
ЛИМАНЫ СЕВЕРНОГО ПРИЧЕРНОМОРЬЯ

КИЕВ
НАУКОВА ДУМКА
1990

УДК 574.5 (282.247.32)

Лиманы Северного Причерноморья / Полищук В.С.Замбриборщ Ф.С., Тимченко В.М. и др.; Отв. ред. Мионов О.Г.; АН УССР. Ин-т гидробиологии. - Киев : Наук. думка, 1990. - 204 с. - ISBN 5-12-001364-3

В книге изложены основные закономерности формирования лиманов Северного Причерноморья (Березанского, Тилигульского, Хаджибейского), дана их классификация. Приведены данные о гидрологическом режиме лиманов; освещены основные закономерности формирования гидрохимического режима, состав и распределение фито-, бактерио-и зоопланктона, макрозообентоса; проанализированы процессы первичного продуцирования и формирования кормовой базы. Приведены закономерности формирования ихтиофауны и рыбопродуктивности лиманов различных типов, рассмотрено их рыбохозяйственное использование. Дана комплексная оценка качества воды.

Для экологов, гидробиологов, ихтиологов, специалистов водного хозяйства. Ил. 26. Табл. 54. Библиогр.: с. 194-202 (184 назв.).

Авторы

В.С.Полищук, Ф.С.Замбриборщ, В.М.Тимченко, Б.И.Новиков, В.Л.Гильман, Л.А.Журавлева, Н.Г.Александрова, А.И.Иванов, Э.Я.Россова, Т.Г.Мороз

Ответственный редактор О.Г.Мионов

Утверждено к печати ученым советом
Института гидробиологии АН УССР

Редакция биологической литературы

Редактор Т.Д.Стани хая_____

л 1903040100-317 349-90
M221 (04)-90

ISBN 5-12-001364-3

Институт гидробиологии АН УССР, 1990

Лиманы Причерноморья, в том числе Северного, с глубокой древности привлекали внимание человека. Вначале они использовались как удобные гавани для стоянки судов, затем как объекты добычи соли, а также источник илов, используемых в лечебных целях. Поэтому в исследованиях лиманов, начатых еще в конце прошлого века, акцент был сделан в основном на бальнеологических проблемах, таких, как роль микроорганизмов в образовании целебных грязей, происхождение лиманов и состав их фауны. В дальнейшем интерес к лиманам возрос в связи с необходимостью строительства на них мостов и других объектов, а также использования водных ресурсов Северо-Западного Причерноморья и другими аспектами природопользования. Постепенно круг интересов расширяется: это проблемы стратификации, геохимии, изучение экологического значения донного субстрата, попытки использования донных отложений в качестве индикатора времени образования лиманов. Исследуются вопросы формирования фито- и зоопланктона лиманов, их донной фауны, более глубоко изучается микрофлора, выясняется роль различных физиологических групп бактерий в образовании лечебных грязей, исследуются особенности фауны рыб.

В 50—60-е годы в связи с интенсивным использованием лиманов в рыбохозяйственных целях были проведены работы по изучению кормовых ресурсов, более детально изучена ихтиофауна, разработаны рекомендации по рыболовству в лиманах и намечены пути рационального развития рыбного хозяйства.

В последние 15—20 лет интенсивное развитие получило поливное земледелие, связанное со строительством различных гидротехнических сооружений, а это вызвало необходимость проведения ряда специальных исследований на лиманах Причерноморья. Особое внимание было сосредоточено на вопросах гидрохимического режима (динамике основных ионов, биогенных элементов и органических веществ, условиях формирования илов и их химического состава), качественного состава и количественного развития фито-, бактерио- и зоопланктона, донной фауны, оценке кормовой базы рыб, формирования ихтиофауны, экологических особенностей этих водоемов.

В связи с усилением антропогенного воздействия на лиманы важное значение приобрели вопросы формирования качества воды, поэтому усилия ученых все больше направлялись на изучение закономерностей

стей формирования экологического состава фито- и зоопланктона, донной фауны, особенностей их развития в лиманах с разной степенью антропогенной нагрузки, на изучение санитарного состояния этих водоемов.

Дальнейшее возрастание дефицита водных ресурсов В южном регионе Украины вызывает необходимость детальной и глубокой оценки экологической ситуации в лиманах Северного Причерноморья и основных тенденций ее изменения с целью более рационального использования этих водоемов в данном хозяйстве.

Настоящая работа посвящена вопросам формирования гидрохимического и гидробиологического режимов лиманов в связи с особенностями их гидрохимических условий, оценке кормовых ресурсов этих водоемов И их санитарно-экологического состояния, условий развития ихтиофауны и перспектив ее использования.

Основой для ее написания послужили материалы, полученные при проведении комплексных исследований по экологическому обоснованию строительства водохозяйственного комплекса Дунай Днепр в 1979—198^х гг., а также сведения литературы прошлых лет и последние данные по гидрологическому и гидрохимическому режимам.

Авторы благодарны В.А.Гомницкому, Л.А.Самойленко, В.Н.Самойленко, В.Г.Артеменко, Т.Л.Алексенко, А.Н.Кучерявой, А.А.Мороз, М.Г.Мазепе, оказавшим большую помощь при обработке экспериментальных материалов и оформлении монографии.

ГЛАВА 1. ФОРМИРОВАНИЕ ЛИМАНОВ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ

Лиман — это вытянутый залив с извилистыми невысокими берегами, который образуется в результате затопления морем устьевых участков равнинных рек [172]. По определению Ю.Одума [110], лиман, или эстуарий, — это полужамкнутый прибрежный водоем, соединяющийся с открытым морем. Относительно понятия "эстуарий" существует много толкований [177, 181, 182]. Мы принимаем точку зрения Притчарда [183], что "эстуарий — это ограниченная сушию масса воды, свободно соединяющаяся с открытым морем и содержащая некоторое ощутимое количество морской воды". Характерной особенностью эстуариев является пойкилогалинность и неустойчивость факторов среды. Эстуарий ограничен областью солоноватых вод, где процесс перемешивания пресных и морских вод неустойчив и имеет периодические изменения. Неустойчивые условия эстуариев определяют их основные биологические особенности. Солоноватым водам, формирующимся в эстуариях, присущи морской характер общей минерализации (преобладание хлоридов), непостоянство солевого состава, а также генетический состав их флоры и фауны [180]. Лиманы — это уникальные экотоны, в которых формируются сообщества, содержащие значительную долю каждого из перекрывающихся сообществ (морского и пресноводного), а также виды, характерные только для данного экотона.

Образование лиманов Северного Причерноморья тесно связано со становлением береговой линии всего Черноморского побережья и историей его развития. Процесс образования лиманов связан с тектоническими явлениями и трансгрессиями Черноморского бассейна в целом. Они образовались в результате затопления морем речных долин в связи с опусканием суши, а также подъемом уровня моря [5, 6, Ю-12, 27, 29, 77, 90, 136, 137, 147].

Первичные лиманы, или пралиманы, в устьях рек Северо-Западного Причерноморья образовались в куяльницком веке плиоцена или в начале плейстоцена [36]. К этому времени долины рек Дуная, Днестра, Малого и Большого Куяльников, Березани, Тилигула, Южного Буга и Днепра уже были сформированы [11, 33, 52, 99, 147, 151, 152, 157]. Из лиманов того времени сохранили древние очертания Хаджибейский, Куяльницкий, Тилигульский, Бугский и, может быть, Днестровский. За время существования они неоднократно меняли свои очертания, ис-

чезали при регрессиях моря, превращаясь в реки, и возникали вновь при трансгрессиях. Регрессии моря приводили к переуглублению русел рек, трансгрессии заливали долины рек, вызывали подпор воды. Все первичные лиманы были открытого типа. Они формировались на протяжении длительного отрезка времени. Судьба каждого лимана различна, что обусловлено стоком впадающей в него реки и динамикой морских вод на прилегающем участке. Со времени возникновения лиманы проходят три стадии развития: речную (потаимен), морскую (талассолимен) и собственно лиманную (эулимен) [62].

Днепровский лиман неоднократно менял свое местоположение и очертания, что было связано с миграцией русла Днепра, трансгрессиями и регрессиями моря. И.И.Лузанов [120] считает, что некогда, до образования лиманов, Днепр тек на юго-запад и впадал в районе Скадовска или даже Каркинитского залива, а в более позднее время в Ягорлыцкий залив, хотя Г.И.Горецкий [33] пишет, что обширное левобережье нижнего Днепра никогда не занималось дельтой Пра-Днепра.

Первичный Днепровский лиман куяльницкого периода находился, вероятно, восточнее и выше современного, а в настоящее время заполнен наносами. О длинном заливе Куяльницкого бассейна, который по древней долине Днепра доходил до кристаллической полосы г.Запорожья пишут многие ученые [33, 99, 157]. Г.Л.Молявко [99] отмечает, что предшествующее Киммерийское море заливало территорию современных Скадовского и Цюрупинского районов и достигало г.Дюруйинка, а Куялышское море занимало площадь немного большую, чем предыдущее Киммерийское. Последующие бассейны (Гурийский, Чаудинский) были меньше Куяльницкого, что привело к переуглублению русел рек и исчезновению лиманов.

Опускание суши в северной части Черноморского бассейна в древнеэвксинское время привело к тому, что море местами переступило современные границы и вновь образовало лиманы [6]. В это время Днепровский и Бугский лиманы существовали раздельно. Нижнедревнеэвксинская дельта начиналась несколько ниже Голой Пристани и простиралась в сторону Ягорлыцкого лимана, сохраняя юго-западную ориентировку, отвечающую общему направлению нижнего Пра-Днепра [33]. Правый берег древнеэвксинской дельты Пра-Днепра проходил по линии сел Збурьевка и Рыбальче. Размеры верхнедревнеэвксинской дельты Пра-Днепра значительно больше размеров нижнедревнеэвксинской дельты. Пра-Днепр постепенно перемещался в позднедревнеэвксинское время вправо, в сторону Днепровского лимана. Верхнедревнеэвксинский Пра-Днепр в конце своего существования впадал в Днепровский лиман. Вероятно, этот древнеэвксинский лиман был невелик по размерам. Большая часть этого лимана выполнялась наносами и превратилась в плавни, песчаные равнины и торфяные болота. Мысль о смещении Днепровского лимана к западу впервые была выс-

казана А.А.Браунером [13] и поддержана Н.А.Соколовым (цит. по Бс-линг [11])-

Наступившее после древнеэвксинской трансгрессии поднятие суши в северо-западном углу Черного моря в конце карангатского века — начале новоэвксинского привело к исчезновению лиманов. Доказательством этого являются иловато-торфянистые отложения, вскрытые в области Одесско-Евпаторийского залива, залегающие под новоэвксинскими отложениями, которые умещаются в пределах подводного продолжения русла Днепра [6]. В конце новоэвксинского века суша, по которой пролагал русло Днепр, опустилась и была затоплена морем. Новоэвксинская фаза была самой трансгрессивной в плейстоценовой истории Черноморского бассейна, считает А.О.Бану [10], и имеет послевалдайский возраст. Новоэвксинская трансгрессия не выходила за пределы современной береговой линии, а по переуглубленной узкой долине Днепра море ингрессировало вверх почти на 100 км, если считать от современной дельты [77,80]. Г.И.Горецкий [33] считает, что пределом вторжения новоэвксинской трансгрессии в долину Днепра следует считать Горностаевку и местности, прилегающие к ней с севера, а границы подпруживающего влияния лимана следует отодвинуть еще далее вверх по Днепру до Базавлукских и Конкских плавней включительно. Палеонтологические исследования в русле нижнего Днепра показали, что лиманные осадки в районе Каховской ГЭС следует считать новоэвксинскими [29, 83].

Установление древнечерноморского периода в жизни Черноморского бассейна сопровождалось повышением уровня моря, затоплением долин рек и образованием лиманов, куда отступила новоэвксинская фауна и сохранилась там до наших дней. Ряд ученых [36, 86] утверждают, что 5,5-4,0 тыс. лет назад Днепровский лиман простирался до г. Никополя, т.е. достигал Базавлукских плавней, что соответствует новочерноморской трансгрессии П.В.Федорова [166, 167].

По мнению И.И.Пузанова, "в историческое время устье Днепра, несомненно, лежало примерно там же, где теперь, и лишь вероятное отсутствие Кинбурнской косы могло отклонить поток его вод к югу" [120, с. 21]. В период фанагорийской регрессии 2-3 тыс. лет назад лиман очень сократил свои размеры и образовалась Кинбурнская коса [96]. 2400 лет назад лимана в современном виде не существовало, он лежал на запад от современного берега Бугского лимана и принимал воды Днепра и Южного Буга [75], а современный Днепровский лиман занимала долина Днепра. Наступившая следом нимфейская и последующие трансгрессии привели к образованию современной береговой линии Днепровского лимана, который, повернув на запад, захватил устье Бугского и превратился в Днепровско-Бугский лиман, время существования которого менее 2400 лет.

Бугский лиман сохранил наиболее древние очертания и представлял ет собой продолжение Долины Южного Буга, затопленную водами моря,

что позволило ряду ученых [90, 96, 99, 101, 113] сравнить его с угольником плиоценового бассейна. Б.Ф.Григорьев, П.Ф.Гожик [36] считают, что первичный Бугский лиман сформировался в древнеэвксинское время. Первоначальный Бугский лиман открывался прямо в море, по отношению к которому играл роль уединенной бухты, куда заходила морская вода. По-видимому, в древнеэвксинское время лиман существовал и в устье Ингула. В постдревнеэвксинское время Бугский лиман превращается в реку и образуется вновь в новозэвксинское, достигнув максимальных размеров в древнечерноморское время, в период новочерноморской трансгрессии доходя до г.Вознесенска [36]. Ф.Д.Мордухай-Болтовской [101] считает, что Бугский лиман лучше всех сохранил древнее очертание Бугского водохранилища, которому не менее 5 тыс. лет.

В период фанаторийской регрессии лиман исчезает и превращается в реку. Река Гипанис (Буг) к западу от современного устья Бугского лимана сливалась с Днестром и впадала в общий лиман [75]. В этот период лиман в современном виде не существовал, на его месте была заболоченная пойма, по которой меандрировало русло реки. На заболоченных участках поймы происходил процесс торфообразования. Наступившая вслед за этим нимфейская трансгрессия привела к затоплению долины Буга, мест торфообразования, мола набережной Ольвии, которые обнаруживаются при раскопках и бурениях. В результате этого около 2400 лет тому назад пойма Южного Буга была затоплена водами моря и образовала лиман примерно в современных его очертаниях [52]. Передвижение Днепроовского лимана вправо, начиная с конца древнеэвксинского времени и нарастание Кинбурнской косы удлиняло и поворачивало лиман на запад, что привело к захвату устья Бугского лимана.

Днестровский лиман. В плиоцене параллельно с постепенным отступанием моря начинают образовываться русла и долины Днестра и Прута. В начале постплиоценовой эпохи русла и долины этих рек окончательно сформировались [51, 52, 157]. Первичный Днестровский лиман образовался, по-видимому, так же, как и все лиманы Северного Причерноморья, в куяльницкое время. Затем он исчез, превратившись в реку. В древнеэвксинскую эпоху в северной части Черноморского бассейна произошло опускание суши, в результате чего море переступило через современную береговую линию и привело к образованию Пра-Днестровского лимана. По мнению Ю.М.Марковского [196], низовье Днестра и его лиман не подвергались непосредственному влиянию катастроф, каким подвергались в четвертичный период многие водоемы юга Украины, в частности не заливались водами Карангатского бассейна. В карангатское время северо-западный угол Черноморской области был поднят, лиман исчез. Река переутлублила свое русло. В связи с опусканием суши в новозэвксинское время произошло образование новозэвксинского Днестровского лимана, который занимал значи-

8

тельную площадь. МЛРудский [136, 137] считает, что лиман некогда простирался в глубь материка. Все пространство, занятое плавнями, по-видимому, прежде принадлежало лиману.

Новочерноморская трансгрессия в древнечерноморское время привела к расширению границ лимана до широты г.Овидиополя и увеличила площадь лимана далеко на север, достигая г.Тирасполя [98]. Со временем верхняя часть Днестровского лимана оказалась занесенною наносами реки и превратилась в ее дельту. Подтверждением этого является форма береговой линии: восточный и западный берега в значительной части круты и обрывисты высотой до 10 м, а северный берег низменный, сильно заболоченный. Остатком залива когда-то большого Пра-Днестровского лимана является Кучурганский лиман [175].

Пра-Хаджибейский и Пра-Куяльницкий лиманы образовались в куяльницкое время [98, 147, 151, 152], что, по-видимому, можно распространить и на Тилигульский лиман ввиду близости его расположения. В четвертичном периоде эти лиманы превращались в реки при регрессии моря и возникали вновь при трансгрессиях [92]. В Хаджибейском и Куяльницком лиманах: отмечены новозвксинские, древнечерноморские и современные отложения. В карангатское время они были реками. В новозвксинскую эпоху лиманы своими верховьями заходили в устья рек. Максимальных размеров они достигали в древнечерноморское время. В этот период лиманы были открытого типа и уже в историческое время превратились в закрытые, что обусловлено уменьшением стока рек и образованием песчаных баров у их гирл. По мнению М.Ебреновского [90], начало образования пересыпей у Куяльницкого и Хаджибейского лиманов относится к концу плиоценовой формации. И.ИЛузанов [120, 121] время образования пересыпей относит ко времени новочерноморской трансгрессии, т.е. 2 тыс. лет до н. э. П.Н.Бучинский [19] образование пересыпи у Хаджибейского лимана относит к XIV ст., а окончательное отделение от моря к концу XIX ст. По расчетам Б.И.Новикова [109], образование Хаджибейского лимана в современных очертаниях началось 2460, а Тилигульского 3430 лет назад.

Березанский лиман в первичной форме также, по-видимому, образовался в конце плиоцена - начале плейстоцена, но располагался севернее, так как, по данным М.Е.Крендовского [90], в постплиоценовую эпоху Черное море почти достигало сПарутино, а северное деллювиальное плоскогорье в окрестностях Очакова и Ивановки вдавалось гораздо дальше в море, как и все побережье от Очакова до Березанского лимана. Этот лиман также испытал все плейстоценовые и голоценовые трансгрессии и регрессии моря, т.е. исчезал в карангатское время и появлялся при наступлении моря. Вероятно, как и во всех лиманах, верховье его заполнено наносами. Сосицкий лиман и Бейкушский залив являются остатками некогда большого Березанского лимана, время существования которого по аналогии с другими лиманами можно

относится к древнечерноморскому, когда лиманы достигали максимальных размеров. Б.И.Новиков [109] считает, что заполнение древней долины р.Березань произошло 2860 лет назад, это привело к образованию лимана в современных очертаниях.

Существует много классификаций лиманов, основанных на условиях развития, геоморфологических, географических, гидрохимических критериях [9, 62, 80, 110]. В лиманах, характеризующихся специфической фауной, особенно важны донные беспозвоночные, которые в силу своей малоподвижности и долгожительства должны выжить при самых экстремальных колебаниях факторов среды. Именно они являются отражателями геологического прошлого водоемов, истории формирования их фаун.

На основании геологического прошлого водоемов, современного эколого-зоогеографического состава донной фауны, количественного развития доминантных видов, соотношения видов перекрывающихся сообществ морского, солоноватоводного и пресноводного, наличия автохтонных эндемичных видов, их количественного развития мы, используя гидрологическую терминологию, предлагаем следующую типизацию лиманов Северного Причерноморья.

