществ рдеста снизился в среднем до 20—30 ед., что свидетельствует об общем снижении трофического статуса лиманной экосистемы в специфических условиях 2004 г.

Первые сведения о мейобентосе Дофиновского лимана были получены в конце 1990-х годов (Торгонская, 2001). Автором обнаружены представители 6 таксонов: Foraminifera, Nematoda, Harpacticoida, Ostracoda, Olygochaeta и Polychaeta; наиболее интересным был тот факт, что и по плотности поселений, и по биомассе доминировали остракоды. По данным съемок 2002—2003 гг., обнаружены представители 9 групп. Наиболее разнообразным был мейобентос в июле 2002 г. По численности преобладали нематоды и гарпактикоиды. Последние представлены следующими видами: *Canuella* sp., *Enhydrosoma gariene*, *Microarthridion fallax*, *Schizopera* (Sch.) *compacta*, *Tisbe bulbisetosa*, среди которых повсеместно обнаружен лишь *Canuella* sp. Необходимо отметить резкое снижение численности остракод. Плотность их поселений в 2002 г. варьировала от 2500 до 162 500, в 2003 г. — от 0 до 73 000 экз. $\cdot \text{м}^{-2}$. В отличие от СЗЧМ, в акватории лимана плотность поселений фораминифер невелика, их встречаемость не достигает 100 %. Показатели численности варьируют от 0 до 12 000 экз. $\cdot \text{м}^{-2}$.

Мейобентос Дофиновского лимана отличается от мейобентоса многих лиманов Северного Причерноморья высокой биомассой. В июле 2003 г. она была максимальной — в среднем 14 200 мг $\cdot \text{м}^{-2}$. Столь высокий показатель связан с развитием ракообразных и временного компонента мейо-

бентоса (псевдомейобентоса) — предпочитаемых кормовых объектов для личинок и молоди рыб. Это особенно важно, так как в последние годы лиман активно используется в рыбохозяйственном аспекте.

Для оценки экологического состояния экосистемы лимана были проанализированы коэффициенты нематодно-гарпактикоидного соотношения (N/H) и соотношения общей численности и общей биомассы ($yV_{\text{общ}}/Z_{\text{общ}}$) мейобентосных организмов. В мае—июле эти коэффициенты относительно низки: N/H колеблется от 0,009 до 1,38 (в среднем — 0,45), $N_{\text{обд}}/B_{\text{обд}}$ — от 34,8 до 64,5 (в среднем — 54,3), что может свидетельствовать об удовлетворительном состоянии экосистемы лимана в исследованные периоды.

Обычно к концу лета и началу осени в водоемах накапливается органическое вещество различного происхождения, в связи с чем ухудшается кислородный режим. Мейобентосные параметры показывают, что именно такая ситуация складывается в Дофиновском лимане в октябре—ноябре. Коэффициент N/H резко возрастает (в среднем — 280,3), $L_{\text{общ}}/5_{\text{общ}}$ варьирует от 102 до 1325 (в среднем — 389,1). Это высокие показатели по сравнению с другими лиманами.

В 1952—1962 гг. в лимане были зарегистрированы 28 форм макробентоса, доминировали двустворчатые моллюски (*Abra ovata*, *Cerastoderma glaucum*). Несмотря на сравнительно высокую среднюю биомассу донной фауны ($132,0 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$) и наличие 11 видов рыб, рыбохозяйственное значение водоема было незначительным (Гринбарт, 1957).

В 1999—2003 гг. был обнаружен 21 таксон донной макрофауны: червей — 6; ракообразных — 9; моллюсков — 4; прочих — 2 (Прил. I, табл. III.1.7). В 1999 г. средняя биомасса составляла $249,7 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$ (Синегуб, 2000), в 2002 г. — $959,3$ (Синегуб и др., 2002), в 2003 г. — $382,8 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$.