1. Лиманы эстуарного типа (Днепровско-Бугский, Днестровский). Для них характерно большое видовое разнообразие, преобладание эвригалинных пресноводных и собственно пресноводных эндемичных реликтовых видов над морскими, что обусловлено большой неустойчивостью солевого и уровня режимов, значительным стоком рек. Эти-водоемы заселены в основном уникальной понтокаспийской фауной, что объясняется их геологическим прошлым.

2. Лиманы лагунного типа (Березанский). В них преимущественное развитие получают морская и солоноватоводная фауна морского происхождения; понтокаспийские виды, как и пресноводные, представлены в меньших количествах, видовой состав беднее, чем в лиманах эстуарного типа. Это более или менее стабильные солоноватоводные акватории, что обусловлено малым стоком рек и преобладанием морского водообмена.

3. Лиманы озерного типа (Хаджибейский, Куяльшский, Тилигульский). Они характеризуются замедленным водообменом, почти полным отсутствием сообщения с морем и минимальным притоком пресных вод из малых рек, пересыхающих летом. Фауна их сильно обеднена, представлена в основном эвригалинными и соелюбивыми видами, понтокаспийские виды отсутствуют, пресноводные эвригалинные встречаются в минимальных количествах. Им в прошлом были присущи все черты сперва эстуарного, а затем лагунного типа.

Краткая физико-географическая характеристика. К наиболее крупным водоемам Северного Причерноморья относятся Березанский, Тилигульский и Хаджибейский лиманы (рис. 1). Они расположены на Одесской равнине, которая по характеру рельефа является слабо расчлененной. Глубина овражной сети не превышает 50 м, густота 0,25-0,50 км на 1 км. Аккумулятивные формы рельефа развиты лишь в местах впадения речных долин в море. Толщи осадочных пород залегают моноκлинално, а поверхность долин расчленяется глубокими долинами рек Малого и Бóльшого Куяльника, Тилигула на почти субмеридиональные водораздельные плато. Изгибы берегов лиманов носят тектонический характер.

До второй половины четвертичного периода в долинах, где теперь находятся лиманы, протекали полноводные реки. Они выработали широкие и пологие долины. Затем интенсивное опускание суши, продолжающееся и в настоящее время, привело к затоплению морскими водами устьевых частей рек и образованию лиманов. По ряду причин климатического характера реки, питающие лиманы, утратили многоводность, что привело к нарушению связи лиманов с морем и образованию пересыпей.

Время отделения Тилигульского лимана от моря относится к концу XVIII- началу XIX ст., Хаджибейского - к концу XIX. Березанский лиман относится к открытым. Рост блокирующей косы, отделяющей его от моря, по ряду геоморфологических причин замедлен [77].

Березанский лиман расположен на восточной оконечности Одесского плато и является продолжением долин рек Сасык и Березань. Сообщается с морем проливом шириной 400 м с площадью поперечного сечения 2060 м. Длина лимана 20-25 км, средняя ширина 2-3 км, средняя глубина 3,3 м (наибольшая около 15 м). Площадь водного зеркала 60 км², объем воды 0,4 км³. Около половины площади лимана приходится на мелководья. Долина его асимметрична. Берега круты, обрывисты, состоят главным образом из известняковых, глинистых и глинисто-песчаных отложений. Посредине лиман перехватывается обширной песчаной косой, которая отделяет северную часть от центральной и южной.

Тилигульский лиман расположен к западу от Березанского и находится в долине р. Тилигул. Отделен от Черного моря песчаной пере-

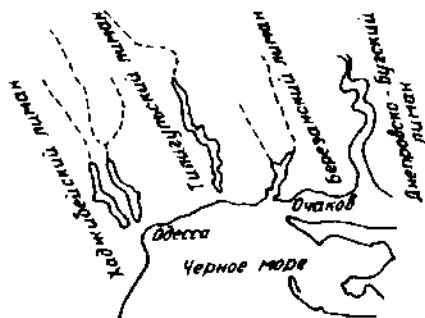


Рис. 1. Схема расположения лиманов Северного Причерноморья

глубины 3–5 м. Общая площадь водного зеркала лимана 113 М², объем 0,56 км³. Характерная особенность морфологии лимана — наличие большого количества кос, образовавшихся в устьях впадающих в лиман балок.

Хаджибейский лиман находится в районе Одессы и расположен в долине р.Малый Куяльник, которая асимметрична, и склоны ее состоят главным образом из известняковых, глинистых и песчаных отложений. Лиман отделен от моря широкой (4,5 км) песчаной пересыпью. Через нее по водопропускному каналу сбрасываются в море избыточные воды. Длина лимана 33 км, ширина от 0,5 до 3,5 км, средняя глубина 5 м. Площадь водного зеркала близка к 86 км² объем около 0,43 км³.

Глубины лимана распределены неравномерно. Северная часть более мелководна. Максимальная глубина северной части 7,5 м, южной — 13,5. Площадь мелководий с глубинами до 2 м — 25,4 км². В годы высокого стояния воды в лимане особенно интенсивно размываются берега, вследствие чего на дне происходит накопление большого количества илистых отложений. Сточные воды г.Одессы и сбросные воды с полей орошения сильно загрязняют и опресняют воды лимана (до 4–10 ‰).

Уровеньный режим. Факторы, определяющие уровеньный режим рассматриваемых лиманов Северного Причерноморья, следующие: водообмен с морем, приток поверхностных вод, соотношение осадков и испарения с водной поверхности. Остальные факторы, такие, как приток грунтовых вод, просачивание через пересыпи морской воды, существенного влияния на положение и динамику уровня воды в лиманах не оказывают.

Для Березанского лимана решающим фактором в формировании уровеньного режима является свободный водообмен с морем. На уровень воды в лимане оказывают влияние бризовые, сейшевые, приливотливные и сгонно-нагонные колебания уровня моря. Некоторое не-

сыпью шириной 3 км и вытянут с севера на юг на 60 км. Наибольшая ширина его 4,5 км. По геоморфологическим признакам лиман разделяется на три части: южную, центральную и северную. Южная — наиболее глубоководная с глубинами до 10–15 м, в отдельных местах до 21,2 м. В центральной части глубины 5–10 м. Северная часть отделена от остальных каменной наброской с небольшим про-
раном. Здесь преобладают

Здесь преобладают

Здесь преобладают

Здесь преобладают

Здесь преобладают

соответствие в амплитудах колебаний уровня моря и лимана обусловлено влиянием геоморфологии береговой линии и местными ветрами. Приток поверхностных вод заметного влияния на режим уровня не оказывает. В многолетнем и сезонном ходе уровня колебания незначительны. Амплитуда бризовых внутрисуточных колебаний уровня в среднем 5—10, редко 15—20 см.

Интенсивность стогно-нагонных колебаний уровня прямо зависит от скорости ветра. При слабых и умеренных ветрах стогно-нагонные колебания уровня составляют несколько сантиметров в час. При сильных ветрах северо-западного и северо-восточного направления скоростью 10-15 м/с уровень способен снизиться на 10—20 см/ч. Стогно-нагонные колебания уровня воды в Березанском лимане могут достигать 30-80 см [146].

Уровенный режим Тилигульского лимана характеризуется незначительными межгодовыми и сезонными колебаниями (рис. 2, 3). В среднем уровень воды в лимане близок к уровню моря. Более высокие его отметки наблюдаются в марте — мае, во время половодья. Затем происходит снижение уровня воды на 0,3-0,6 м. В отдельные годы (например, в 1982) внутригодовой размах изменения уровня в Тилигульском лимане может достигать 1 м.

Кратковременные колебания уровня воды в этом лимане незначительны — до 15—20 см. Обусловлены они обычно стогно-нагонными де nivelляциями при сильных ветрах. Заметное, порой решающее воздействие на уровенный режим Хаджибейского лимана имеют склоновый сток и сбросные воды г.Одессы. Сток р. Малый Куяльник незначителен и в общем притоке вод составляет примерно 11 %.

Многолетние колебания уровня воды в этом водоеме — отражение сложного взаимодействия приходной и расходной частей водного баланса. Их соотношение в многолетнем разрезе характеризуется определенной цикличностью, что обуславливает заметную цикличность и уровня воды (рис. 2). В современных условиях, если бы не было существенного антропогенного притока вод, Хаджибейский лиман из-за двукратного превышения испарения над осадками "(при слабом притоке поверхностных вод) пересох бы. Ранее это случалось неоднократно. Последние два десятилетия приходная часть баланса превышает расходную, и уровень в лимане постоянно достаточно высок — на 18—19 м выше среднего многолетнего значения (до 1969).

Сезонные изменения уровня воды характеризуются повышением его с марта по июнь (см. рис. 3). Амплитуда внутригодовых колебаний

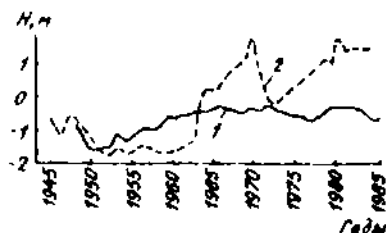


Рис. 2. Хронологический график уровней воды.
1 — Тилигульский, 2 — Хаджибейский лиманы

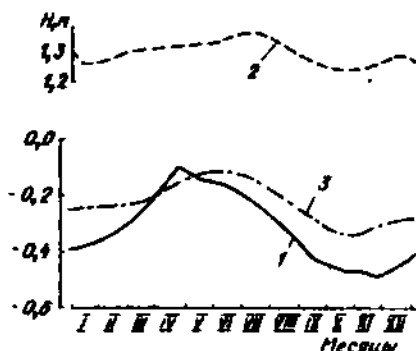


Рис. 3. Сезонное изменение уровня воды за период 1978–1984 гг.: 1 – Тилгудский, 2 – Хаджибейский лиманы, 3 – море

ства в каждом из водоемов. Первые из них определяются компонентами водного баланса, вторые – динамикой водных масс внутри самого водоема.

Структура водного баланса исследуемых лиманов в общем виде может быть представлена уравнением

$$W_n + W_o - W_{исп} \pm W_m + W_{под} \pm \Delta W = 0,$$

где W_n – приток поверхностных вод; W_o – осадки на водную поверхность; $W_{исп}$ – испарение с водного зеркала; W_m – водообмен с морем; $W_{под}$ – приток грунтовых вод; ΔW – приращение объема воды в водоеме за расчетную единицу времени.

Поверхностный сток, формирующийся в основном в Причерноморье, очень незначителен. Годовой слой стока здесь не превышает 11 мм. Именно поэтому приток поверхностных вод в исследуемые водоемы не имеет существенного значения в их водном балансе. Определенным исключением в этом отношении является Хаджибейский лиман, речной сток в который также исключительно мал, однако приток поверхностных вод довольно ощутим из-за стока с полей орошения и поступления сбросных вод населенных пунктов.

Водоемы Северного Причерноморья расположены в засушливой зоне. Осадков здесь выпадает 360–380 мм в год [149, 155]: около 30 % летом, 26 – осенью, 44 % – в весенний и зимний сезоны.

Годовой слой испарения с водной поверхности в среднем 850–900 мм. Конкретные данные о мощности слоя осадков и испарения для каждого из исследуемых лиманов, основанные на материалах фактических измерений на метеостанциях, расположенных вблизи водоемов [32, 123], использованы для расчета годовых объемов W_n и W_o .

Водообмен с морем для открытого Березанского лимана является решающим фактором водного баланса. Оценить его обычно доволь-

уровня в большинстве случаев 40–60 см. Сгонно-нагонные деформации уровня воды незначительны. При северном ветре скоростью 10 м/с перекося уровня в дельте не превышает 5 см.

Водный баланс и водообмен. К факторам, являющимся важнейшей физической основой формирования гидробиологического режима водоемов, относятся процессы внешнего и внутреннего водообмена. В совокупности они создают определенные гидрофизические условия для развития биотического сообщества

но трудно. Как правило, в таких случаях обращаются к методу совместного решения уравнений водного и солевого балансов [87, 89], однако для условий Березанского лимана этот метод непригоден. Связано это прежде всего с тем, что соленость воды в этом водоеме мало отличается от солености воды в прилегающей части Черного моря. Для определения интенсивности водообмена между морем и лиманом нами в 1979-1980 гг. осуществлены специальные натурные исследования [154], которые позволили установить, что в среднем за год в лиман поступает около 3,180 км³ морской воды. Объем воды, сбрасываемой за год из лимана в море, — 3,167 км³.

Анализируя условия обмена водой между морем и закрытыми лиманами через искусственные каналы, мы пришли к выводу, что годовой объем притока морской воды в Тилигульский лиман может составлять 14 млн м³ [154].

Средний годовой сброс воды из Хаджибейского лимана в море по каналу рассчитан по данным о соотношении элементов водного баланса этого водоема и составляет около 413 млн м³ в год.

В связи с разностью уровней воды в закрытых лиманах и в море через пересыпи происходит просачивание вод. В Тилигульском лимане морская вода большую часть времени просачивается в лиман, а в Хаджибейском — наоборот. Ориентировочные расчеты интенсивности происходящего при таком просачивании водообмена между морем и лиманами показывают, что расход воды через пересыпи составляет 75-100 м³/сут, т.е. 27-36 тыс. м³/год [154]. В приходной (для Тилигульского лимана) и расходной (для Хаджибейского) частях водного баланса доля такого притока — оттока* не превышает 0,03-0,04 %, что гораздо меньше допустимых погрешностей определения остальных компонентов водно-

Таблица 1. Среднегодной за многолетний период годовой водный баланс лиманов Северного Причерноморья, млн м³

Основной элемент водного баланса	Лиман		
	Березанский	Тилигульский	Хаджибейский
Приходная часть			
приток поверхностных вод	10	29	73
осадки	27	50	40
приток морских вод	3180	14	0
Расходная часть			
испарение	50	93	71
сток воды в море	3170	0	42

Таблица 2. Показатели внешнего водообмена лиманов Северного Причерноморья

Лиман	Коэффициент водообмена за год		
	по общему притоку	по притоку поверхностных вод	по притоку морских вод
Березанский	16,10	0,05	15,90
Тилигульский	0,18	0,05	0,02
Хаджибейский	0,26	0,17	0

го баланса. Таким образом, водообменом с морем за счет просачивания, через пересыпи при водобалансовых расчетах закрытых лиманов практически можно пренебрегать. В рамках таких расчетов можно не учитывать также и приток подземных вод. В условиях сухого климата юга Украины глубокое залегание и малая водоносность основных горизонтов подземных вод вряд ли могут дать сколько-нибудь оптимистическую величину подземного притока в ложе водоемов. Подтверждение этого — почти ежегодное пересыхание даже сравнительно крупных рек региона.

Итоговые данные о значимых составляющих водного баланса исследуемых лиманов обобщены в табл. 1. На основании этих данных можно составить представление о внешнем водообмене лиманов.

Для учета специфики формирования водных масс лиманов помимо коэффициента по общему притоку предлагается использовать также коэффициент водообмена по притоку речных и морских вод (табл. 2).

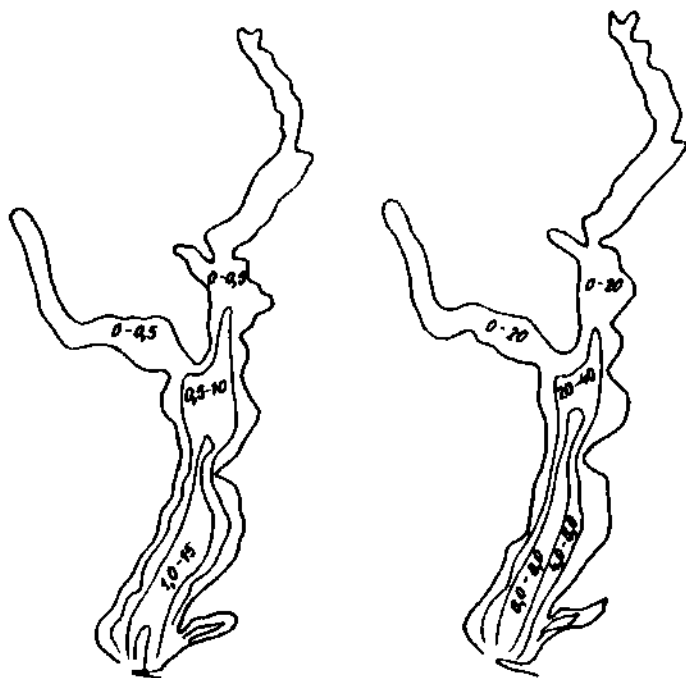


Рис. 4. Скорости стоковых течений (см/с) в Березанском лимане при расходах воды в проливе 50%-ной (а) и 1%-ной (б) вероятности превышения

Внутриводоемная динамика. Течения Среди элементов внутриводоемной динамики экологически наиболее весомо крупномасштабное перемещение водных масс — течение. Существует много видов течений, которые классифицируются по условиям (факторам) возникновения, локализации, устойчивости, направленности и другим показателям [81]. Относительно исследуемых лиманов можно с уверенностью утверждать, что преобладающим видом движения вод здесь являются дрейфовые (ветровые) течения. Разумеется, им сопутствуют компенсационные потоки и течения, возникающие при стогно-нагонных и сейшевых явлениях. В открытом Березанском лимане поле течений формируется также за счет водообмена с морем [170,171].

Натурные исследования, проведенные нами в 1980-1985 гг., показали, что водоемы Северного Причерноморья быстро реагируют на изменение режима ветра. Буквально через 1-2 ч после стабилизации ветрового усилия поле ветровых и сопутствующих им компенсационных течений приходит в стационарное состояние.

Режим течений в Березанском лимане зависит от водообмена с морем. Как показали натурные исследования [154], этот водообмен характеризуется значительной внутрисуточной динамичностью. Длительность периода, в течение которого здесь осуществляется односторонний сток, колеблется в широких пределах — от 1 до 29 ч и составляет в среднем около 3 ч. За сутки во водообмене лимана с морем участвует, т.е. перемещается в лиман и обратно, объем воды, равный в среднем 8,7 млн м³, что составляет 4,35 % объема лимана.

Поступающая в южную часть Березанского лимана морская вода вовлекается в сложный процесс перемещения и перемешивания. В зависимости от погодных условий и стадии изменения уровня моря этот процесс может принимать различные оттенки. В безветренную погоду при повышении уровня морская вода сплошным медленным потоком постепенно вливается в лиман. В таких условиях можно отчетливо визуальным различать границы "языка" морской воды, который заполняет центральную часть акватории лимана. Этот "язык" может распространяться на 10-12 км. Ширина его обычно колеблется от 0,5 до 2,0 км (до 50-80 % ширины водоема). При понижении уровня в предпроливной зоне лимана формируется поток в сторону моря со скоростями более 2-3 см/с.

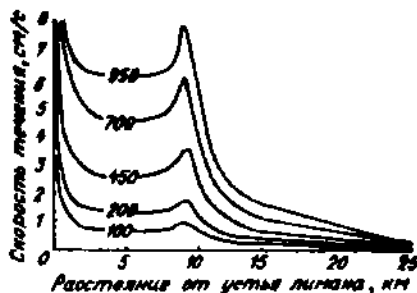


Рис. 5. Наиболее вероятное распределение скорости стокового течения в Березанском лимане в зависимости от расходов воды в проливе (числа у линий)

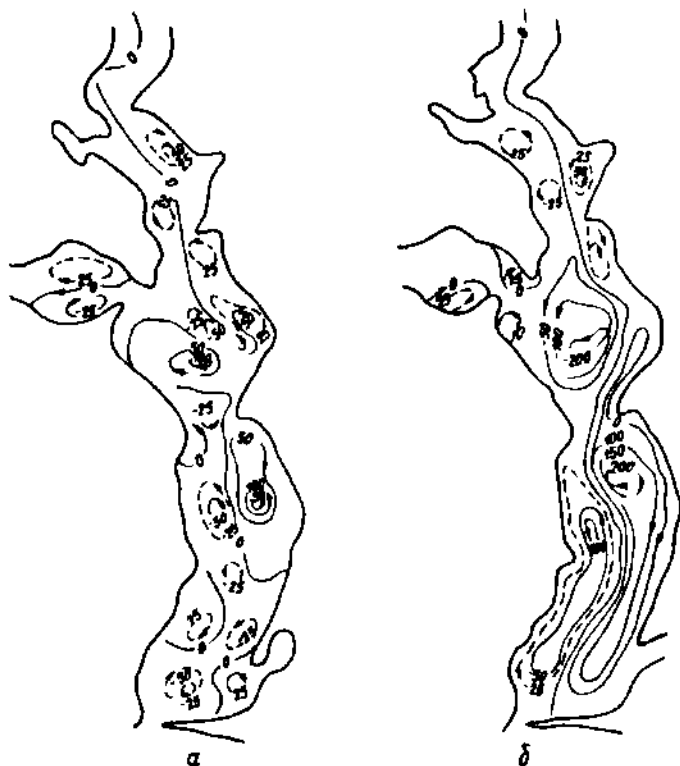


Рис. 6. Расчетные схемы течений (функции токов, $\text{м}^3/\text{с}$) в Березанском лимане при северном (а) и западном (б) ветрах скоростью 5 м/с при отсутствии водообмена в проливе

Наиболее вероятное распределение скоростей этого (назовем его стоковым) течения в лимане в безветренную погоду представлено на рис. 4, а. При больших расходах воды через пролив распределение стоковых течений в лимане не изменяется, однако скорости существенно увеличиваются (рис. 4, б). Достаточно отметить, что при расходе 900-950 $\text{м}^3/\text{с}$ (расход 1 %-ной обеспеченности) в центральной части лимана скорость перемещения водных масс достигает 6-8 $\text{см}/\text{с}$ и более.

Изменение осредненных по поперечному сечению скоростей стоковых течений по осевой линии при различных расходах воды в проливе показаны на рис. 5. Величины скоростей получены по формуле

$$V_i = \frac{F_i \cdot Q}{f_i \cdot F} \text{ (м/с)},$$

где V_i — средняя скорость течения в заданном i -м створе; F и F_i ,

площадь соответственно всего лимана и той его верхней части, которая, отсекается этим створом, км f , — площадь поперечного сечения лимана по створу, м Q — расход воды в проливе, м³/с. Направление течения определяется знаком расхода воды.

При наличии ветра поступающие в лиман морские водные массы включаются в систему ветровых и компенсационных течений. Происходит перемешивание вод, о чем свидетельствует отсутствие в таких условиях при визуальном определении четкой границы между морскими и лиманными водами. Если воспользоваться так называемым методом ветровых коэффициентов и принять этот коэффициент согласно рекомендациям А.С. Судольского [153], равным 0,01 (предполагается, что в подавляющем большинстве случаев в лимане имеют место компенсационные противотечения), то наиболее вероятная скорость ветрового течения в поверхностном слое может составлять примерно 5 см/с. И если принять среднюю скорость на вертикали равной 30 % поверхностной (с учетом того же фактора разнонаправленного течения), то среднюю скорость ветрового перемещения водных масс в лимане следует ожидать 15 см/с. Скорость ветра в районе Березанского лимана в 90 % случаев не превышает 10 м/с, т.е. наиболее вероятный диапазон скоростей разнонаправленного ветрового течения в лимане 0,3—3,0 см/с. Скорости течения в пределах 3,1—4,0 см/с наблюдаются в 8 % случаев, от 4,0 до 6,0 см/с — около 2 %. Вероятность скоростей ветрового течения более 6 см/с мала. При совпадении стокового и ветрового течений в лимане скорость перемещения водных масс в наиболее вероятном диапазоне скоростей ветра может достигать 15–25 см/с.

Повторяемость ветров различных направлений в исследуемом районе примерно одинакова, поэтому однонаправленность ветровых и стоковых течений длительно существовать не может. Если рассматривать средние условия (средний сток через пролив при средних скоростях ветра), то преобладание стоковых течений над ветровыми может иметь место лишь в предпроливной зоне (0,5—1,0 км) и в зоне сужения (9–10 км от устья лимана). Именно в этом месте наблюдается при

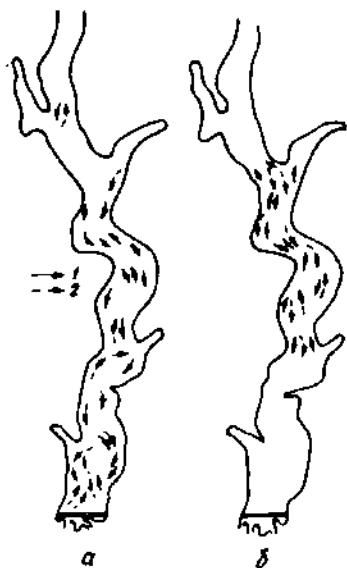


Рис. 7. Схема поверхностных (1) и придонных (2) течений в Тилигульском лимане, наблюдавшихся в июле 1984 г. при северо-западном (а) и южном (б) ветрах скоростью 5–8 м/с

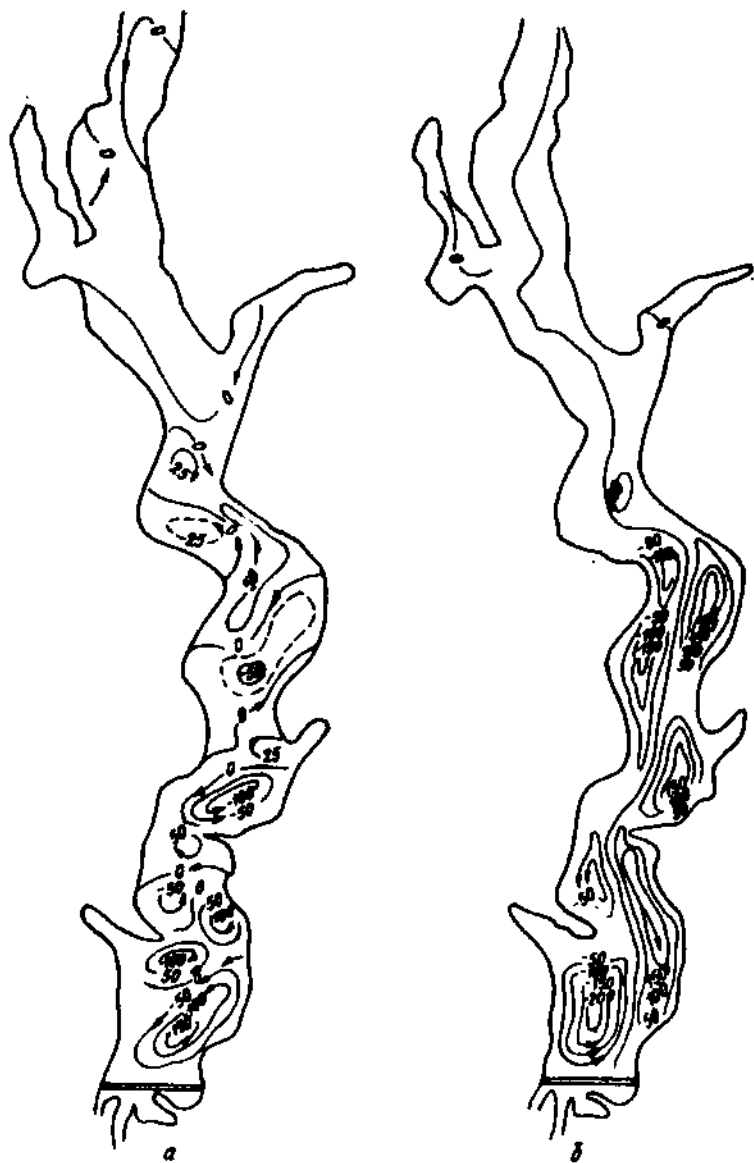


Рис. 8. Расчетные схемы течений (функции токов, $\text{м}^3/\text{с}$) в Тилигульском лимане при западном (а) и северном (б) ветрах скоростью 5 м/с

средних условиях сформировавшийся однопоточный по всей толще поток.

Оценить степень воздействия ветровых течений на динамику Березанского лимана и их роль в процессе перемешивания вод можно, проанализировав результаты их математического моделирования. Приведенные на рис. 6 расчетные распределения функций токов при ветре меридионального и широтного направлений указывает, что поле ветровых течений в этом водоеме обычно очень сложное. Последнее обуславливает существенное выравнивание по акватории многих гидрофизических, гидрохимических и гидробиологических характеристик вод.

Многочисленные измерения скоростей течения в Тилигульском лимане, осуществленные нами с 1979 по 1988 г., показали, что поля ветровых течений (а они являются здесь основными) исключительно сложные. Меандрирующая конфигурация лимана, сложный рельеф дна, наличие большого количества кос, неравномерность ветрового воздействия на водную поверхность из-за различия длин разгона ветра и сложного рельефа берегов обуславливают своеобразный хаос в процессе формирования течений. Попытки вскрыть натурными исследованиями детальную картину течений во всем водоеме при каком-либо стабильном ветровом режиме в большинстве случаев не дают положительных результатов. На рис. 7 приводятся наиболее удачные из таких попыток, хотя они свидетельствуют не только о сложности полей ветровых течений, но и о том, что для получения достоверных сведений о них необходимы специальные крупномасштабные гидрометрические работы. Экономическая целесообразность последних, видимо, станет возможной в будущем. В настоящее же время для получения цельной картины течений нами использован метод численного моделирования (метод полных потоков [164]).

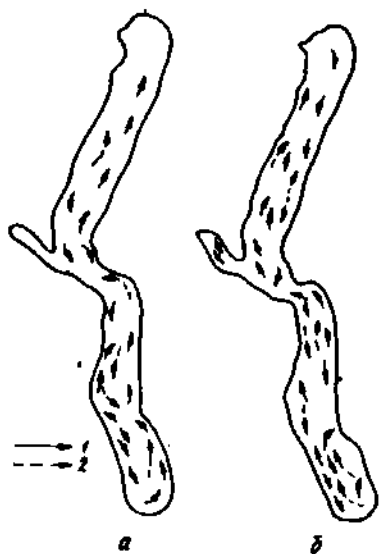


Рис. 9. Схема поверхностных (1) и придонных (2) течений в Хаджибейском лимане, наблюдавшихся в августе 1984 г. при юго-западном (а) и северо-западном (б) ветрах скоростью 5–7 м/с

метод численного моделирования

На рис. 8 приведены расчетные схемы течений (функции токов) в исследуемом водоеме при северном и западном ветрах. Они свидетельствуют, что при любом, направлении ветра в Тилигульском лимане формируются многочисленные циркуляционные вихри, которые обу-

словливают некоторую автономность отдельных участков водоема, что должно отражаться на их гидрохимическом и гидробиологическом режимах.

Конфигурация берегов и рельеф дна накладывают определенный отпечаток на систему ветровых течений в Хаджибейском лимане, где за счет указанных факторов при любом направлении ветра формируется несколько сравнительно обособленных циркуляций. Последнее иллюстрируется схемами течений, полученными при натурных исследованиях в августе 1984 г. (рис. 9). Скорость течений в отдельных районах лимана зависит прежде всего от характеристик ветра. Установлено, что в поверхностном слое перемещения происходят в среднем со скоростью 2-10 см/с, в придонном - 0,1-5 см/с. Наиболее активны ветровые течения, а следовательно, и общая динамика водоема при ветрах меридиональных и близких им направлений. Стоковые течения наблюдаются лишь в верховьях лимана в районе поступления талых и сбросных вод преимущественно весной и в периоды дождей паводков.

Волновой режим. Процесс волнения в лиманах Северного Причерноморья, определяясь ветровым режимом, в значительной степени зависит от конфигурации берегов, глубин и рельефа дна. Эти факторы накладывают отпечаток на размеры и другие характеристики волн.

В районе Березанского лимана наибольшей повторяемостью характеризуются северные (173 %), юго-западные (17,5 %) и северо-западные (16,4 %) ветры. Южные и западные ветры имеют повторяемость около 11 %. При северном ветре наибольшее развитие волн отмечается на центральных, более глубоководных частях лимана. При средних ветрах высота волн 0,10-0,15, длина 3,0 м. Волны при ветре редкой повторяемости достигают высоты 0,7-0,8, длины — 6,0-7,0 м. При южных ветрах зона наибольших высот (0,7-0,8 м) в южной части смещена к западному берегу. На остальной акватории южного участка высота максимальных волн меньше 0,5-0,6 м, средняя высота волн 0,1-0,2 м. При западном и восточном направлениях ветров активная зона ветрового волнения сдвинута к наветренным берегам. Высота волн при скорости ветра 12-13 м/с составляет 0,5-0,6 м. В западном отроге лимана при благоприятном ветре высота волн может достигать 0,7-0,8, длина 5,0-6,0 м.

Для Тилигульского лимана в теплый период года характерны северные (20,1 %), северо-западные (17,9%) и южные (14,1 %) направления ветров. На долю северо-восточных и юго-западных ветров приходится 11,4 %. Конфигурация береговой линии не способствует развитию волнового процесса. Наибольшего развития волны достигают на открытых плесовых участках.

Для Хаджибейского лимана наибольшая повторяемость ветра в теплый период года приходится на северные (18,4 %), северо-западные (17,3 %), южные (14,3%) и северо-восточные (11,9%) направле-

ния. Ветры остальных направлений имеют повторяемость 8,4-9,3 %.

При северном ветре в южной части лимана наиболее высокие волны отмечаются у западного берега. Ближе к восточному высота волн уменьшается. Препятствуют развитию волнения песчаные косы. В северной части наиболее высокие волны отмечаются у западного побережья. Высота их достигает 0,3-0,4, длина — 3-4 м.

При южном ветре наиболее высокие волны отмечены на границе южной и центральной частей, где при 50 %-ной вероятности превышения скорости ветра высота волн составляет 0,2, длина — 1,3-1,6 м. При скоростях до 10 м/с высота волн здесь достигает 0,3, длина — 2,0 м.

Восточные и западные ветры обуславливают наиболее развитое волнение в южной части. Средняя высота волн при этом у наветренных берегов 0,2, длина 1,4 м. При ветре 10 м/с высота волн увеличивается до 0,3 м. В северной части у наветренных берегов высота волн при меридиональных ветрах 0,1-0,2 м. В среднем по акватории высота волн близка к 0,1, длина к 1,3 м.

Гидрофизические характеристики водных масс лиманов. Среди абиотических компонентов водных экосистем большое значение имеют гидрофизические свойства воды. От них во многом зависит характер и интенсивность многих гидрохимических и гидробиологических процессов, таких, например, как минерализация органических веществ, фотосинтез, распределение по водной толще растворов, газов, биологических объектов и т.д. Наиболее экологически значимыми гидрофизическими характеристиками водной среды природных водоемов являются температура воды, ее распределение и динамика, оптические свойства воды, наличие, количество и состав в ней взвешенных примесей.

Термический и ледовый режим лиманов. Общей особенностью термического режима исследуемых лиманов является их хорошая теплообеспеченность. Водоемы находятся в регионе, где среднегодовая температура воздуха около 10 °С, а среднемесячные температуры в летний сезон обычно превышают 20-22 °С. Абсолютный наблюдавшийся максимум температуры воздуха здесь достигает 39-41 °С. Водные массы лиманов интенсивно снабжаются солнечной энергией. В летний период на водную поверхность лиманов поступает до $7-7,3 \cdot 10^7$ кДж/мес лучистой энергии солнца.

В формировании термического режима Березанского лимана определяющую роль играют погодные условия и активный водообмен с морем. Переход температуры воды через 0,2 °С весной обычно происходит в начале марта, через 4 °С — в конце марта — начале апреля. Переход температуры воды через десятиградусный рубеж чаще всего отмечается в последних числах апреля. В июле — августе температура воды достигает максимальных значений (23,6-24,0 °С). В период осеннего остывания водных масс переход температуры воды через 10 °С наблюдается в первой декаде ноября. Средняя дата перехода температуры воды через 4 °С отмечается в средних числах декабря.

В весенний период наиболее интенсивно прогргреваются воды северных мелководий, и по мере приближения к проливу температура воды понижается. Разность в температуре воды между северной и южной частями 3–4 °С. К лету температура воды на различных участках практически выравнивается. Лишь небольшое различие отмечается между восточным и западным мелководьями. Как правило, у восточного побережья температура выше на 0,2–0,7 °С. Суточный температурный максимум обычно наступает к 16.00. Амплитуда внутрисуточного колебания температуры воды составляет 2–3 °С. Суточный ход температур нарушается сгонно-нагонными ветрами и притоком морских вод. В распределении температуры по продольному разрезу лимана в поверхностных слоях выделяются две самостоятельные водные массы. В месте перехвата лимана косой происходит подъем вод. На глубине 25–3 м наблюдается термоклин, градиент которого составляет 1 °С на

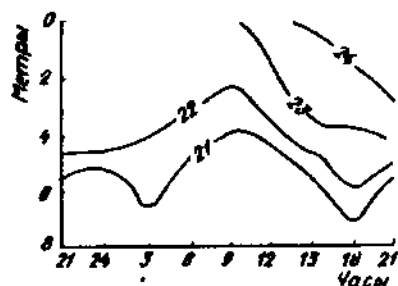


Рис. 10. Вертикальные колебания изотерм в Березанском лимане (07.08.82)

Вода быстро (до 8–10 °С в месяц) прогревается по всей глубине. В конце апреля — начале мая вода нагревается до 10 °С. Ослабляется вертикальная конвекция и образуется прямая температурная стратификация. Интенсивность нагревания быстро снижается до 6–3 °С в месяц. Весной наиболее интенсивно прогреваются северные мелководные участки. Лучше прогреваются западные мелководья. Наиболее прогретыми воды Тилигульского лимана бывают в июле — августе (до 25–29 °С). В это время в прибрежных мелководьях вода может нагреваться до 30–32 °С. При этом суточный диапазон изменений температуры может достигать 1,5–2,5 °С. Максимум нагревания приходится на вторую половину дня. Осеннее охлаждение наиболее интенсивно происходит в октябре — ноябре в среднем на 7 °С в месяц. Переход температуры воды через 10 °С отмечается в конце октября — начале ноября, через 4 °С — во второй и третьей декадах декабря.

Ледовый режим Тилигульского лимана характеризуется крайней неустойчивостью. Ледостав длится в среднем 59 дней. В отдельные зимы (1980–1981) его не было. Наибольшая толщина льда наблюдается 24

метр. В суточном ходе температур воды по глубине наблюдаются термоволны (рис. 10), обусловленные динамикой водообмена лимана с морем.

В Тилигульском лимане наиболее низкие температуры обычно отмечаются в январе — феврале (–0,2... –0,1 °С). Со второй половины марта температура воды переходит через четырехгра-

дусный рубж. Происходит ин-

тенсивное конвективное переме-

в начале февраля (20–29 см), в некоторые суровые зимы мощность ледового покрова достигает 60–75 см.

По данным береговых наблюдений, переход температуры воды через 0,2 °C весной на Хаджибейском лимане обычно происходит в начале марта, через 4 °C — в середине марта (рис. 11). Нагрев воды до 10° C весной чаще всего наблюдается в конце апреля. Постепенно повышаясь к июлю — августу, температура воды достигает максимальных значений (26–29 °C). С августа по сентябрь происходит значительное снижение ее — в среднем на 4–6 °C в месяц. Снижение температуры воды до 10 °C наблюдается в третьей декаде октября, через 4 °C — в начале декабря. Наибольшая многолетняя изменчивость среднемесячных температур воды отмечается в мае и сентябре — октябре (6–8 °C).