В 1999 г. по биомассе (58,2 %) доминировала полихета *Hediste (Nereis) diversicolor*. В 2002—2003 гг., после того как лиман получил искусственно регулируемое сообщество с морем и стал зарыбляться, биомасса вида резко снизилась (до 1,2—4,5 %), что, возможно, объясняется выеданием рыбами. В 2002 и 2003 гг. по биомассе (соответственно 94,4 и 84,8 %) лидировала *A. ovata*. Ее средняя численность в те годы была практически одинаковой (5015 и $5506 \text{ экз.} \cdot \text{м}^{-2}$). В 2003 г. в составе популяции преобладали более мелкие особи, в соответствии с этим средняя биомасса вида уменьшилась с $905,8$ до $324,4 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$, что, в свою очередь, сказалось на снижении общей биомассы бентоса.

Запасы донной макрофауны лимана в 1999 г. оценены в 1373 т, в 2002 г. — 5276, в 2003 г. — 2105 т. По качественному и размерному составу, степени доступности бентосоядным рыбам практически весь макрозообентос водоема относится к кормовому. По наблюдениям 2003 г. в Дофиновском лимане отмечен всего один вид десятиногих ракообразных — *Palaemon elegans*.

В 1997 г. фермерское хозяйство «Восход» приступило к осуществлению программы по восстановлению экологической системы и последующего рыбохозяйственного использования Дофиновского лимана. До зарегулирования лимана и придания ему в 2000 г. статуса специального товарного рыбного хозяйства (СТРХ) фауна в нем почти отсутствовала. После рекон-

струкции в 1997 г. в лиман были вселены креветки *P. adspersus*. В том же году популяция креветок достигла максимальной численности, и их успешно использовали в промысловых целях (см. ч. IV, гл. 2). Однако в последующие годы произошла сукцессия: *P. adspersus* была замещена *P. elegans*, которую фермерское хозяйство «Восход» успешно вылавливает в коммерческих целях. По всей вероятности, популяция *P. adspersus* погибла зимой 1999 г. вследствие промерзания толщи воды и отрицательных температур в придонном горизонте. Креветки *P. elegans* под ледяным покровом зарываются в ил и успешно переносят зиму, образуя стойкую популяцию.

Из других видов высших ракообразных в начале лета с 1998 по 2003 г. вдоль кромки берега скапливается *Gammarus insensibilis*. Граница его обитания — прибрежная полоса шириной до 50 м. Средняя численность гаммарид в июле составила 39,4 экз. • м⁻². Обычно во второй половине лета их численность постепенно уменьшается, а в сентябре и позже они не обнаруживаются за пределами канала.

Состав ихтиофауны лимана в основном формируется видами, заходящими из моря. В 1960-х годах в лимане было отмечено 11 видов рыб. Промысловое значение имели кефали, камбала глосса, несколько видов бычков и атерина (Гринбарт, 1960). В 1970—1990 гг. лиман практически утратил связь с морем. Из представителей ихтиофауны здесь встречались только некоторые виды бычковых и морские иглы. Промышленный лов в тот период не проводился.

В 1998—2000 гг. наблюдались массовые миграции рыб (атерина, пиленгас, черноморские кефали) через канал. В лимане снова стали периодически появляться глосса, несколько видов бычков. В 1999 г. в водоеме была отмечена их зимовка. В последние годы здесь нерестятся бычки кругляк (*Neogobius melanostomus* Pall), песочник (*Neogobius fluviatilis* Pall.), зеленчак (*Gobius Ophiocephalus*), цуцик (*Proterorhinus marmoratus* Pall), непосредственно в канале — черный бычок (*Gobius niger* Linne).

В июле 2002 г. основными видами, нагуливавшимися в лимане, были азово-черноморские кефали (сингиль (90 %), лобан и остронос), бычки (черный, песочник, *G. paganellus*, зеленчак), хамса (*Engraulis encrasicolus ponticus* Aleks) и пиленгас. Единично встречался морской язык (*Solea lascaris nasuta* Pallas). Наиболее массовым по численности из бычков был *G. niger* (39 %), гонец составлял 24 %, паганеллюс — 23, зеленчак — 13 %.

После длительного перерыва в 2002 г. в лимане как в рыбохозяйственном водоеме был зарегистрирован рекордно высокий для данного водоема улов — 16,6 т; доминировали атерина (5,7 т), хамса (5,5 т) и черноморские кефали (2,2 т).

Усовершенствование системы водообмена фермерским хозяйством «Восход» позволило практически решить проблему полного осеннего облова черноморских кефалей. Это очень важно для успешного ведения лиманного кефалеводства, так как из большинства водоемов значительная часть стада черноморских кефалей, заходящих в лиманы весной для нагула, не может по тем или иным причинам выйти в море и погибает при снижении температуры воды до 3—4 °С.

Вылов в 2003 г. увеличился до 31 т, доминировали атерина (14 т), сингиль (7,6 т), бычки (4,3 т), хамса (4,3 т). Следует отметить, что количество кефали, выловленной в Дофиновском лимане в 2003 г., больше, чем в остальных водоемах Одесской области, вместе взятых.

Состояние ихтиоценоза в данном случае свидетельствует о том, что функционирование Дофиновского лимана в режиме специализированного товарного рыбного хозяйства может быть примером положительного антропогенного влияния на водоем полузакрытого типа.

1.5. Сравнительная характеристика реакций на антропогенное воздействие

Важной особенностью антропогенного использования приморских водоемов, в том числе и лиманов Северо-Западного Причерноморья, является сочетание хозяйственной ценности и экологической ранимости водных экосистем. С одной стороны, краевые экосистемы лиманов расположены глубоко внутри суши и фактически слиты с наиболее антропогенно нагруженными прибрежными биотопами, что делает их чрезвычайно привлекательными для использования в качестве транспортных зон (порты), биологических (рыбное хозяйство, марикультура) и природных (рекреация) ресурсов. С другой стороны, в отличие от открытых морских экосистем, лиманы характеризуются значительно меньшей возможностью ассимилировать различные виды антропогенного воздействия в силу ограниченности размеров, затрудненности водообмена, повышенной скорости экологических процессов и связанной с этим упрощенной биологической структурой, имеющей меньшую степень устойчивости.

Поэтому подход к оценке реакций приморских водоемов на антропогенное воздействие и особенно принципы менеджмента и охраны лиманных экосистем должны строиться на особой методологии, учитывающей не только степень внешнего воздействия на водоем, но и его природный потенциал устойчивости. В анализе исторического состояния и современных характеристик различных гидролого-гидрохимических и биологических составляющих семи лиманов Северо-Западного Причерноморья (подразд. 1.4.1 — 1.4.7) был использован принцип «активности среды» водоема, отражающий интенсивность протекания в нем физико-химических процессов и количественно измеряемый с помощью отношения объема водоема к площади водного зеркала — V/S (см. табл. III. 1.2). Исходя из данного принципа, рассмотренные лиманы можно разделить на следующие морфометрические группы:

- первая, V/S около 10 м^{-1} — Тилигульский, Малый Аджалыкский (Григорьевский), Сухой;
- вторая, $V/S = 5 \text{ м}^{-1}$ — Хаджибейский;
- третья, $V/S \sim 1 \text{ м}^{-1}$ — Будакский, Куяльницкий, Большой Аджалыкский (Дофиновский). Очевидно, что в силу такой морфометрической разницы, которая отражает различие в размере и глубине водоемов, будет наблюдаться различие и в интенсивности экологических процессов, непосредственно зависящих от температуры, освещенности, скорости накопления ав-