Распределение температуры воды по акватории лимана в весенний период характеризуется возрастанием ее с юга на север. Северный район Хаджибейского лимана на 1–2 °C теплее южного. Летом температура воды выравнивается, лишь мелководная подвержена кратковременным температурным колебаниям, связанным со сгонно-нагонными явлениями, в результате которых глубинные воды выходят на поверхность и понижают температуру верхних слоев. Разность температур между наветренным и подветренным берегами достигает 0,6–0,9 °C. При северных ветрах температура воды северной части лимана становится на 1,5–2,0 °C ниже, а при южных — на 1,3–2,0 °C выше, чем в южной. Осеннее охлаждение характеризуется более интенсивным остыванием мелководной. Суточная амплитуда колебания температуры воды 0,5–1,0 °C.

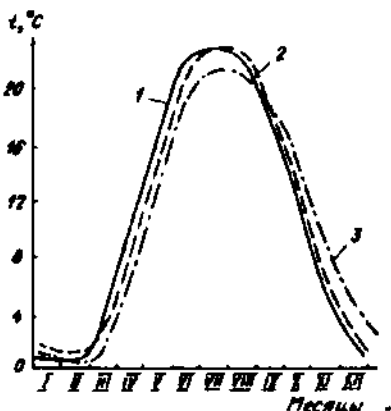


Рис. 11. Типовой ход среднемесячных температур воды в Тилигульском (1), Хаджибейском (2) и Березанском (3) лиманах

Температурная стратификация по глубине наиболее заметна в начале лета (рис. 12). В это время слой температурного скачка находится обычно на глубине 2–4 м, градиент в границах слоя составляет 3–5 °C на метр. Создаются условия, затрудняющие конвективное перемещение поверхностных слоев с глубинными. Но к середине лета в результате постоянного ветро-волнового перемешивания стратификация водной массы принимает неустойчивый характер. Вертикальные градиенты не превышают 1–2° C на метр. С наступлением осенней конвекции значения температуры воды выравниваются по глубине. Зимой, когда весь лиман покрыт льдом, наступает обратная термическая

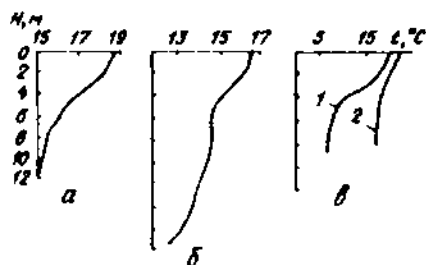


Рис. 12. Распределение температуры воды по глубине:

а — Березанский, б — Тилигульский лиманы (май 1979), в — Хаджибейский лиман (май — 1, июнь — 2 1981)

стратификация. Длительность периода с ледовыми явлениями на Хаджибейском лимане составляет в среднем 67, ледостава — 45 сут.

Оптические свойства воды. Солнечная радиация, поступающая в воду, является не только источником тепла, но и необходимым условием фотосинтеза первичной продукции. Количество поступающей в воду радиации зависит как от ее интенсивности, так и от оптических свойств водной массы.

Выше отмечалось, что на водную поверхность исследуемых водоемов в летний период приходится до $7-73 \text{ кДж/м}^2$ в месяц лучистого тепла. В табл. 3 приводятся осредненные месячные величины тепла, поступающего на водную поверхность и проникающего в воду.

Поскольку фотосинтез происходит в достаточно освещенном слое воды, мощность этого слоя (эвфотной зоны) является важным гидрооптическим показателем. Его определение возможно лишь при установлении характеристик ослабления света в конкретной водной среде.

Лабораторией гидрологии и отделом экологии водоемов Северо-Западного Причерноморья Института гидробиологии АН УССР в течение нескольких лет исследовались оптические характеристики вод лиманов [142]. В результате установлено, что воды исследуемых лиманов довольно прозрачны. Мощность эвфотной зоны в них достигает 6—9 м. Для этих водоемов свойственна прямая оптическая стратификация. На ее фоне изменения показателя ослабления солнечного света за счет гидробиологических процессов, в частности развития фитопланктона, выражены слабо. Стратификация в основном обусловлена взмучиванием донных отложений [142]. На глубоководных участках или в условиях длительного периода штилевой погоды прослеживается обратная стратификация с максимальными значениями показателя ослабления света в подповерхностном или некотором среднем слое, что обусловлено гидробиологическими факторами. Такие ситуации наблюдались в глубоководных районах Тилигульского и Хаджибейского лиманов. В Березанском лимане в условиях ветроволновых процессов высокой интенсивности оптические свойства вод практически определяются свойствами взвесей (северная часть). В южной части лимана, находящейся в зоне активного водообмена с морем, воды относительно прозрачны в любое время. Оптические свойства природных

Таблица 3. Количество солнечной энергии, поступающей в водные массы лиманов Северного Причерноморья в течение года (среденные данные), 10^5 кДж/м²

Солнечная энергия	Месяц												За год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Поступающая на водную поверхность в оптическом диапазоне	1,09	1,55	3,05	4,57	6,11	7,29	6,96	5,99	4,27	2,68	1,09	0,79	45,44
в диапазоне ФАР	0,52	0,74	1,47	2,19	2,94	3,50	3,34	2,88	2,05	1,29	0,52	0,38	21,82
Поступающая в водные массы в оптическом диапазоне	1,02	1,45	2,86	4,27	5,72	6,81	6,51	5,60	3,99	2,51	1,01	0,74	41,75
в диапазоне ФАР	0,46	0,66	1,30	1,93	2,58	3,08	2,94	2,53	1,81	1,13	0,46	0,34	19,22

вод в широкой практике эколь • го-гидрологических исследований сопоставляют по данным о ее прозрачности (по диску Секки) и цветности (по стандартной шкале ШЦВ).

Прозрачность Березанского лимана в течение года изменяется в пределах 0,5—3,0 м. Максимальная прозрачность наблюдается весной (1,0-1,9) и осенью (1,3-3,0 м). Летом прозрачность изменяется в пределах от 0,5 до 15 м. В распределении прозрачности по акватории лимана существует определенная закономерность — отмечается ее увеличение с севера на юг. Летом цветность воды соответствует XV—XVII номерам шкалы, весной и осенью — XII—XIV. Мутность воды в лимане в основном за счет "цветения" воды составляет весной 22—35, осенью — 5-134 г/м³.

Отличительной чертой Тилигульского лимана по отношению к остальным лиманам Северного Причерноморья является исключительно большая прозрачность воды (до 7 м). При сильных северных и южных ветрах в прибрежной зоне прозрачность воды снижается до 0,1—0,2 м. В распределении ее по лиману существует определенная закономерность — отмечается увеличение с севера (1,5) на юг (2,7 м). В весенний период прозрачность воды выше (1,5—4,8), чем летом (0,1-2,9) и осенью (0,6-3,0 м). Цветность вод Тилигульского лимана в южной части соответствует XI, а в северной XIII номерам по шкале цветности.

На прозрачность и цветность вод Хаджибейского лимана ока-

зывают влияние поступающие со сточными водами и склоновым стоком органические вещества. В районе сброса сточных вод прозрачность минимальна 0,1-0,2 м. По мере удаления от источника загрязнения прозрачность воды увеличивается. На мелководьях северной части, ближе к устью реки Малый Куяльник, под действием ветро-волнового взмучивания грунтов прозрачность снижается до 0,5 м. Наиболее высокая прозрачность вод лимана отмечается в центральной части, достигая порой 3 м. В сезонном аспекте увеличение значений прозрачности воды отмечается от весны (0,1-0,6) к лету (0,2-3,0 м).

БЕРЕЗАНСКИЙ ЛИМАН

Гидрохимический режим водоема ранее детально не изучали. Имеются лишь разрозненные данные ведомственных организаций. Основными факторами формирования режима являются гидрометеорологические условия района: температурный режим, ветровой, сгонно-нагонные явления, отрицательный, по данным гидрологов, в теплое время года (III—X) пресный (поверхностный сток + о тгки — испарение) баланс, морфометрия лимана и уровень жизнедеятельности растительных и животных организмов.

Таблица 4. Предельные и средние значения основных ионов и минерализации воды в Березанском лимане в 1979–1987 гг., мг/л

Ингредиент	Предельные значения	Среднее содержание
Ca^{2+}	24,0 – 216,0	122,5
Mg^{2+}	210,0 – 639,0	282,6
$\text{Na}^+ \text{ K}^+$	302,4 – 5910,5	2203,1
HCO_3^-	22,6 – 474,6	180,1
Cl^-	425,9 – 7100,0	3633,2
SO_4^{2-}	48,5 – 2763,7	657,0
Сумма ионов	978,0 – 14000	7159,5

Исследования Института гидробиологии АН УССР Березанского лимана охватывают период 1979–1983, 1985, 1987 гг. Они показали, что несмотря на сравнительно небольшой объем водной массы, режим водоема очень динамичен и сложен. На это указывает амплитуда экстремальных (предельных) значений в содержании основных ионов и величина минерализации воды (табл. 4).

В воде лимана преобладают ионы натрия, кальция, хлориды и сульфаты. Согласно классификации О.А.Алекина [1, 2], эта вода относится к хлоридно-натриевому классу, второго типа — $\text{Cl}_{II}^{\text{Na}}$. Значительные колебания в содержании ионов обусловлены динамикой водной массы и периодическим влиянием Черного моря, при котором происходят столкновение, смешение и трансформация водных масс — речной и морской.

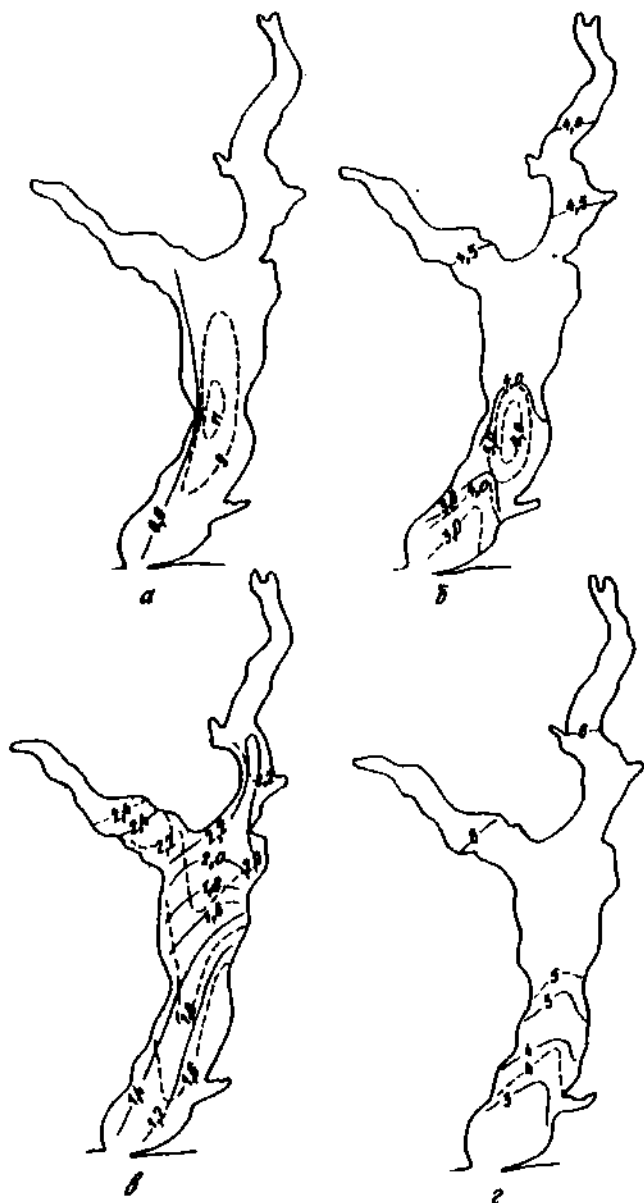
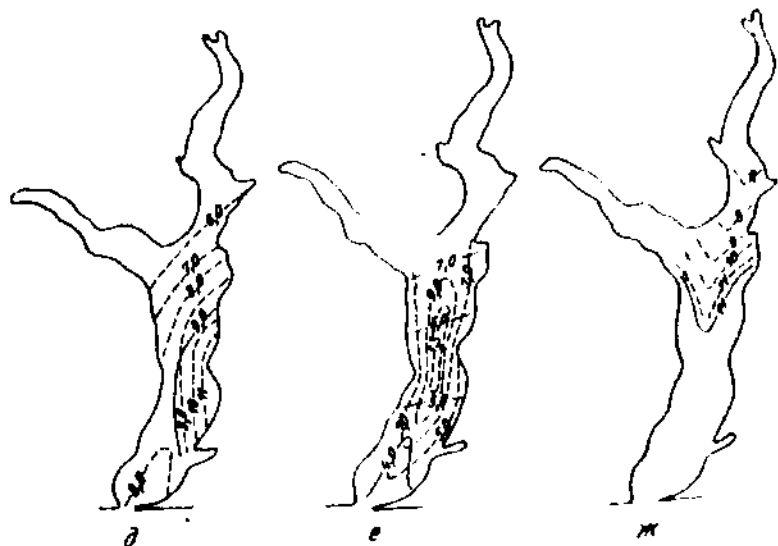


Рис. 13. Сезонные изменения содержания хлорид-иона (мг/л) в воде Березанского лимана:

а - февраль, б - апрель, в - май, г - июнь, д - июль, е - август, ж - октябрь



На пространственное распределение минерализации воды влияют поверхностный сток, нагоны морской воды и ветровая деятельность в регионе [143]. Морфометрия дна, извилистость и изрезанность берегов водоема создают сложную картину течений и водообмена. Пролит со стороны моря имеет бар с небольшими глубинами до 2 м. Поэтому в лиман при определенных гидрометеорологических условиях проникает вода в основном с поверхностного слоя моря. Это наблюдается во время действия ветров южной четверти (юго-западные, южные, юго-восточные) и установления над районом малоградиентных атмосферных полей, составляющих около 50 % всех типов синоптических процессов, формирующихся над северо-западной частью Черного моря в течение года. Соленость этого района моря находится под сильным распресняющим действием речного стока (Днепра, Днестра и Дуная). Поэтому заходящая при нагонах вода имеет обычно соленость ниже, чем вода в лимане (рис. 13). Лишь в период продолжительных и сильных нагонов и осенью заходит вода со стороны моря с соленостью более высокой, чем в центральном районе водоема.

Северные отроги лимана в основном мелководны, заросли макрофитами. В теплый период года в результате интенсивного влияния испарения (отрицательный пресный баланс) и перечисленных выше факторов соленость воды в них бывает выше, чем в других районах лимана (рис. 13, б-г).

Особенностью режима является то, что в лимане в углублениях дна наблюдаются замкнутые области повышенной солености (рис. 13, а, б). Как и в Днепровско-Бугском лимане, это зоны застоя морской воды, зашедшей сюда в период сильных нагонов и заполняющей

наиболее глубокие участки дна (станции 5, 5а, 6). Лишь ветровое перемешивание вовлекает придонные слои в водообмен, и соленость воды выравнивается по акватории водоема.

В зимний период при затрудненном водообмене соленость воды колеблется примерно в пределах 4—7 ‰ и возможны у дна участки с повышением ее до 11—13 ‰ (рис. 13, а). В северных отрогах соленость снижается до 1—2 ‰. Даже ранней весной соленость воды постепенно снижается с увеличением поверхностного стока до 3—4 ‰, но участки с повышенной соленостью (8—9 ‰) могут еще оставаться, так как водообмен малоинтенсивен.

В мае происходит распреснение водоема за счет весеннего половодья рек, впадающих в северо-западную часть Черного моря. В лиман заходит трансформированная речная вода. Наибольшее распреснение отмечается во второй половине мая. Соленость воды у дна и у поверхности колеблется — в среднем 1—2 ‰. С увеличением поступления вод со стороны Черного моря усиливается по дну компенсационное противотечение, вовлекая в водообмен даже самые отдаленные участки лимана (рис. 13, в). В первой половине лета (VI—VII) соленость воды увеличивается вначале до 4—6 (первая половина июня), а затем до 9—11 ‰ (рис. 13, г). Соленость воды продолжает расти и во второй половине лета (VIII). Для этого времени характерно интенсивное образование у дна замкнутых областей повышенной солености воды (11—14 ‰) и значительных вертикальных градиентов, до 5—6 ‰ (рис. 13, е). Осенью соленость воды остается высокой — до 13—14 ‰, но ввиду активизации водообмена и ветрового перемешивания вертикальные градиенты солености снижаются; застойные зоны у дна неустойчивы (рис. 13, ж).

В целом по лиману сезонная динамика солености воды характеризуется постепенным снижением ее от зимы к весне и последующим увеличением к осени.

На основе данных натурных наблюдений была рассчитана зависимость суммы ионов от содержания в воде хлоридов:

$$2 \text{ ионов} = 1,92 \cdot \text{СГ} + 185; \quad r = 0,96 \pm 0,01.$$

Соленость воды в лимане зависит от количества осолоненной речной воды, поступающей через пролив, и, следовательно, должна быть связана со стоком Днепра. Наблюдения показали, что в 1979 г. при среднегодовом его стоке 53,5 км³/год средняя соленость воды в лимане 8,3 ‰ при увеличении стока в 1981 г. до 59,9 км³/год соленость снизилась до 6—5 ‰.

Содержание главных ионов в воде лимана в связи со сложной динамикой его водной массы подвержено значительным колебаниям как в пространстве, так и во времени.

Концентрация ионов кальция колебалась от 24 до 216 мг/л, в среднем 122 мг/л (см. табл. 4). Амплитуда колебаний содержания кальция в течение года по сравнению с другими ионами минимальна. Наимень-

Таблица 5. Ионный состав воды в Бирезанском лимане в 1979–1987 гг., мг/л

Год	Месяц	Ca^{2+}	Mg^{2+}	$\text{Na}^+ + \text{K}^+$	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	Сумма ионов
1979	V	47,2	100,6	506,5	208,6	955,9	152,6	1971
	VIII	175,2	493,3	3358,8	188,6	5858,8	1463,4	11533
	X	157,2	422,0	3564,7	183,1	5619,8	1405,0	11352
1980	VI	85,2	185,7	1589,3	178,1	2488,9	417,8	4945
1981	II	104,2	189,3	1348,7	202,4	2176,8	207,6	4230
	V	72,3	112,6	846,8	217,8	1325,1	215,1	2790
	VIII	161,9	335,6	3086,6	226,6	4904,1	738,9	9454
	X	156,9	365,0	2874,7	202,0	4678,9	834,5	9112
1982	VI	92,2	284,4	1552,1	190,2	2488,7	416,9	5022
	VIII	113,2	246,8	1993,5	244,3	2983,3	540,3	6061
	X	134,2	331,0	—	—	4363,2	850,2	5679
1983	II	127,5	300,6	2464,2	134,6	3992,1	676,6	7696
	IV	94,1	171,1	1186,7	157,9	2334,8	383,4	4328
	VII	140,6	300,0	2878,0	134,0	4547,9	683,5	8685
	X	176,2	402,4	3592,5	132,2	5885,5	871,0	10960
1985	VI	104,7	255,2	2176,6	158,3	3476,6	558,9	6729,4
	VII	107,1	280,7	1323,4	184,7	3839,7	574,1	6309,1
1987	VI	114,6	165,7	2674,4	199,1	4339,6	680,9	8174,3

шее его количество отмечено в южной приустьевой части (в среднем 112–116 мг/л), находящейся в большей степени под влиянием северо-западной части Черного моря. В северной части содержание увеличивалось и составляло в среднем 127–128 мг/л. В период развития компенсационных течений вода из северных отрогов лимана с повышенным содержанием Ca^{2+} может заполнить придонный слой всей северной половины лимана (Х, 1982). В период сложной циркуляции водной массы (изменение направления ветра, смена течений) могут создаваться замкнутые области пониженного или повышенного содержания кальция в воде (П, IV.83). В период весны, когда в лимане нагоняется трансформированная речная вода (V) у дна количество кальция может быть выше, чем в поверхностном слое, а во второй половине лета — наоборот.