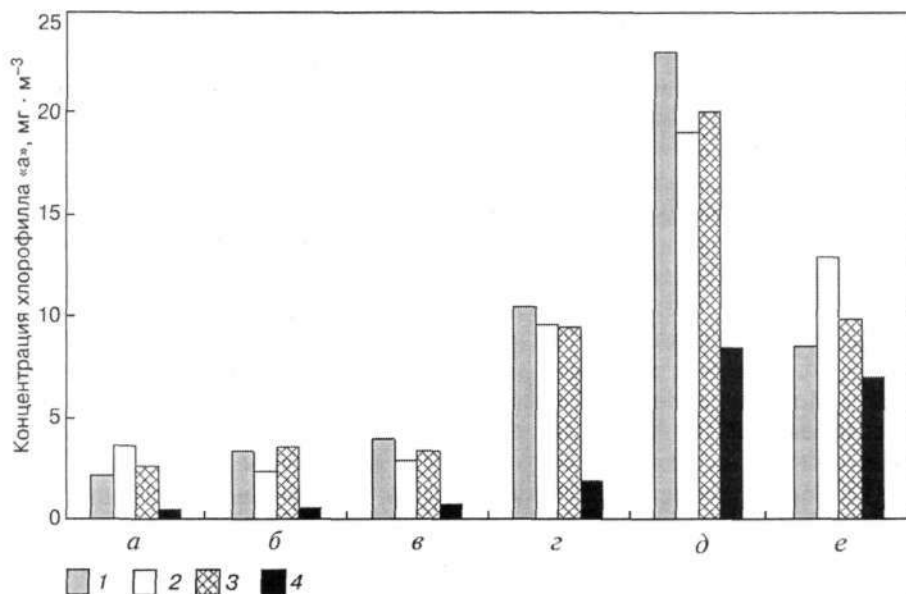


РИС. III.1.3. Среднегодовые значения концентрации хлорофилла «а» в фитопланктоне. Лиманы: а — Тидигульский, б — Малый Аджалыкский, в — Сухой, г — Хаджибейский, д — Будакский, е — Большой Аджалыкский; 1 — весна, 2 — лето, 3 — осень, 4 — зима

тохтонного органического вещества. Закономерно, что среднегодовые показатели концентрации хлорофилла «а» в фитопланктоне лиманов, отражающие интенсивность функционирования автотрофного звена, в мелководных высокопродуктивных лиманах третьей группы в среднем в 5 раз превышают аналогичные параметры лиманов первой группы (рис. III. 1.3).

Так как скорость образования и трансформации вещества в водоемах тесно связана с организацией биологического компонента, наблюдаются существенные различия в структуре сообществ фитопланктона. По мере увеличения интенсивности автотрофного процесса в мелководных лиманах с V/Sx 1 м^{-1} резко сокращается флористическое разнообразие. Количество планктонных водорослей в лиманах первой группы в среднем составляет около 150 видов, в Хаджибейском — 70 видов, а в мелководных лиманах третьей группы биоразнообразие фитопланктона в среднем насчитывает лишь несколько десятков видов (табл. III. 1.33). По мере сокращения биоразнообразия планктонной растительности увеличивается плотность сообществ. Разница в численности фитопланктона между лиманами первой и второй групп (V/S 10 и 5 м^{-1}) составляет один порядок величин, для третьей группы ($V/S \sim 1 \text{ м}^{-1}$) этот разрыв увеличивается на 3–4 порядка.

Аналогичная закономерность сокращения биологического разнообразия по мере увеличения «активности среды» водоемов наблюдается и для сообществ зоопланктона. В лиманах первой морфологической группы количество видов различных систематических групп в среднем составляет около 50. В Хаджибейском лимане зафиксировано 18 видов. Вследствие высо-



ТАБЛИЦА III. 1.33. Сравнительная характеристика сообществ фитопланктона в лиманах Северо-Западного Причерноморья

Лиман	Количество видов	Численность, кл. · м ⁻³			Биомасса, мг · м ⁻³		
		максимальная	минимальная	средняя	максимальная	минимальная	средняя
Тилигульский	135	23 165,2	637,6	6832,3	3412,08	1379,06	2183,41
Малый Аджалыкский (Григорьевский)	235	3903,0	741,0	2322,0	34 600,0	2500,0	1855,0
Сухой	123	4581,2	79,1	1885,0	20 078,2	636,25	7973,04
Хаджибейский	70	70 111,6	12 155,0	32 538,4	95 201,7	16 996,8	51 918,4
Будакский	58	16 · 10 ⁹	0,3	159 · 10 ⁹	8663,5	480,0	4361,2
Куяльницкий	3	9,4	0,3	4,1	714,7	96,0	405,3
Большой Аджалыкский (Дофиновский)	38	70 111,6	58,2	207 300,0	264 700,0	23,5	99 500,0

кой солености зоопланктон Куяльницкого лимана представлен монодоминантной популяцией жаброногого рачка артемии. В Большом Аджалыкском лимане зоопланктон насчитывает 26 видов.