Сезонная изменчивость содержания Ca^{2+} повторяет ход величин минерализации воды, но по мере осолонения лимана (к августу — октябрю) с повышением солёности воды увеличивается и концентрация кальция (табл. 5) причем с осолонением лимана наибольшее увеличение наблюдается в северной части водоема.

Содержание ионов магния за исследуемый период колебалось от 21 до 639 мг/л, в среднем — 283 мг/л (табл. 5). Наименьшие его концентрации наблюдались в северной части лимана, в его отрогах, наибольшие — в южной. Водобмен влияет на распределение ионов Mg^{2+} по акватории водоема. Весной в период нагона трансформированной речной воды содержание Mg^{2+} в южной части может быть ниже, чем в северной. В период застоя морской воды у дна вертикальный градиент содержания этого иона может достигать 2–4-кратного размера (IV.83).

Циркуляция воды в водоеме такова, что в период смены направления ветров или сгонно-нагонных явлений вся водная масса может разбиться на отдельные замкнутые области повышенного или пониженного содержания в воде Mg^{2+} (11.83). Сезонная динамика содержания ионов магния в воде характеризуется уменьшением весной (V) и постепенным увеличением его концентрации к осени. Содержание его плохо коррелирует с величиной стока Днепра, очевидно, гораздо большее значение в его режиме и концентрации имеет объем морской воды, приходящей в лиман в период нагонных явлений (см. табл. 5).

По акватории лимана максимальные концентрации суммы ионов $Na + K$ наблюдались в левом северном отроге — около 4 ‰ (X.83) и в углублениях дна в районе станций 2а, 5, 5а и 7, минимальные — в весенний период, при заходе поверхностной воды со стороны Черного моря (станции 2, 2а, 3, 4, 5). За исследуемый период сумма ионов $Na + K$ изменялась от 302 до 5910 мг/л, в среднем составляя 2203 мг/л. Минимальные количества приходятся на май (см. табл. 5), затем концентрации повышаются к летне-осеннему периоду. Но на протяжении всего года левый отрог лимана и Бейкушевский залив в среднем имеют всегда повышенное содержание $Na + K$. Этому, очевидно, способствуют их мелководность, высокая зарастаемость высшей водной растительностью, что приводит к интенсивному влиянию испарения и транспирации.

Преобладающим анионом в воде Березанского лимана является Cl^-

Изменения его содержания в течение года также значительны (см. рис. 3). Затем идут сульфаты и гидрокарбонаты (SO_4^{2-} и HCO_3^-). Наименьшим колебаниям в течение года подвержен уровень гидрокарбонатов (в пределах 100-200 мг/л), в то время как концентрация сульфатов и хлоридов колеблется в пределах 200—1000 мг/л. Сезонные изменения содержания этих ионов обусловлены влиянием водообмена, ветровой циркуляцией, на мелководьях процессами испарения и трансформации. В северной части водоема гидрокарбонатов всегда больше, хлоридов и сульфатов — наоборот. Своеобразная ситуация наблюдается весной при нагоне поверхностной воды моря. При этом в лимане возникает компенсационное течение, и содержание SO_4^{2-} и Cl^- в верховьях лимана становится больше, чем в южной части.

Газовый режим Березанского лимана формируется под влиянием местных гидрометеорологических условий, жизнедеятельности растительных и животных организмов. За исследуемый период содержание растворенного в воде кислорода колебалось от 1,4 до 25,3 мг/л, или 1,3-27,6 ‰, в среднем составляя 10,6 мг/л (табл. 6). В отдельные годы в углублениях дна в летний период может наблюдаться полное отсутствие кислорода в воде. Насыщение воды кислородом в разных участках лимана происходит под действием различных факторов. Верховья лимана (северные отроги) находятся под влиянием стока малых рек.

Таблица 6. Среднее содержание растворенного кислорода и pH воды Березанского лимана в 1979–1987 гг.

Год	Ме- сяц	O ₂		pH	CO ₂ , мг/л	Экстремальные величины со- держания O ₂			
		мг/л	%			min		max	
						мг/л	%	мг/л	%
1979	V	9,27	96	8,8	0	5,7	57	13,4	175
	VIII	8,58	94	8,5	0	1,7	19	13,0	145
	X	8,81	81	8,3	0	11,1	60	12,5	115
1980	VI	7,61	79	8,3	17,3	3,9	41	11,1	117
1981	II	8,92	63	8,3	1,35	7,0	50	9,8	69
	V	12,2	117	8,6	0	9,8	102	14,9	147
	VIII	8,14	91	8,6	0	5,5	62	13,9	159
1982	X	9,32	87	8,3	3,61	8,2	78	10,2	95
	VI	9,11	96	8,2	0	7,1	76	10,6	110
	VIII	11,8	131	8,6	0	0	0	17,5	196
1983	X	9,66	92	8,2	0	6,3	60	11,8	113
	II	13,8	98	8,2	8,94	8,4	59	17,4	118
	IV	11,2	104	8,3	0,51	5,0	47	13,8	127
1985	VII	7,42	77	8,2	0	3,4	35	10,8	111
	X	10,3	98	8,2	0	8,4	81	11,4	109
	VI	16,1	175	8,6	0,14	2,0	23	22,8	263
	VII	11,7	124,9	8,6	0	12,4	134	25,3	276

Они мелководны, водообмен в них затруднен, загрязняются коммунальными стоками, поэтому в этих участках почти постоянное теплый период года наблюдается дефицит кислорода. Центральная часть лимана имеет лучший водообмен, менее загрязнена, а южная часть имеет активный водообмен с Черным морем.

Сезонные изменения содержания кислорода в воде Березанского лимана зависят от гидрометеорологических условий года, интенсивности водообмена с морем, уровня жизнедеятельности гидробионтов, степени загрязнения. Водосм расположен на юге Украины, где теплая, мягкая зима, а повторяемость суровых невелика. Поэтому часто температура воды и воздуха остается положительной $-0 + 4,0$ °C. В таких температурных условиях при ясной погоде жизнедеятельность гидробионтов не прекращается, и содержание кислорода повышается по всей глубине до 9–17 мг/л. В феврале 1983 г. значительная концентрация кислорода (до 17 мг/л) наблюдалась в Бейкушевском заливе и* северных отрогах (рис. 14, а). В более холодные и ветреные зимы она снижается, но при отсутствии ледостава остается высокой 6–9 мг/л (11,81) (температура воды колебалась от 0 по 15 °C).

Весной содержание кислорода в воде колеблется в основном от 8 до 14 мг/л в поверхностном слое и от 5 до 12 мг/л у дна. В мае в водосм со стороны Черного моря заходит трансформированная днепровская вода. Содержание в ней кислорода более высокое (рис. 14, а). В отдельные годы с теплой ранней весной, но еще с незначительным водооб-

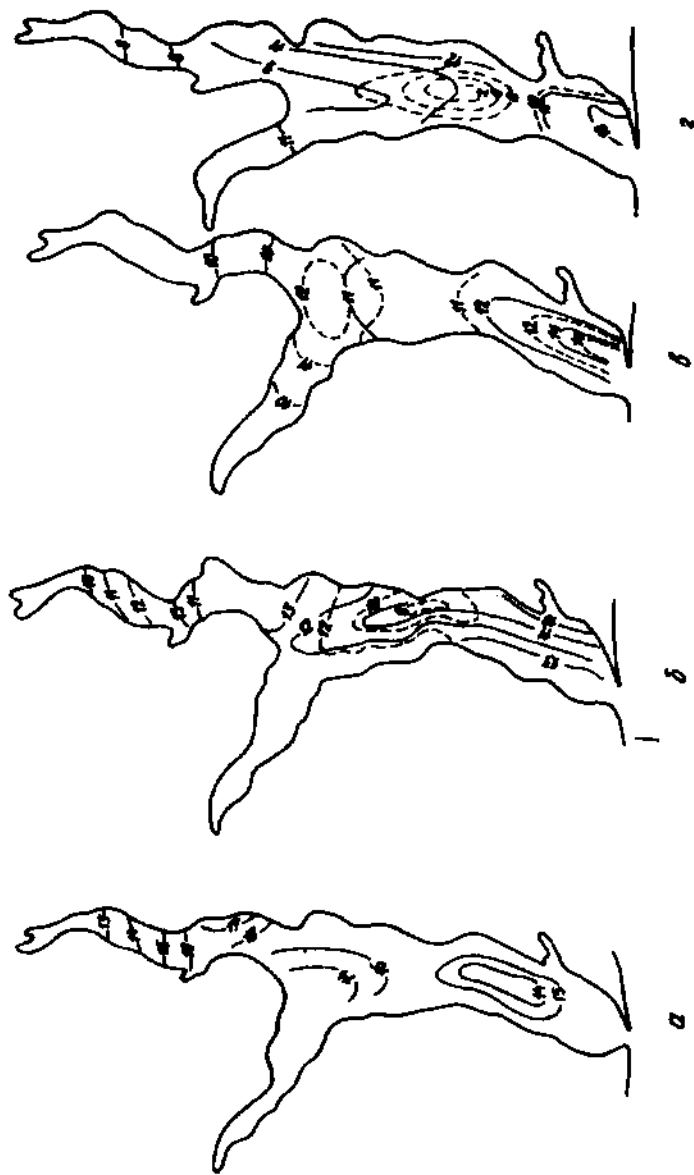


Рис. 14. Основные изометрии содержания растворенного кислорода в Бerezинском лимане:
 а - апрель, б - май, г - июнь, з - июль, а - август, я - октябрь. Здесь и на следующих рисунках сплошной линией
 обозначен поверхностный слой, пунктирной - придонный

меном концентрация кислорода в верховьях лимана снижается до 5-6 мг/л.

В июне в лимане появляются анаэробные зоны, иногда со значительным дефицитом кислорода у дна (VII.80). В это время начинается осолонение лимана, усиливаются окислительные процессы. По-прежнему наиболее пониженным содержанием кислорода в воде отличаются северные отроги лимана. В июле с повышением температуры воздуха и воды интенсивность окислительных процессов возрастает. В случае штилевых теплых погод в водоеме отмечена не только резкая плотностная стратификация, но и разница в распределении кислорода: поверхностный слой может быть пересыщен им до 260—270% (VII.85), а у дна наблюдается его дефицит (рис. 14, в). При более динамичной обстановке, когда развиты стогно-нагонные явления, содержание кислорода уменьшается, особенно в северных отрогах водоема. Наиболее низкой концентрацией кислорода отличается правый отрог, куда попадают стоки рыбоводных прудов, расположенных в русле р.Березанка. У дна формируются анаэробные зоны. В августе зона дефицита кислорода в воде расширяется. Она занимает всю центральную часть лимана, благоприятный кислородный режим остается лишь на узкой прибрежной полосе вдоль берега. Снижается содержание кислорода и в предпроливной зоне, куда попадает морская вода, — 8 мг/л (рис. 14, г). В этот период морская вода сильно загрязнена стоками рек, которые в летнюю межень не способны очиститься от сточных вод всех предприятий и населенных пунктов, содержащих в это время года максимальные концентрации загрязняющих веществ. В августе могут быть случаи полного исчезновения кислорода в придонных слоях (VIII.82) и появления сероводорода и двуокиси углерода (до 40 мг/л). Вся северная часть лимана может испытывать дефицит кислорода — 50—70 % насыщения (VIII.79). Снижение солености в этот период улучшает состояние кислородного режима, и его насыщение увеличивается до 196 % (VIII.82).

Осенний период при активной циркуляции водной массы характеризуется равномерным насыщением кислородом всей акватории лимана. В среднем за весь период наблюдений его содержание в водной массе колебалось от 6 до 12 мг/л, или 59—114 % насыщения, в отдельные годы — до 9—10 мг/л (X.81). Анаэробные зоны неустойчивы во времени с возникновением ветрового перемешивания, а также стогно-нагонных явлений они исчезают. Сглаживаются горизонтальные и вертикальные градиенты содержания кислорода (Р И С. 14.ЛС).

Таким образом, сезонная динамика содержания растворенного кислорода характеризуется максимумом концентраций зимой (за счет увеличения его растворимости и снижения интенсивности деструкционных процессов), весной (V) и в начале лета (VI) (в результате интенсивности процесса фотосинтеза растительных организмов) и минимумом летом (VII—VIII), когда процессы минерализации органического вещества и загрязнение лимана сточными водами протекают наиболее активно

(см. табл. 6) В последние годы наблюдается некоторое улучшение кислородного режима.

Содержание двуокиси углерода в Березанском лимане колебалось в пределах 0—40 мг/л. В основном для этого водоема характерно отсутствие CO_2 в воде, но в зимний период и ранней весной в местах, находящихся под влиянием поверхностного стока, она появлялась в сравнительно небольших количествах — не более 17 мг/л. В период образования анаэробных зон появление CO_2 в придонном слое свидетельствовало о наличии процессов минерализации органического вещества и напряженном кислородном режиме в этих участках.

Значения pH воды колебались во все периоды года от 6,2 до 9,2. За все время исследований отмечалась устойчивая стратификация pH: повышение значений в поверхностном слое и снижение ко дну. Весной в период развития растительных организмов величины pH воды достигали повсеместно 8,8–9,0, затем они постепенно снижались до 8,0—8,2. В отдельных случаях у дна в анаэробных зонах, когда концентрация кислорода уменьшалась до 0—1 мг/л, значения pH снижались до 6—7 (станция 5, VIII.82). В остальных наблюдениях уровень pH воды в придонном слое не превышал 8,08. Зимой, в зависимости от гидрометеорологических условий значения pH колебались от 8,0 до 8,2, в теплые зимы — до 8,4 (1983).

Режим биогенных веществ в Березанском лимане создается под влиянием многочисленных факторов, из которых основными являются поверхностный сток, интенсивность водообмена с Черным морем, гидрометеорологические условия, жизнедеятельность растительных и животных организмов, наличие сточных вод предприятий и населенных пунктов.

Содержание аммонийного азота подвергалось большим колебаниям как во времени, так и в пространстве — от 0 до 18 мг N/л. Нулевые концентрации NH_4 в воде — редкое явление, они наблюдались в вегетационный период и при нагоне воды со стороны моря (VI.80., VIII.81). При многосуточных наблюдениях в августе 1981 г. в районе станции 2 также обнаружены нулевые концентрации NH_4 вначале в придонном слое в вечерние часы, а ночью — и в поверхностном. Днем содержание аммонийного азота увеличивалось. Наибольшие концентрации NH_4 отмечались летом в период интенсивного развития окислительных процессов в основном в придонном слое (VII.83, VIII.82, VII.85). В октябре 1981 г. по всей акватории лимана наблюдалось повышение концентрации NH_4 более 1 мг N/л. Повсеместное наличие в это время нитритного азота и ничтожно малое количество нитратного (0—0,080 мг/л), а также напряженное состояние газового режима свидетельствуют о загрязнении водоема и недостаточной интенсивности процессов окисления. В результате происходило накопление аммонийного азота.

Содержание и распределение аммонийного азота в лимане подвер-

Таблица 7. Средние концентрации биогенных веществ в воде Березанского лимана в 1979–1987 гг., мг/л

Год	Месяц	NH ₄	NO ₂	NO ₃	PO ₄ ³⁻	Fe	Si
1979	V	0,105	0,004	0,059	0,014	0,050	3,15
	VII	—	0,014	0,035	0,089	0,251	1,12
	X	—	0,005	0,071	0,051	0,128	0,53
1980	VI	0,570	0,017	0	0,010	0,110	5,78
1981	II	—	0,023	0,062	0,011	0,010	0,40
	V	0,200	0,012	0	0,007	0,154	0,08
	VIII	0,215	0,045	0,757	0,229	0,628	1,25
1982	X	1,134	0,009	0,045	0,042	0,207	5,27
	VI	0,260	0	0,018	0,073	0,065	2,39
	VIII	0,533	0,028	0,033	0,078	0,090	0,085
1983	X	0,439	0,006	0,025	0,085	0,057	0,87
	II	0,498	0,008	0,032	0,017	0,126	1,17
	IV	0,486	0,011	0,020	0,022	0,023	0,02
1985	VII	0,693	0,020	0,019	0,051	0,012	1,31
	X	0,186	0,004	0,041	0,075	0,042	0,55
	VI	0,002	0	0,211	0,012	0,001	1,50
1987	VII	0,392	0,003	0,021	0,027	0,107	1,55
	VI	0,161	0,036	0,018	0,114	0,017	1,88

жено влиянию сгонно-нагонных явлений. При нагонах по поверхности водоема заходит менее обогащенная им морская вода, по дну распространяется компенсационное противотечение с более высокой концентрацией в воде БЩ. При сгонах происходит равномерный сток воды из лимана в море, при этом уменьшаются вертикальные градиенты в содержании аммонийного азота и концентрации его снижаются. Осенью при сгонах, развивающихся в периоды снижения уровня жизнедеятельности организмов, происходит повсеместно увеличение содержания NH₄ в воде.

Сезонная динамика его выражена не очень четко (табл. 7), однако можно сказать, что в среднем в лимане происходит постепенное нарастание содержания NH₄ в воде от весны к осени. Наименьшие концентрации его наблюдаются в мае в период максимального влияния поверхностной воды со стороны моря. Некоторое снижение содержания NH₄ отмечено также в августе в результате увеличения потребления его развивающимся фитопланктоном и интенсификации процессов окисления. Максимальное содержание аммонийного азота наблюдается в середине лета (июль) и осенью при высокой температуре воды и воздуха, испарении и влиянии (бактериальной окислении).

Содержание нитритного азота в исследуемый период колебалось от 0 до 0,460 мг N/л. Нулевые концентрации его наблюдались весной (V.79, VI.82), когда интенсивно протекают одновременно два процесса: потребление развивающимися растительными организмами (в частности, водорослями) и при достаточно высоком содержании кислорода.

Таблица 8. Предельные концентрации минерального фосфора в воде Березанского лимана в 1979-1987 гг., мг/л

Горизонт	Весна	Лето	Осень	Зима	За период наблюдений
Поверхностный	0-0,132	0,004-0,414	0,010-0,093	0-0,042	0-0,414
Придонный	0-0,066	0,010-0,417	0,007-0,193	0-0,035	0-0,417

Наибольшие концентрации нитритного азота отмечались летом и зимой, что явилось результатом ухудшения кислородного режима и усиления влияния антропогенного фактора (см. табл. 7). Повышенными они бывают также на участках интенсивного влияния сточных вод (левобережье).

Сезонная динамика выражена слабо. В основном отмечается увеличение содержания нитритного азота от весны к осени и зиме.

Нитратный азот является конечным продуктом минерализации азотсодержащих органических соединений. Его уровень колебался в пределах 0-1,686 мг N/л, а в Бейкушевском заливе в августе 1981 г. достигал 3,0 мг/л. Как и нитритов, нулевые концентрации *NO₃-N* наблюдались в основном весной (VI.80, V.81, см. табл. 7). Это является результатом потребления *NO₃-N* в процессе жизнедеятельности гидробионтами. В теплое время года при наличии анаэробных зон с дефицитом кислорода у дна также не обнаружено нитратов и наблюдалось большое количество аммонийного азота (VII.82). В этих случаях хорошо выражена вертикальная стратификация его содержания. В отдельные годы в северных отрогах на фоне повышенного содержания *NH₄⁺* и *NO₃⁻* в воде концентрации нитратов снижаются до 0, т.е. состояние кислородного режима в этот период в лимане весьма неблагоприятно. Вертикальная стратификация содержания *NO₃⁻* в воде очень неустойчива и зависит от доминирования того или иного фактора либо процесса в данный момент времени.

Сезонная изменчивость содержания нитратного азота в воде лимана характеризуется плавным нарастанием его количества от весны к лету (см. табл. 1). Если зимой, весной и осенью оно подвержено значительным колебаниям, зависящим от многочисленных факторов, то летом происходит накопление нитратного азота в водоеме.

Концентрации минерального фосфора в воде Березанского лимана за период исследований (1979-1987) колебались от 0 до 0,417 мг/л (табл. 8).

Минимальные концентрации фосфора связаны с интенсивным потреблением его гидробионтами. Обычно это наблюдалось весной (май-июнь) и в основном в мелководных северных участках водоема.

Наибольшие концентрации фосфора обусловлены развитием в придонных горизонтах водоема восстановительных условий. Это характер-

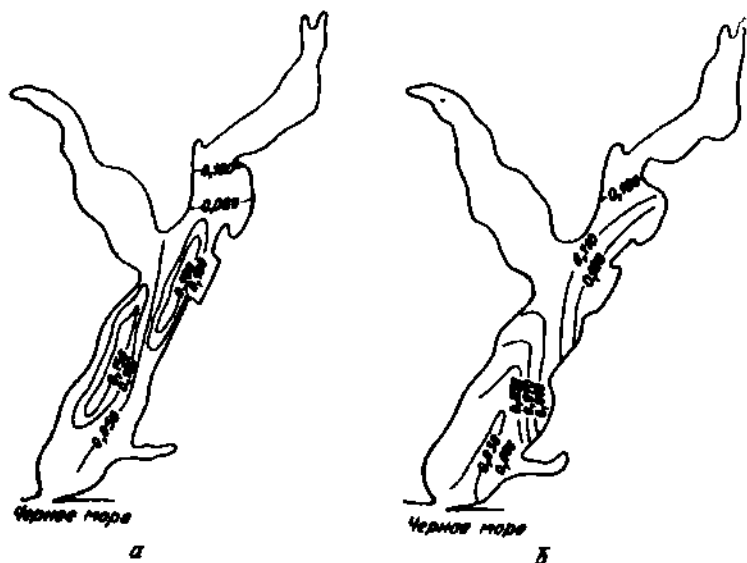


Рис. 15. Распределение минерального фосфора (мг/л) в Березанском лимане:
 а – август 1982 г., б – среднегодовое содержание за 1979–1987 гг.

но для летнего периода (рис. 15, а). Замедленный водообмен или длительный штиль способствуют формированию у дна анаэробных зон, продолжительность существования которых зависит от гидрометеорологических условий в данном районе. Причина их образования такая же, как и в Днепровско-Бугском лимане: застой морской воды в углублениях дна; устойчивая плотностная стратификация слоев воды; превышение потребления кислорода из воды над поступлением; наличие большого количества органического вещества, растворенного и взвешенного. В этих участках лимана наблюдаются замкнутые области повышенного содержания минерального фосфора в воде (рис. 15, б). Они могут существовать длительное время (в течение 10–14 дней и более), пока ветровое волнение водной массы приведет к перемешиванию слоев и их аэрированию.

Наиболее богаты минеральным фосфором районы восточного побережья и северные отроги лимана. Обычная картина пространственного распределения его по акватории – увеличение содержания от проливной зоны, контактирующей с Черным морем, к северу (рис. 15, б).

Влияние сгонно-нагонных явлений на режим фосфора в лимане также значительно. При продолжительных сгонных ветрах северной четверти в нем наблюдается обратное компенсационное течение из моря в водоем. При этом происходит значительное осолодение водоема. Морская

Таблица 9. Межгодовые и сезонные изменения содержания минерального фосфора в воде Березанского лимана в 1979–1987 гг. (средние величины), мг/л

Сезон	1979	1980	1981	1982	1983	1985	1987
Зима	—	—	0,006	—	0,017	—	—
Весна	0,013	0,002	0,007	0,102	0,022	0,012	0,114
Лето	0,085	—	0,023	0,106	0,041	0,027	—
Осень	0,051	—	0,042	0,085	0,075	—	—

вода может проникнуть даже в северные отроги лимана. Хотя количественных выражений этой зависимости не получено, данные многосуточных наблюдений в лимане указывают на существование этих явлений. В период наблюдений в августе 1982 г. при увеличении хлорности воды с 5,4 до 8,3 ‰ содержание фосфора снизилось от 0,089 до 0,015 мг/л в поверхностном слое и от 0,118 до 0,015 мг/л - в придонном, т.е. в 6 и 9 раз соответственно. Это указывает на то, что гидрометеорологическая ситуация в районе исследований может существенно влиять на гидрохимический режим водоема, в частности на режим биогенных веществ. В среднем за исследуемый период соотношение Fe : P по водоему колебалось от 0,7 до 27, с наибольшими значениями для южной части и наименьшими - для северной.

Не подвержено сезонной изменчивости и соотношение N : P. Оно металось в среднем от 2,15 до 44. Эти колебания обусловлены гидрометеорологическими факторами, а также уровнем развития и жизнедеятельности растительных и животных организмов в водоеме.

Сезонная динамика содержания минерального фосфора в воде Березанского лимана определяется в основном гидрометеорологическими условиями года (температурный, ветровой режимы, интенсивность стоно-нагонных явлений), а также уровнем развития гидробионтов в водоеме.

В лимане происходит накопление фосфора от зимы к концу лета, а межгодовые изменения показывают, что содержание фосфора в водоеме постепенно увеличивается (табл. 9).

Важным элементом в жизнедеятельности гидробионтов является растворенное железо. Его круговорот в природных эдоемах сложен, особенно в тех, где происходит смешение водных масс. За исследуемый период в Березанском лимане содержание железа колебалось от 0 до 10 мг/л. Нулевые концентрации его наблюдаются в основном весной в предприливной и центральной частях, куда проникает вода с моря. Минимальное содержание железа в левом отроге лимана, причем это характерно для него в течение всего года. Правобережье, включая Бейкушевский залив, отличается повышенным содержанием железа по сравнению с левобережьем, очевидно, вследствие антропогенного влияния.

Максимальные концентрации железа отмечаются при стогах, когда вода из северной половины лимана при падении уровня начинает выт-
42

гиваться к южной части, и летом в период развития анаэробных зон. Значительное увеличение количества железа в воде наблюдается в ночные и утренние часы в период многосуточных наблюдений 0,92–1,0 мг/л (VIII.82). Очевидно, в эти часы суток происходит вертикальное перемещение водных слоев, и придонные слои обогащают поверхностные.

Сезонная динамика распределения растворенного железа характеризовалась постепенным увеличением его количества к концу лета — осени.

Содержание кремния в воде лимана колебалось в 1979–1987 гг. от 0 до 9 мг/л. Наименьшие концентрации наблюдались весной в период развития растительных и животных организмов, наибольшие — летом и осенью. Кремнием сравнительно богаты мелководные отроги лимана, заросшие высшей водной растительностью. При вторжении морской воды в районе прохождения гидрофронта (станции 2, 2а, 5) наблюдались случаи повышения концентраций кремния до 5–8 мг/л. В Бейкушевском заливе, богатом различными видами гидробионтов, также повышено содержание кремния в течение всего года. Чем ближе к осени, тем существеннее вертикальный градиент концентрации кремния в воде: придонные слои содержат кремния гораздо больше, чем поверхностные.

Суточная динамика содержания кремния характеризуется одним максимумом в ночное время и минимумом в дневное. Большое влияние на нее оказывают процессы жизнедеятельности гидробионтов.

Сезонная динамика отличается значительным увеличением содержания кремния в начале лета и снижением до минимума — зимой.

ТИЛИГУЛЬСКИЙ ЛИМАН

Исследования (1979–1987) показали, что соленость воды в лимане в зависимости от района водоема и сезона года колеблется от 5 до 17 ‰. Солевой режим в водоеме относительно устойчив в течение года, и среднегодовые величины солености воды колебались в пределах 9–13 ‰ (табл. 10). Основными факторами формирования режима являются поверхностный сток и гидрометеорологические условия в регионе. Наименьшая соленость наблюдается весной, когда увеличен поверхностный сток, в частности р.Тилитул, — 5,3–10 ‰. В это время года лиман разделяется на два района: северный, несколько опресненный, мелководный, и южный, более глубокий и соленый. К лету соленость воды увеличивается до 10–14 ‰ и выравнивается по глубине. Соленость воды в южном районе выше, чем в северном. Этому способствуют замедленный водообмен, фильтрация морской воды через песчаную косу и периодически открывающийся рыбоводный канал, прорытый из

Таблица 10. Сезонные изменения содержания главных ионов в воде Тилигульского лимана в 1979–1987 гг. (средние данные)

Год	Месяц	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	SO ₄ ²⁻	СГ	Сумма ионов
1979	V	$\frac{85,4}{1}$	$\frac{503,2}{12}$	$\frac{3223}{37}$	$\frac{366,7}{2}$	$\frac{12,4}{0,1}$	$\frac{54,0}{0,3}$	$\frac{5922}{48}$	10168
	VIII	$\frac{90,2}{1}$	$\frac{572,2}{12}$	$\frac{3757}{37}$	$\frac{344,0}{1,4}$	$\frac{56,0}{0,5}$	$\frac{34,0}{0,2}$	$\frac{6865}{48}$	11719
	X	$\frac{119,0}{1}$	$\frac{601,6}{11}$	$\frac{4290}{38}$	$\frac{379,0}{1,4}$	$\frac{24,1}{0,2}$	$\frac{100,8}{0,4}$	$\frac{7725}{48}$	13240
1981	II	$\frac{96,2}{1}$	$\frac{481,1}{11}$	$\frac{3245}{37}$	$\frac{312,4}{2}$	$\frac{70,4}{1}$	$\frac{274,8}{2}$	$\frac{5748}{46}$	10228
	V	$\frac{98,6}{2}$	$\frac{453,2}{11}$	$\frac{3147}{37}$	$\frac{211,6}{2}$	$\frac{66,5}{1}$	$\frac{363,7}{1}$	$\frac{5525}{46}$	9866
	VIII	$\frac{108,6}{1}$	$\frac{474,1}{10}$	$\frac{3802}{38}$	$\frac{358,6}{2}$	$\frac{52,4}{1}$	$\frac{924,9}{5}$	$\frac{6071}{43}$	11792
	X	$\frac{95,0}{1}$	$\frac{491,9}{10}$	$\frac{4181}{39}$	$\frac{372,8}{1}$	$\frac{54,2}{0,6}$	$\frac{1030}{5}$	$\frac{26491}{43}$	12716
1983	II	$\frac{38,0}{0,5}$	$\frac{513,3}{12}$	$\frac{3462}{38}$	$\frac{262,6}{1}$	$\frac{53,9}{0,5}$	$\frac{937,4}{5}$	$\frac{5576}{43}$	10843
	IV	$\frac{5,42}{0,1}$	$\frac{516,0}{12}$	$\frac{3381}{38}$	$\frac{318,0}{5}$	$\frac{56,0}{0,5}$	$\frac{880,7}{1,5}$	$\frac{5436}{43}$	10593
	VII	$\frac{100,3}{1}$	$\frac{499,6}{11}$	$\frac{3603}{38}$	$\frac{277,5}{1}$	$\frac{73,0}{1}$	$\frac{964,0}{5}$	$\frac{5785}{43}$	11302
	X	$\frac{126,7}{2}$	$\frac{520,7}{10}$	$\frac{4102}{38}$	$\frac{273,5}{1}$	$\frac{97,8}{1}$	$\frac{1013,8}{5}$	$\frac{6537}{43}$	12671
1984	VII	$\frac{107,8}{1}$	$\frac{493,8}{10}$	$\frac{3872}{39}$	$\frac{356,0}{1,5}$	$\frac{55,8}{0,5}$	$\frac{1045,4}{5}$	$\frac{6077}{43}$	12008
	VIII	$\frac{116,1}{1,5}$	$\frac{536,1}{10}$	$\frac{4008}{38}$	$\frac{316,3}{1}$	$\frac{47,0}{0,5}$	$\frac{1115,9}{6}$	$\frac{6356}{43}$	12495
	IX	$\frac{135,3}{2}$	$\frac{410,0}{8}$	$\frac{4193}{40}$	$\frac{303,4}{1}$	$\frac{96,1}{1}$	$\frac{1143,0}{6}$	$\frac{6248}{42}$	12529
1987	VI	$\frac{86,8}{1,3}$	$\frac{475,0}{11,4}$	$\frac{3065}{37,3}$	$\frac{382,0}{1,8}$	$\frac{6,59}{0,1}$	$\frac{971,7}{6}$	$\frac{5119}{42}$	10105

Примечание. В числителе – мг/л, в знаменателе – % экв.

Черного моря в лиман. Осенью соленость воды в лимане колеблется в пределах 10–17 ‰, и ее вертикальный градиент снижается до 1 ‰. Наиболее устойчив режим солёности зимой (по всей акватории 9–11 ‰), когда поверхностного стока почти нет, а водообмен незначителен.

Поверхностный сток составляет незначительную величину в водном и солевом балансе лимана. Более существенным фактором формирования режима солёности воды являются гидрометеорологические характеристики региона: ветер, испарение, атмосферное давление, которые

определяют развитие таких внутриводоемных процессов, как гидродинамические. В годы или периоды активной ветровой деятельности, особенно при большой повторяемости ветров продольного для лимана направления (северной и южной четверти), происходит интенсивное горизонтальное смещение поверхностных слоев воды, а на смену им поднимаются глубинные. При этом водная масса постепенно перемещивается, вертикальные и горизонтальные градиенты солености снижаются до минимума (1–2 ‰) и соленость воды в лимане по всей акватории одинаково невысока (10–13 ‰) (рис. 16, а–е). Особенностью такого режима является повышение солености в верховьях лимана за счет увеличения минерализации воды поверхностного стока в осенний период года (рис. 16, д). В течение года она варьирует в пределах 10–13 ‰.

В годы с преобладанием штилевой погоды или слабых ветров (они могут составлять 52 % общего числа в году

[57]), соленость воды повышается до 15–17 ‰. Режим солености воды активно формируется под влиянием испарения и усилившегося влияния просачивающейся через песчаную пересыпь морской воды со стороны Черного моря (рис. 17). Испарение влияет на увеличение солености воды поверхностного слоя в основном на мелководных участках лимана. Усиление проникновения морской воды начинается с июля, достигая максимума в августе (более 16 ‰), и уменьшается в октябре (рис. 17, а–е). На распределение солености влияют также морфометрия дна водоема и изрезанность его береговой линии (рис. 17, а, б, е). В центральном и северном районах могут наблюдаться замкнутые области повышенной солености, расположенные в наиболее глубоких уча-

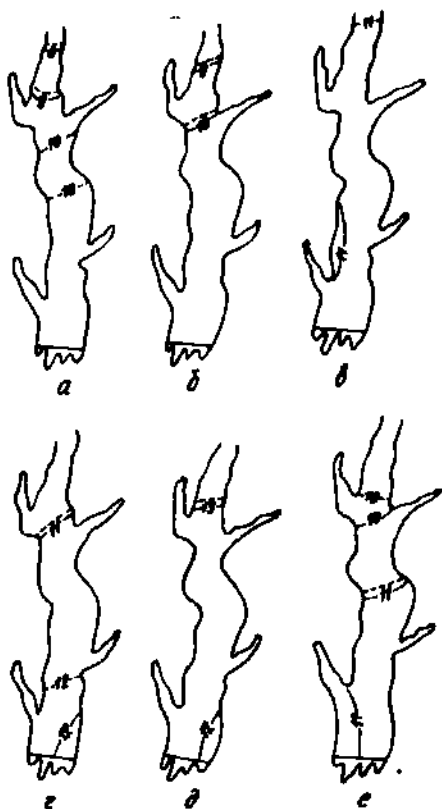


Рис. 16. Сезонные изменения солености воды в Тилигульском лимане при доминировании гидродинамических процессов:

а – май, б – июнь, в – июль, г – август, д – октябрь, е – февраль

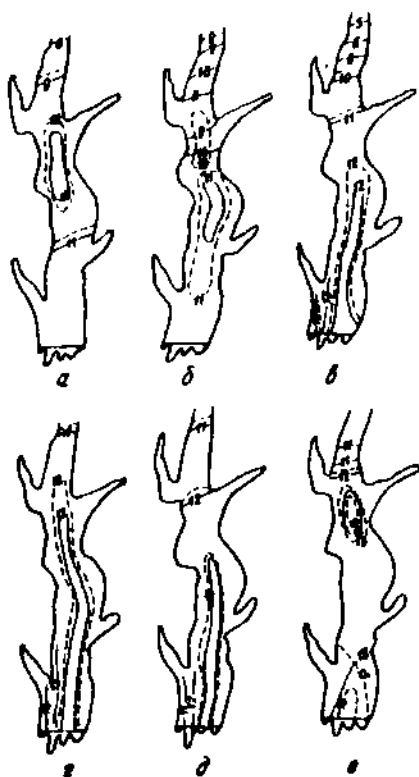


Рис. 17. Сезонные изменения солености воды в Тилигульском лимане в период антициклональной погоды:

а — апрель, б — май, в — июль, г — август, д — сентябрь, е — октябрь

спецификой состояния карбонатного равновесия в соленой воде [58]. В этот же период наблюдались максимальные концентрации в воде магния (в 5–6 раз больше, чем кальция), отсутствие свободной двуокиси углерода и значительные величины рН (8,2–8,4). Наибольшие концентрации кальция отмечались в северном отроге лимана, на который оказывает влияние р.Тилигул.

Сезонная динамика содержания кальция характеризуется равномерным увеличением его от зимы к осени. Прослеживается слабая межгодовая тенденция увеличения его концентраций в воде лимана.

• Одной из особенностей солевого режима лимана является повышенное содержание ионов магния в воде. Его концентрации колебались

от 0 до 196 мг/л. Нулевые концентрации отмечались в период теплой зимы и весны 1983 г. Это было связано с особенностями и уровнем развития населяющих водоем растительных и животных организмов и со

стках дна. Вертикальные и горизонтальные градиенты солености увеличиваются по сравнению с периодами доминирования гидродинамических процессов и достигают 3–4 ‰. Сезонная динамика выражена четко, как и тенденция постепенного увеличения солености от весны к осени (рис. 16, 17).

В среднем за период исследований (1975–1987) соленость воды в лимане составила 11,3 ‰ со значениями в южном районе — 12, центральном — 11 и северном — 9–10 ‰. Вода во все сезоны года оставалась, согласно классификации О.Л.Алекина [1], хлоридно-натриевой второго типа (C1²).

Таблица 11. Сезонные изменения содержания компонентов газового режима и величины рН воды в Талигульском лимане в 1979–1987 гг.