Высокие коэффициенты V/S лиманов приводят к упрощению структуры не только планктонных, но и бентосных сообществ. В среднем биоразнообразии макрозообентоса лиманов первой группы составляет около 50 видов, в Хаджибейском лимане (вторая группа) — 10 видов беспозвоночных, в лиманах третьей группы наблюдается обедненное биоразнообразие (табл. III. 1.34).

Различия в скорости процессов и структуре биологического компонента в зависимости от морфометрической характеристики лиманов позволяют сделать несколько выводов, которые необходимо учитывать при оценке реакций водных экосистем лиманов на антропогенное воздействие, а также при разработке стратегии эксплуатации природных ресурсов приморских водоемов.

ТАБЛИЦА III. 1.34. Сравнительная характеристика количества таксонов макрозообентоса в лиманах Северо-Западного Причерноморья в период 1993—2003 гг.

Систематическая группа	Лиман						
	Тилигульский	Малый Аджалыкский	Сухой	Хаджибейский	Будакский	Куяльницкий	Большой Аджалыкский
Кишечнополостные	—	2	—	—	—	—	—
Черви	10	19	12	1	2	—	6
Ракообразные	19	30	13	3	3	—	9
Моллюски	8	14	8	1	—	—	4
Оболочники	—	—	1	—	—	—	—
Насекомые (личинки)	6	2	2	5	1	1	2
Всего	43	67	36	10	6	1	21

При оценке ответной реакции лиманных экосистем на антропогенное воздействие правомочно сравнение водоемов, находящихся в сходном морфометрическом классе, т. е. характеризующихся приблизительно равным уровнем «активности среды», а значит и природным потенциалом устойчивости.

Приморские водоемы, характеризующиеся $V/S < 1 \text{ м}^{-1}$, находятся в зоне наибольшего экологического риска, так как для них свойственны быстрые экологические процессы и упрощенная биологическая структура, наименее устойчивая к различного рода воздействиям. Также очевидно, что при сравнительной оценке реакций лиманов на антропогенные нагрузки морфометрическая характеристика не может служить единственным критерием исходной равнозначности экосистем. Так, в первой группе экологически наиболее устойчивых экосистем Тилигульского, Григорьевского и Сухого лиманов последние два отличаются как сходным типом гидродинамики (свободный водообмен с морем), так и однотипным характером антропогенного воздействия (акватории портов), и, соответственно, имеют наибольшую правомочность сравнения. Рассматривая эти две экосистемы по содержанию тяжелых металлов в донных отложениях как интегрального результата последствий хозяйственной деятельности на водосборном бассейне и акватории портов, можно заключить, что акватория порта Южный более благополучна по сравнению с Ильичевским портом (рис. III. 1.4). Кроме того, акватория Ильичевского порта лидирует по содержанию в поверхностном горизонте водной толщи нефтяных углеводородов (рис. III. 1.5). При этом обратная картина наблюдается для санитарно-микробиологической ситуации на акватории этих двух портов. В результате оценки качества вод по микробиологическим показателям выявлено, что показатель К-И Григорьевского лимана превышает допустимую норму в 474 раза, а Сухого лимана — лишь в 7,4 раза (подразд. 1.4.2, 1.4.3). В воде и грунте Григорьевского лимана значительно более высокая, по сравнению с Сухим лиманом, численность пропагун грибов, что характерно для районов моря, испытывающих влияние нетоксичных бытовых и промышленных стоков. Такие сравнительные данные могут быть основой для целевого устранения или же минимизации конкретных видов антропогенного воздействия на экосистемы лиманов.

Мелководным лиманам, характеризующимся $V/S < 1 \text{ м}^{-1}$, свойствен низкий природный потенциал ассимиляции различного рода антропогенных воздействий, что делает их экологически уязвимыми объектами и повышает степень ответственности за организацию эксплуатации и охрану экосистем такого рода. Из трех рассмотренных лиманов третьей морфометрической группы Куяльницкий — наглядный пример того, как особенности гидродинамики могут сформировать особую среду обитания, которая, в свою очередь, определяет специфику биологического компонента и характер экологических процессов. Отсутствие водообмена с морем сформировало гипергалинную среду обитания Куяльницкого лимана и привело к тому, что в настоящее время биотический компонент водоема представлен всего несколькими видами планктонных и бентосных гидробионтов (см. табл. III.1.33, III.1.34).



Примером, демонстрирующим возможность управления экосистемой с использованием регулируемой гидродинамики, может быть Большой Аджалыкский лиман, отнесенный к той же морфометрической группе экологически уязвимых экосистем. Строительство гидроузла позволило осуществлять регулируемый водообмен с морем и дало возможность не только эксплуатировать лиман как рыбохозяйственный водоем, но также добиться

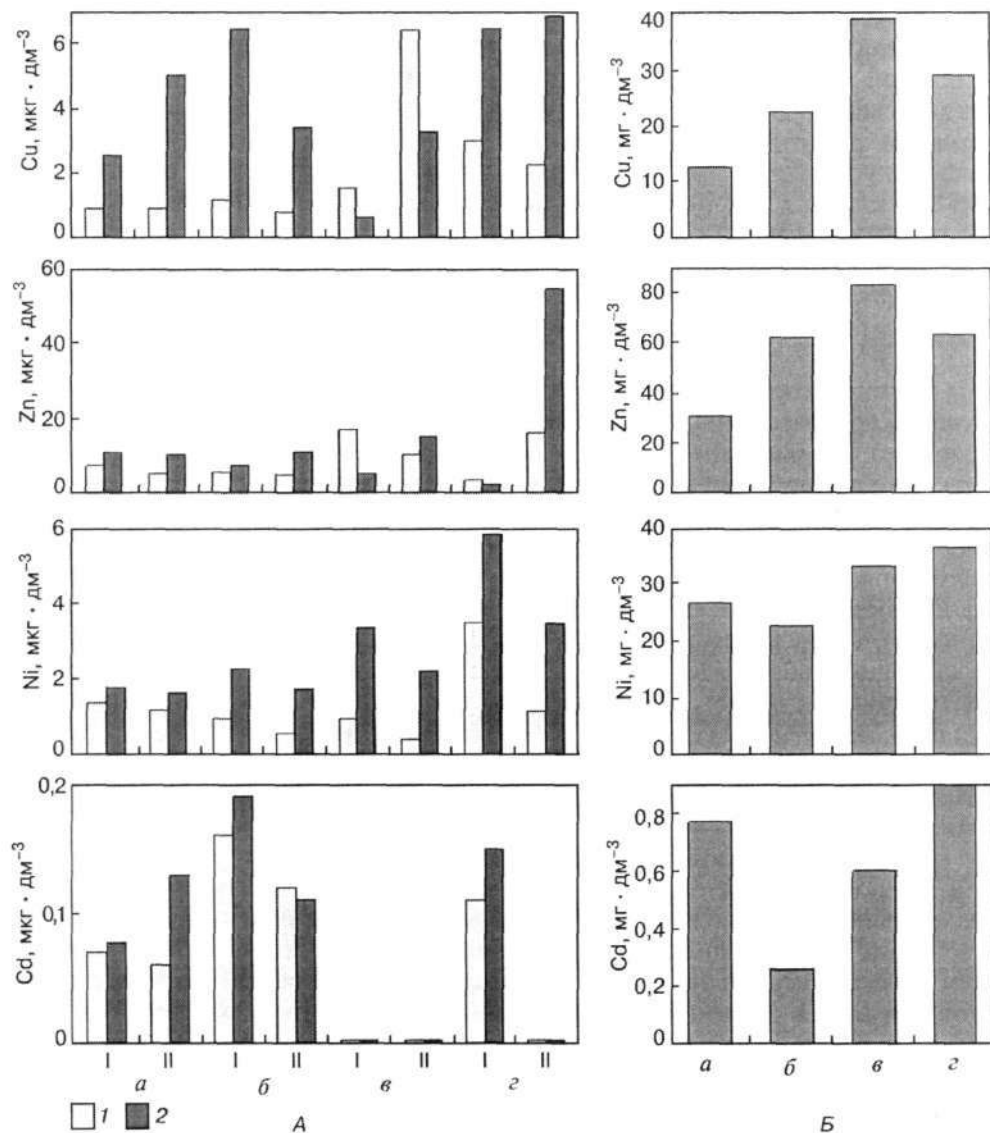


РИС. III.1.4. Содержание тяжелых металлов в воде (А) и донных отложениях (Б). Лиманы: а — Тилигульский, б — Малый Аджалыкский, в — Сухой, з — Хаджибейский; горизонт: I — поверхностный, 2 — придонный; I — раствор, II — взвесь

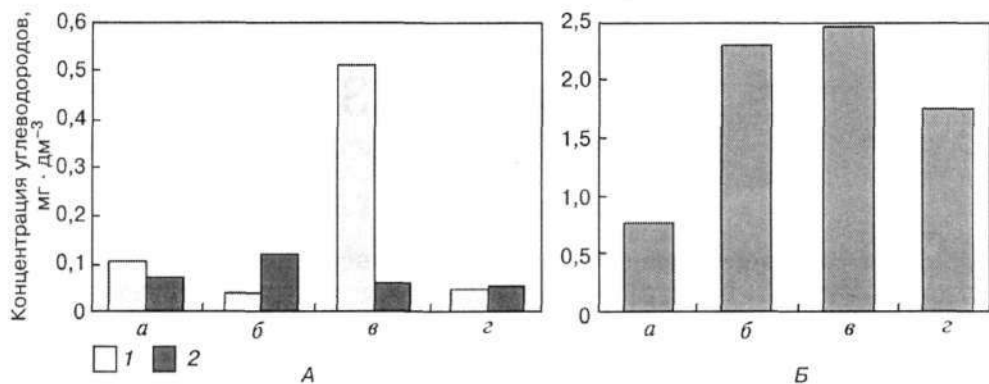


РИС. III.1.5. Содержание нефтяных углеводородов в воде и донных отложениях причерноморских лиманов.

Условные обозначения см. на рис. III.1.5