Год	Месяц	O ₂				рН	CO ₂ , мг/л
		мг/л	%	min	max		
1979	V	12,0	118	10,2	16,0	8,45	0
	VIII	6,9	77	5,4	8,3	8,41	1,1
	X	4,1	36	2,4	5,5	8,47	0
1981	V	9,2	96	5,2	11,8	8,37	0
	VIII	3,5	36	1,0	6,2	8,34	0
	X	7,9	74	4,2	11,5	8,3	0
1983	II	13,8	102	10,1	17,0	8,20	4,3
	IV	9,6	82	6,0	13,1	8,24	0
	VII	7,2	78	4,6	9,5	8,24	0
	X	10,4	97	9,1	11,2	8,33	0
1984	VII	10,1	109	6,3	12,6	8,34	0
	VIII	10,0	110	7,2	12,7	8,47	0
	IX	15,6	170	13,9	18,1	8,62	0
1987	VI	7,8	83	5,0	9,6	8,71	0

от 233 до 680 мг/л, с преобладанием 300—500 мг/л. Магний равномерно распределен по акватории и лишь весной и осенью прослеживается различие в его содержании между северным и южным районами: в последнем его больше. Этому способствует, очевидно, проникновение с юга в водоем морской воды. Вертикальная стратификация в распределении магния характеризуется увеличением его концентраций ко дну в южном районе и повышенным содержанием в поверхностном слое в северном. Сезонная динамика аналогична солености воды — увеличение от весны к осени (см. табл. 10).

Концентрации ионов натрия и калия в исследуемый период колебались от 1273 до 5528 мг/л. Минимальная величина характерна для северного района, распресняющегося под действием речного стока, максимальная — для южного. Устойчивой стратификации в распределении этих ионов не наблюдалось. Все зависит от степени влияния в определенное время того или иного гидрометеорологического фактора: просачивания морской воды через песчаную пересыпь; развития гидродинамических процессов, приводящих к вертикальным и горизонтальным перемещениям слоев воды, их смешению. Сезонная Динамика в содержании ионов натрия и калия аналогична динамике солености воды (см. табл. 10).

Газовый режим в лимане формируется под влиянием в основном двух факторов — местных метеорологических и гидрологических условий и жизнедеятельности развивающихся в нем растительных и животных организмов. Эти факторы обуславливают содержание и внутриводную динамику компонентов газового режима и величины рН.

Гидрометеорологические условия исследуемого водоема таковы, что под их влиянием состояние газового режима различно в отдельных

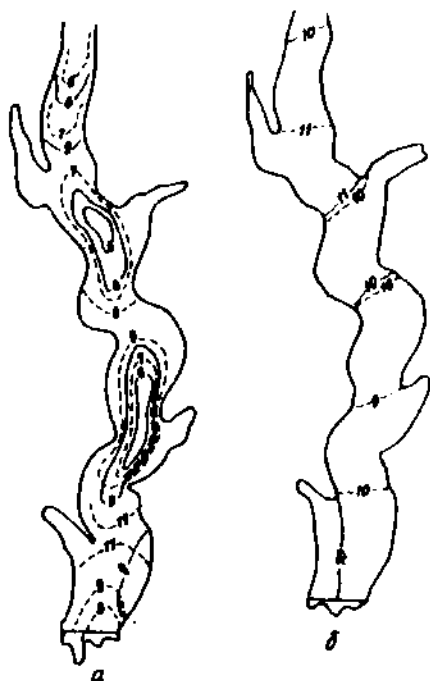


Рис. 18. Распределение и содержание O_2 (мг/л) в воде Тилигульского лимана в октябре 1981 (а) и июле 1983 г. (б)

вышала 100 %, в основном колебалась в диапазоне 60-90 %. Лишь в отдельных случаях на мелководных участках при интенсивном фотосинтезе растительных организмов она достигала 140—190 %. Максимальные концентрации растворенного в воде кислорода наблюдались в весенний период (май) и в начале осени (сентябрь), в периоды развития фитопланктона, минимальные — летом (июль — август) (табл. 11).

Наиболее напряженный газовый режим создается в летне-осенний период в теплые безветренные дни (антициклональная погода). Водная масса лимана разделяется согласно его морфометрии на три, иногда четыре участка с замкнутыми областями пониженного содержания кислорода, соле- и водообмена (рис. 18, а). В таких местах при сохранении гидрометеорологической ситуации более недели создаются устойчивые анаэробные зоны. Увеличиваются вертикальные и горизонтальные градиенты содержания O_2 до 5-6 мг/л.

Сезонная динамика в содержании и распределении кислорода в воде при таких гидрометеорологических условиях характеризуется независимым от времени года формированием в каждом районе лимана

его районах — северном, южном и центральном. Наиболее благоприятный режим наблюдался в южном, где более интенсивен водообмен, происходит подток морской воды через пересыпь и периодически открывающийся рыбоводный канал. Затем, особенно в весенний период, когда активно развиваются растительные организмы, выделяется северный район. Более напряженный газовый режим в центральном районе лимана, который в связи с особенностями конфигурации береговой линии и рельефом дна имеет специфическую замкнутую циркуляцию воды и замедленный водообмен [155].

Содержание растворенного в воде кислорода в водоеме в период исследований колебалось в пределах 1,0-18,1 мг/л, или 12-191 % насыщения. Но насыщенное газом воды кислородом редко пре-

замкнутых областей специфичного его распределения, с наиболее низкими концентрациями в центральном районе. В южном и северном районах их величина во многом зависит от антропогенного фактора, а именно рекреации на юге и удельного веса сточных вод предприятий сельского хозяйства на севере.

В период развития гидродинамических процессов, обусловленных активной ветровой деятельностью в регионе, когда происходит поднятие глубинных вод и усиление водообмена во всех районах, содержание кислорода хотя и несколько снижается, но выравнивается по акватории (рис. 18, б). Такое уменьшение концентраций растворенного в воде кислорода непродолжительно и при более длительной гидрометеорологической ситуации они вновь начинают увеличиваться. Сезонная динамика в содержании кислорода в такие годы выражена четко — уменьшение от зимы к осени с минимумом в летний период. Вертикальная стратификация в распределении кислорода в воде характеризуется в основном уменьшением его концентраций ко дну (см. рис. 18). При развитии гидродинамических процессов в водоеме под влиянием бризовых ветров (утром и вечером) на мелководьях и продолжительных постоянного направления ветрах может наблюдаться и обратная картина (см. рис. 18). При продолжительности антициклональной погоды анаэробные зоны у дна лимана могут наблюдаться во всех его районах продолжительное время. В целом, в многолетнем аспекте наряду с повышением солености в лимане наблюдается увеличение содержания в воде растворенного кислорода. Среднее содержание O_2 в воде Тилгульского лимана составляет 9,2 мг/л, или 91 % насыщения.

Двуокись углерода в воде лимана в основном не было (см. табл. II). Она эпизодически появлялась в зарослях макрофитов в северном районе и на крайнем юге как результат рекреационного влияния (курорт Коблево). Ее отсутствие в воде связано с меньшей растворимостью CO_2 в соленой воде и моментальным химическим взаимодействием с ней с образованием угольной кислоты, которая далее в зависимости от физико-химических условий диссоциирует в две стадии на водородный, гидрокарбонатный и карбонатный ионы [58]. Кроме того, в вегетационный период она усиленно потребляется растительными организмами, которыми богат водоем.

Величина pH в лимане колебалась в пределах 7,6–8,8, оставаясь в среднем на уровне 8,2–8,4. Минимальные значения наблюдались лишь один раз в октябре 1981 г. в южном районе у станции 1, максимальные отмечались обычно в период интенсивного развития фитопланктона и перифитона (VI.87). Колебания pH в лимане обусловлены не только влиянием фотосинтетической деятельности растительных организмов, но и физико-химическими особенностями минерализованной воды [169]. Обычно значения pH больше в поверхностном слое, но при смещении слоев воды и миграции планктонных организмов может наблюдаться обратная стратификация этих значений. Ярко

Таблица 12. Сезонные изменения содержания биогенных веществ в воде Тилигульского лимана в 1979–1987 гг., мг/л

Год	Месяц	NH_4^+	NO_2^-	NO_3^-	PO_4^{3-}	$\text{Fe}_{\text{общ}}$	Si
1979	V	0,071	0,013	0,018	0,096	0,063	1,36
	VIII	—	0,009	0,080	0,038	0,360	0,51
	X	—	0,005	0,075	0,130	0,145	3,30
1981	V	—	0	0	0,075	0,115	0,02
	VIII	—	0,015	0,506	0,099	0,688	1,37
	X	1,052	0,007	0,019	0,146	0,063	0,62
1983	II	0,577	0,006	0,033	0,223	0,071	0,80
	IV	0,397	0,009	0,026	0,135	0,058	0,19
	VII	1,110	0,007	0,081	0,085	0,024	0,77
	X	0,130	0,008	0,081	0,339	0,030	0,35
1984	VII	0	0,008	0	0,025	0,001	0,28
	VIII	0,001	0,005	0,001	0,135	0,011	0,07
	IX	0,335	0,005	0,026	0,170	0,056	0,92
1987	VI	0,105	0,025	0,005	0,320	0,011	3,63

выраженной сезонной динамики в распределении величины pH воды в лимане не прослеживается, хотя в среднем она увеличивается от зимы к концу весны (VI), затем снижается летом и вновь увеличивается к осени в зависимости от интенсивности тех или иных внутриводоемных процессов. В последние годы в лимане наблюдается синхронное повышение уровня кислорода и солености, увеличение pH воды.

В период исследований содержание биогенных веществ колебалось: NH_4^+ — 0–1,64, NO_2^- — 0–0,056, NO_3^- — 0–1,035 мг N/л, PO_4^{3-} — 0,013–0,462 мг P/л, Si — 0–7,4, Fe — 0–0,905 мг/л. Необходимо отметить, что интенсивность внутриводоемных процессов в лимане очень велика и круговорот веществ активен в течение всего года. Поэтому содержание всех биогенных веществ подвержено значительным колебаниям, средние значения представлены в табл. 12.

Наименьшие концентрации аммонийного азота обычно наблюдаются в весенний период, когда интенсивен процесс потребления развивающимися растительными организмами. Содержание его увеличивается к осени независимо от преобладания тех или иных внутриводоемных процессов в течение года. Разница лишь в абсолютных значениях концентраций. В годы с развитием гидродинамических процессов содержание NH_4^+ в воде увеличивается за счет поднятия глубинных слоев. Поэтому часто в поверхностном слое концентрации аммонийного азота выше, чем у дна. Вначале наблюдаются большие вертикальные градиенты в содержании азота, но затем по мере продолжительности такой ситуации они уменьшаются. В эти периоды в северной части содержание соединений азота в воде увеличено по сравнению с центральной и южной. Особенностью содержания и распределения аммонийного азота в лимане в период продолжительного сохранения антициклональной погоды в регионе является усиленное его потребление растительными ор-

Таблица 13. Экстремальные концентрации минерального фосфора в воде Тили

Горизонт	Зима	Весна	Лето	Осень	За период исследований
Поверхностный	0,073-0,268	0,042-0,229	0,030-0,462	0,055-0,444	0,03-0,46
Придонный	0,178-0,312	0,051-0,164	0,015-0,462	0,109-0,410	0,015-0,46

ганизмами. Поэтому можно наблюдать полное исчезновение NFT в воде (VII.84).

Сезонная и межгодовая динамика подчинена особенностям гидрометеорологического режима года, доминированию тех или иных процессов внутри водоема, ветровому, температурному режимам и т.д. Поэтому определенных закономерностей ее установить не удалось.

Осенью нитриты не были обнаружены, в остальное время года они имелись в воде в небольших количествах. Сезонная динамика характеризуется постепенным снижением концентрации нитритов от весны к осени (см. табл. 12).

Минимальные концентрации нитратного азота наблюдались лишь в периоды интенсивного развития организмов (весной и осенью). В мае 1879, 1981, июле 1984 г. он не был обнаружен в водоеме, но и в этот период возможны локальные участки временного повышения его содержания в поверхностном слое за счет местного загрязнения. В основном в северной части лимана нитратов больше, чем в южной, но в случаях доминирования гидродинамических процессов может быть наоборот.

Максимальные концентрации нитратов отмечались летом, при наличии анаэробных зон, дефиците растворенного кислорода в воде, низких величинах pH. В таких условиях содержание аммонийного азота уменьшалось до нуля, имелись нитриты. В этих участках происходило, накопление нитратного азота до максимальных величин — 0,5—0,9 мг/л.

Содержание нитратов в воде лимана тесно связано с состоянием кислородного режима: чем больше кислорода в воде, тем меньше нитратов, и наоборот. В периоды штилевых погод, когда резко возрастает жизнедеятельность организмов, может наблюдаться полное потребление нитратов (VII.83).

Сезонная изменчивость в содержании нитратов в водоеме очень неустойчива, она зависит от гидрометеорологической обстановки в районе и доминирования тех или иных внутриводоемных процессов (см. табл. 19).

В исследуемый период концентрации минерального фосфора колебались от 0,015 до 0,462 мг/л. В среднем же его содержание составляло 0,139 мг/л. Полного потребления фосфора даже в период интенсивного развития фитопланктона и других растительных организмов не наблюдалось (табл. 13).

Таблица 14. Сезонная изменчивость соотношений N : P, Fe : P и насыщенности воды кислородом в Тилигульском лимане в 1979–1987 гг.

Показатель	Зима	Весна	Лето	Осень
N : P	3	2	10	2
Fe : P	0,2	0,9	6	0,5
O ₂ , %	93	99	63	86

нению с Березанским, а также о довольно хорошей обеспеченности соединениями азота и фосфором живущих в водоеме организмов.

Наибольшие концентрации фосфора по всей акватории лимана были отмечены осенью 1983 и 1984 и летом 1987 г. В этот период соотношение N : P снизилось до 0,6. Такая ситуация была определена продолжительностью действия ветра на водную поверхность лимана южного направления, вызвавшим подъем глубинных вод, богатых растворенными соединениями биогенных веществ.

Железо не принимает активного участия в круговороте фосфора в водоеме. Его роль увеличивается лишь в летний период при дефиците кислорода в воде.

Динамика содержания минерального фосфора в воде лимана больше связана с состоянием газового режима. Необходимо отметить, что в водоеме в основном насыщение воды ниже 100 %. Лишь в зимний период при отсутствии ледостава и весной насыщение кислородом воды увеличивается до 110–120 %. Основное расположение зон с дефицитом кислорода – северный и центральный районы, в южном они редки из-за более интенсивного в нем водообмена (рис. 19, б). В связи с этим часто наблюдается обратная стратификация в распределении последнего по глубине и обратная зависимость от содержания кислорода в воде (рис. 19, а).

Сезонная изменчивость в содержании минерального фосфора в воде Тилигульского лимана выражена нечетко. Это связано с гидрометеорологическими условиями в регионе и доминированием тех или иных внутриводоемных процессов. В среднем по водоему прослеживается небольшое увеличение содержания его в воде. По-прежнему наиболее богатыми им остаются северный и центральный районы водоема.

Содержание растворенного в воде железа в исследуемый период колебалось от 0 до 0,857 мг/л. Такие значительные колебания обусловлены спецификой внутриводоемных процессов: гидродинамическими особенностями водоема и значительным уровнем развития в нем гидробионтов. Не отмечалось железо сравнительно редко (IV.79, VII.84, VI.87) – в периоды интенсивного развития гидробионтов (весна) и длительного спокойного состояния водной массы. Максимальные или повышенные концентрации его наблюдались в летний период, в годы с доминированием гидродинамических процессов (1979, 1984). В годы

Соотношение N : P в течение года колебалось в среднем по лиману от 2 до 10 с наибольшими значениями летом и наименьшими – весной и осенью (табл. 14). Такое соотношение свидетельствует о более стабильном режиме биогенных веществ в Тилигульском лимане по сравнению с Березанским, а также о довольно хорошей обеспеченности соединениями азота и фосфором живущих в водоеме организмов.

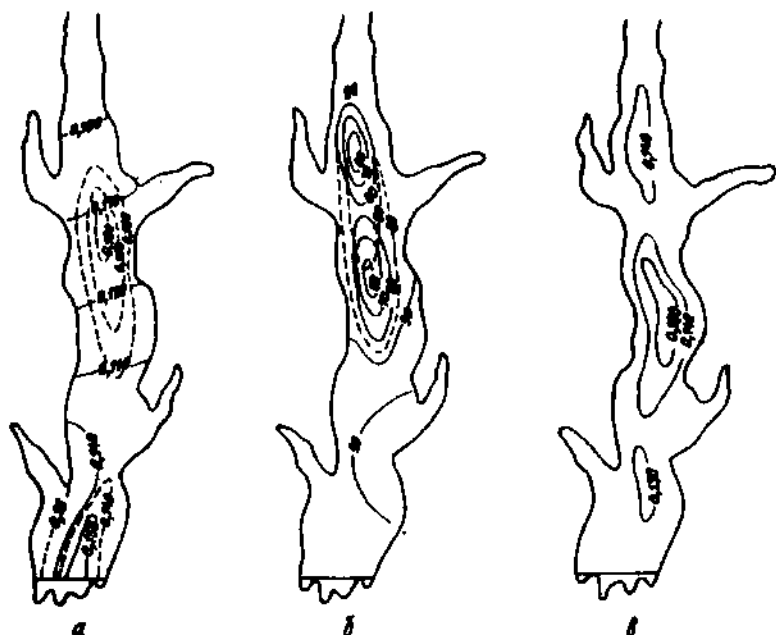


Рис. 19. Содержание и распределение минерального фосфора (мг/л) (а), насыщение воды кислородом (%) в Тилигульском лимане в апреле 1983 г. (б) — и среднегодовое содержание фосфора в воде лимана за период исследований (в)

с менее активной гидрометеорологической обстановкой аналогично*соединениям азота и минерального фосфора происходит интенсивное потребление железа населяющими водоем организмами. В последние годы содержание железа по водоему стало более равномерным, а его абсолютные значения уменьшились.

Анализ исследований позволил выделить участок водоема с наименьшим содержанием железа — южный район, который находится под влиянием морской воды, попадающей в водоем по рыбопроводному каналу или путем просачивания через песчаную косу. Максимальным содержанием железа отличается северный район лимана, который испытывает наибольшее влияние поверхностного стока.

По сравнению с другими водоемами Тилигульский лиман наименее богат кремнием. В исследуемый период его содержание колебалось от 0 до 5,55 мг/л. Одним из источников поступления кремния в лиман является поверхностный сток и жизнедеятельность водных организмов. Узкая зона пониженного его содержания проходит по наиболее глубокой продольной оси лимана, в мелководных прибрежных участках его больше. Распределение кремния по лиману в отдельные сезоны и пе-

риоды года "мозаично", и определенной его динамики установить не удалось: в 1979 г. максимальные его концентрации наблюдались осенью, в 1981 — летом, в 1983 зимой и летом, в 1984 г. — осенью. В последние годы произошло резкое снижение концентраций кремния, как и железа, в воде.

ХАДЖИБЕЙСКИЙ ЛИМАН

Сведений о солевом режиме Хаджибейского лимана сравнительно мало. Его изучение было начато в 1919 г. Е.С.Бурксером [17], определявшим химический состав рапы в водоеме. В течение двух летних месяцев ее соленость изменялась в пределах 28,1–32,7 г/л хлорид-иона. В последующие годы соленость увеличилась до 35–40 г/л, но соотношения ионов было прежним. Вода в течение этого периода была хлоридно-натриевой. Основным фактором солевого режима в 1919–1929 гг. было поступление морской воды, просачивающейся через пересыпь, поверхностный и подземный стоки. Со временем поверхностный сток стал доминировать в солевом балансе лимана и к 1933–1936 гг. соленость воды стала 13,9–17,0 г/л, в 1937–1938 гг. — 15,2–18,8 и в 1946–1947 гг. — 12,0–14,7 г/л [125].

По данным Одесского отделения ИнБЮМ АН УССР, соленость воды в лимане в 1963–1968 гг. составляла зимой 3–32‰, весной — 3–25, летом — 15–31 и осенью — 19–30 ‰ [125].

Исследования 1981–1984 гг. показали, что соленость воды в лимане изменялась от 4,0 до 9,7 г/л (табл. 15).