эффекта «восстановления экосистемы» по сравнению с периодом нерегулируемой гидродинамики. По сравнению с Будацким лиманом, который также относится к третьей морфометрической группе, в Большом Аджалыкском лимане наблюдается значительно более низкий уровень автотрофного процесса, обеспечиваемого фитопланктоном (см. рис. III.1.3, табл. III.1.33), что одновременно характеризует степень эвтрофирования водоема. Снижение скорости экологических процессов, в свою очередь, способствует усложнению структуры биологического компонента и увеличению биологического разнообразия. Так, биоразнообразие макрозообентоса Большого Аджалыкского лимана в 3 раза больше такового Будацкого лимана (см. табл. III.1.34). Обеспечение интенсивного водообмена позволяет эффективно удалять органическое вещество из мелководных высокопродуктивных водоемов. Ограничение поступления аллохтонного органического вещества из водосборного бассейна дает возможность стабилизировать экологические процессы и выводить биологическую продукцию на высокие трофические уровни, представленные ихтиофауной. Регулярное изъятие из водоемов, относящихся к третьей морфометрической группе с низкими показателями V/S , органического вещества в форме рыбной продукции полезно как с экологической, так и с практической точки зрения.

Таким образом, при эксплуатации краевых экосистем лиманов Северо-Западного Причерноморья, испытывающих максимальные антропогенные нагрузки, эффективным инструментом экологического менеджмента могут быть:

- регулируемая гидродинамика;
- контроль за качеством стока;
- нормирование прямого использования биологической продукции, а также другие мероприятия, снижающие скорость экологических процессов и способствующие усложнению биологической структуры и трофических цепей лиманных экосистем.