Вода в лимане в течение года хлоридно-натриевая второго типа ($\text{Cl}_{II}^{\text{Na}}$). Содержание главных ионов в воде в среднем (%): $\text{Na}^+ + \text{K}^+ - 35$, $\text{Mg}^{2+} - 9$, $\text{Ca}^{2+} - 5$, $\text{Cl}^- - 42$, $\text{SO}_4^{2-} - 5$ и $\text{HCO}_3^- - 4$. При этом концентрации их в исследуемый период были следующие (мг/л): Ca^{2+} — от 127 до 268, $\text{Mg}^{2+} - 194-327$, $\text{Na}^+ + \text{K}^+ - 1713-2728$, хлоридов — 2716–4070, сульфатов — 189–960 и гидрокарбонатов — 150–419. Наибольшие изменения в соотношениях главных ионов наблюдались весной и осенью. Этому способствуют в основном гидрометеорологические факторы — поверхностный сток, ветер, испарение. Для таких водоемов, как Хаджибейский лиман (замкнутость, большая по сравнению с шириной протяженность с севера на юг), характерно развитие гидродинамических процессов в водной массе под влиянием ветров продольного для водоема направления (северная или южная четверть), происходят сгон и опускание поверхностных слоев воды и поднятие со дна глубинных. При этом не только увеличивается содержание главных ионов, но и изменяется их соотношение.

В штилевые спокойные периоды, особенно часто наблюдающиеся в теплый период года, в лимане могут возникнуть такие негативные явления, как дефицит кислорода в воде, распространение анаэробных зон,

Таблица 15. Сезонные изменения концентраций главных ионов в воде Хаджибейского лимана в 1981–1984 гг., мг/л

Год	Месяц	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Сумма ионов
1981	II	127,1	298,8	1301,7	329,5	189,8	2716,8	4758,8
	V	130,8	326,8	2061,3	394,0	204,7	3435,9	6635,4
	VIII	153,7	318,7	2329,3	418,7	825,4	3601,5	7682,8
	X	149,7	315,6	2728,3	412,0	931,7	4070,4	8647,3
1983	II	268,3	193,9	1973,2	310,4	960,3	3015,2	6770,3
	IV	148,6	273,6	1911,1	200,2	776,7	2941,3	6420,7
	VIII	142,7	291,3	1860,3	194,9	773,9	2898,3	6293,7
	X	171,4	282,0	1912,2	149,6	795,6	3040,1	6459,3
1984	VIII	149,3	283,4	1713,0	400,2	540,1	2822,0	5967,9
	IX	159,9	271,6	1933,3	391,2	834,0	2885,5	6519,7

Таблица 16. Сезонные изменения содержания компонентов газового режима и pH воды Хаджибейского лимана в 1981–1984 гг.

Год	Ме- сяц	Растворенный в воде O ₂						pH	CO ₂	t, °C
		мг/л	%	min, мг/л	max, мг/л	min, %	max, %			
1981	II	—	—	—	—	—	—	8,43	—	0,8
	V	7,33	67	2,76	14,4	28	154	8,57	—	18,8
	VIII	2,44	64	0	7,44	0	87	8,26	0	25,5
	X	7,80	75	4,30	12,2	42	113	8,50	15,1	15,1
1983	II	12,4	91	9,66	14,9	70	108	8,25	5,88	2,6
	IV	10,8	93	5,92	13,7	52	122	8,51	0	10,4
	VIII	12,0	142	4,25	17,7	50	213	8,54	0	26,3
	X	10,8	103	9,57	13,3	92	127	8,50	0	14,4
1984	VIII	11,0	123	4,84	15,4	55	177	8,36	0	23,4
	IX	12,3	134	8,36	15,9	90	176	8,49	0	20,4

заморы и т.п. В этот период в водоеме наблюдаются большие различия в соотношении ионов в сезонном аспекте. Так, если соотношение катионов в теплый период года не изменяется, то в холодный происходит увеличение доли суммы ионов натрия и калия. Больше варьирует соотношение анионов в воде: доля сульфатов и хлоридов увеличивается от зимы к осени.

В целом, по лиману происходит увеличение солености воды от весны к осени (1981), но в отдельные годы (1983) она может быть сравнительно одинакова во все сезоны года (табл. 16). Это, возможно, связано с регулированием сбросов разбавленных сточных вод из лимана в море.

Газовый режим Хаджибейского лимана формируется под влиянием гидрометеорологических факторов (поверхностный сток, температурный режим, ветер и пр.), сточных вод и жизнедеятельности гидробионтов. В теплый период года, а он довольно продолжителен в этом районе,

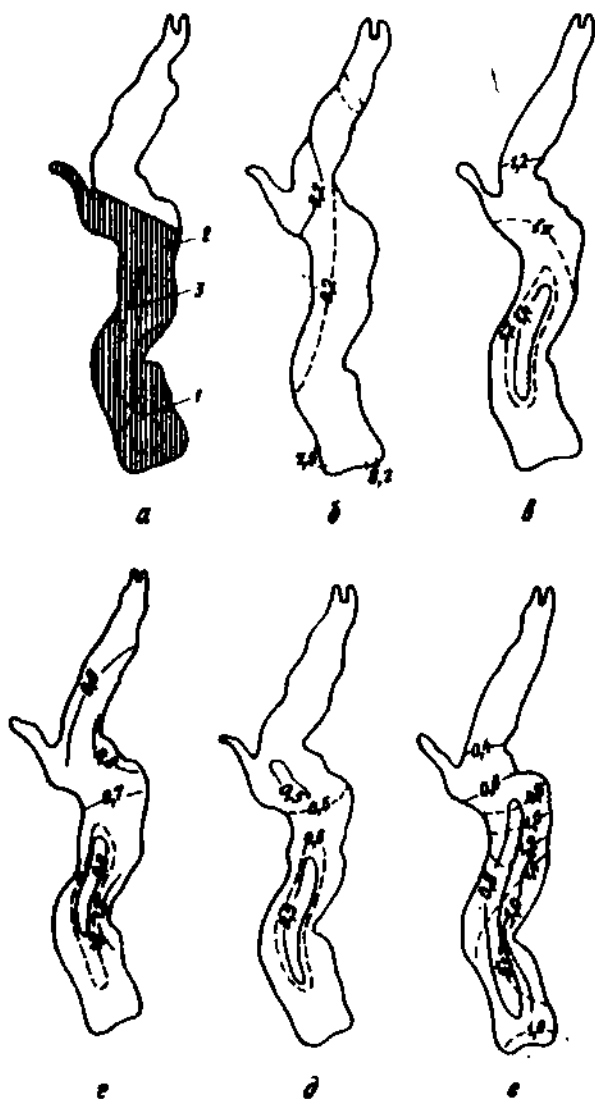


Рис. 20. Сезонная динамика распределения анаэробной зоны (а), величин pH в феврале 1983 г. (б), аммонийного азота в августе 1981 г. (в) и 1983 г. (д), нитратного азота (д) и минерального фосфора (е) в августе 1981 г.: 1 - весна, 2 - лето, 3 - осень

водоем значительно прогревается (до 27-28 °С), зимой охлаждается) но не ниже 0,5 °С. Вертикальные градиенты температуры невелики, в пределах 1-2 °С и в основном в весенний период. Высокая температура воды влияет на направленность и интенсивность внутриводоемных процессов. В исследуемый период содержание растворенного в воде кислорода колебалось от 2,76 до 18,9 мг/л, или 28—214% насыщения. В летний период, когда у дна лимана развиваются анаэробные зоны, содержание растворенного в воде кислорода снижается до нуля (см. табл. 16). Образование этих зон связано с накоплением в придонном слое органического вещества и гидрометеорологической ситуацией в регионе (штиль, температурный режим). Акватория зон меняется по сезонам года и в зависимости от устойчивости гидрометеорологических характеристик (рис. 20, а).

Наиболее благоприятный кислородный режим формируется в период действия гидродинамических процессов, когда путем перемешивания аэрируется вся водная масса. В связи с этим резких дефицитов кислорода в воде и обширных анаэробных зон в лимане в таких условиях не наблюдалось.

В период доминирования антициклональной погоды вначале вертикальные градиенты содержания кислорода в воде могут расти до 10—15 мг/л, но если гидрометеорологическая обстановка сохраняется более длительное время, то они снижаются в отдельных случаях до нуля. В теплый период года содержание в воде кислорода в южной части лимана обычно выше, чем в северной, а в холодное наоборот. Очевидно, это связано с постепенным накоплением к осени сточных вод и ослаблением фотосинтетической деятельности растительных организмов и процессов самоочищения.

Сезонная динамика выражена нечетко, она зависит от доминирования в году тех или иных абиотических и биотических факторов формирования режима. Тем не менее в исследуемый период содержание кислорода в воде несколько увеличилось, режим стал более стабильным (см. табл. 16).

Величина рН воды в наблюдаемое время колебалась в пределах 7,5-8*) (см. табл. 16) с минимальными значениями зимой и летом, максимальными — весной. В основном величина рН уменьшалась по акватории водоема с севера на юг, т.е. более щелочная вода располагалась в северной части лимана (район станций 7-9, рис. 20, б). Однако

отдельные годы и сезоны рН воды может оставаться высоким — до 8,5-8,9 из-за интенсивного развития фитопланктона, во многом зависящего от гидрометеорологической обстановки (температурного режима, ветровой деятельности, освещенности, солнечной радиации и т.д.). Сезонная динамика этого химического параметра, так же, как минерализации и содержания кислорода, не выражена, с незначительными колебаниями в течение года.

Содержание двуокиси углерода в воде Хаджибейского лимана

Таблица 17. Сезонные изменения содержания биогенных веществ в воде Хаджибейского лимана в 1981-1984 гг., мг/л

Год	Месяц	NH_4^+	NO_2^-	NO_3^-	PO_4^{3-}	Fe _{общ}	Si
1981	II	-	0,076	0,049	1,222	0,284	3,82
	V	-	0	0	1,072	0,128	6,01
	VIII	1,339	-	0,393	0,873	0,730	1,91
	X	1,208	0,015	0,058	0,308	0,140	2,92
1983	II	1,093	0,109	0,153	1,085	0,186	1,48
	IV	0,787	0,049	0,106	1,970	0,183	0,85
	VII	0,970	0,007	0,043	0,201	0,018	0,41
	X	0,531	0,094	0,070	1,840	0,027	0,45
1984	VIII	0,130	0,004	0,022	0,882	0,017	0,125
	IX	0,520	0,008	0,022	0,310	0,056	0,670

незначительно. Как правило, во все сезоны года она не отмечалась. Лишь в периоды интенсивного загрязнения водоема сточными водами ее содержание увеличивалось до 40-70 мг/л (локально, в южной части лимана). Такие явления наблюдались в октябре 1981 и феврале 1983 г.

Основными источниками поступления биогенных веществ в водоем являются поверхностный сток, разложение взвешенного и растворенного органического вещества воды и донных отложений, сточные воды предприятий промышленности, сельского хозяйства и населенных пунктов.

Многообразие факторов обуславливает сложность динамики биогенных веществ в воде лиманов и специфическое распределение их по акватории.

Режим биогенных веществ в Хаджибейском лимане формируется в первую очередь под влиянием сточных вод г. Одессы, рекреационной зоны, а затем гидрометеорологических факторов и жизнедеятельности гидробионтов.

По данным Одесского отделения ИнБЮМ АН УССР, содержание нитритов в воде лимана в 1963-1968 гг. колебалось в следующих пределах, мг/л: 0-0,150, нитратов 0-0,650, минерального фосфора 0,020-2,320, общего железа - 0-1,120, кремния 0,19-9,80 (табл.17). Количество биогенных веществ в лимане в последние годы увеличилось, за исключением железа и кремния.

Наибольшие концентрации аммонийного азота в течение всего года наблюдались в центральной и южной частях водоема, где процессы самоочищения менее интенсивны, а степень загрязненности очень высока (рис. 20, в). Обычно в этих местах содержание его в теплый период года достигает в поверхностном слое и у дна до 1,0 мг/л и более. В центре водоема по продольной оси его образуются замкнутые области повышенного содержания NH_4 в воде. Помимо этого, высокие концентрации азота наблюдались и у правого берега лимана. Очевидно, сточные воды г. Одессы, попадая в лиман у левого берега, образуют течение, струи которого направлены к правому берегу, а затем вдоль него

направляются на север. Концентрации аммонийного азота в сточных водах в 2 раза больше, чем в сбросном канале (1,288 и 0,615 мг/л соответственно, II.83).

Сезонная динамика в содержании аммонийного азота в основном зависит от гидрометеорологических факторов, но, как правило, летом концентрации его повышены вследствие снижения интенсивности процессов самоочищения и увеличения загрязненности водоема (см. табл. 17).

Нитритный азот всегда имеется в воде лимана. Исключением являлся январь 1981 г., когда во всем водоеме его концентрации снизились до нуля. Максимальное содержание нитритов — до 0,2 мг N/l — является показателем интенсивного загрязнения водоема. Они наблюдались в южной части водоема. Процессы нитрификации более интенсивны в северной части водоема, поэтому здесь отмечены минимальные концентрации NO_2^- .

Нитратный азот в сравнительно небольших концентрациях почти постоянно обнаруживался в воде лимана. Исключением был май 1981 г., когда его концентрации снизились до нуля, и июль 1983 г. В основном повышенным содержанием нитратов характеризовалась южная часть лимана, где наиболее сильно влияние сточных вод. Данные о содержании и распределении NO_3^- , как и других соединений азота, свидетельствуют, что лиман находится в весьма неблагоприятных условиях.

В теплый период года в центре лимана наблюдаются замкнутые области повышенных концентраций нитратов в воде, по расположению соответствующие повышенным концентрациям аммонийного азота (рис. 20, б).

В годы с активными воздействиями гидрометеорологических факторов содержание нитратов резко увеличивается (см. табл. 17).

Проведенные в 1981—1984 гг. исследования позволили определить основные факторы формирования режима минерального фосфора в воде лимана. На режим особенно сильное влияние оказывают ветровой и температурный режимы, сточные воды и жизнедеятельность растительных организмов. Концентрации фосфора достигают 1–2 мг/л, что свидетельствует о высокой степени загрязненности лимана коммунальными стоками населенных пунктов. Наибольшее его содержание наблюдалось в южной части и на правом берегу. В поверхностном слое и в местах интенсивного развития водорослей отмечалось минимальное количество фосфора. В годы с доминированием биохимических процессов во всех участках водоема имела обратная зависимость от концентрации растворенного в воде кислорода. Соотношение N : P при этом увеличивалось от 1 до 4–5, а Fe : P оставалось в течение всего года менее 1, т.е. железо в таких случаях мало влияет на круговорот фосфора в водоеме.

Несмотря на интенсивное антропогенное влияние, лиман все же при определенных гидрометеорологических условиях (снижении темпера-

туры воды, ветре, волнении и пр.) способен в течение 2-3 месяцев снизить концентрацию фосфора в воде в 10—12 раз. Соотношение N:P в годы наибольшего развития гидродинамических процессов повышается до 9—10, а Fe/P до 2, т.е. увеличивается оборачиваемость биогенных веществ.

Сезонная динамика концентрации фосфора в воде характеризуется наибольшими значениями в весенний период в северной части лимана и наименьшими в центральной. Летом водная масса становится более однородной, обратно пропорциональная связь с содержанием кислорода нарушается ввиду усиления химических процессов в воде и донных отложениях, содержание фосфора снижается при этом примерно на 20 %. К осени продолжается снижение его концентраций, причем больше в южной и центральной частях, чем в северной. Осенью состояние гидрохимического режима лимана улучшается и содержание фосфора снижается на 40 %.

Содержание растворенного в воде железа в Хаджибейском лимане подвержено значительным колебаниям. Это объясняется активностью внутриводоемных процессов. Минимальные количества железа наблюдались в северной части водоема, где находятся заросли макрофитов и более благоприятен газовый режим, а также в центральном районе. В последнем немалую роль играют более интенсивный водообмен и развитие химических процессов превращения веществ (перевод в нерастворимые соединения). В период доминирования антициклональной погоды содержание железа в воде весной вначале снижается до нуля или минимальных концентраций, так как происходит усиленное потребление его интенсивно развивающимися в штилевой обстановке гидробионтами. Другая часть переходит в нерастворимые соединения, а затем при продолжительной ситуации идет накопление его концентраций до 0,7-0,9 мг/л (см. табл. 17) из-за ухудшения газового режима и увеличения загрязненности лимана сточными водами.

В годы интенсивного развития гидродинамических процессов содержание железа снижается во всей водной толще водоема. Этому способствует вертикальное и горизонтальное перемещение слоев воды. Сезонная динамика характеризуется повышенным содержанием железа зимой и летом, снижением — в весенние месяцы и осенью.

Содержание кремния в воде лимана невелико. Это единственный элемент, который более равномерно распределен по всей акватории. Значительное количество кремния наблюдалось зимой и весной от 1 до 9,8 мг/л. Затем его концентрации снижаются, особенно в южной части, что связано с потреблением его гидробионтами. В холодное время наиболее богат кремнием северный район лимана, в теплое — южный. В межгодовом аспекте содержание кремния в лимане значительно снижается (см. табл. 17).

Содержание органического вещества лиманов Северного Причерноморья (Березанского, Тилигульского и Хаджибейского) очень изменчиво и зависит от гидрологических и гидробиологических факторов. Рассматриваемые лиманы вытянуты с севера на юг. Небольшие реки, впадающие в них с севера и в большинстве случаев пересыхающие в летнее время, не играют существенной роли в балансе органического вещества. Наличие температурной стратификации, а также различие плотностных ингредиентов водных масс в весенне-летний период, способствуют изменению концентрации органического вещества по глубине. Кроме того, немаловажным фактором, влияющим на концентрацию органического вещества и его распределение, является большой слой донных отложений, объем которых нередко превышает объем водной массы [109, 125].

Гидрохимические наблюдения проводились с 1981 по 1983 г. и летом 1987 г. в Березанском и Тилигульском лиманах. Характеристика органического вещества дается по изменению перманганатной окисляемости (ПО) и концентрации органического углерода ($C_{орг}$). Качественная характеристика и природа органического вещества — по изменению соотношений $\frac{БПК_5}{ПО}$ и $\frac{ПО}{C_{орг}}$. Рассматривается роль биохимического потребления кислорода в распределении органического вещества [138, 144].

Связь с Черным морем оказывает непосредственное влияние на концентрацию органического вещества южной части Березанского лимана. Северная его часть мелководна и покрыта зарослями высшей водной растительности. Концентрация органического вещества (ПО) в лимане изменяется в широких пределах, а среднегодовые величины за исследуемый период различались незначительно (табл. 18).

Сезонная изменчивость этого показателя зависит от многих факторов. Наиболее высокие концентрации определены в зимне-весенний период, максимальные — были отмечены зимой 1983 г. (20,9 мг О/л в среднем по лиману). К весне наблюдалось постепенное снижение содержания органического вещества. Независимо от года величины перманганатной окисляемости в среднем по лиману были примерно одинаковыми — 15,0—16,0 мг О/л. Летом они снизились на 40—60 % по сравнению с весной. Осенью концентрация органического вещества вновь возросла. Иногда это увеличение было незначительным (1983 г. — 5 % по сравнению с летними значениями). В 1981 г. оно составило 20 % и средняя по лиману величина соответствовала 13,72 мг О/л. В 1982 г. содержание органического вещества возросло в 1,7 раза.

Концентрация органического вещества изменяется от юга к северу. В южной части на нее оказывают влияние трансформированные воды

Таблица 18. Характеристика органического вещества в лиманах Северного Причерноморья в 1981 и 1983 гг.

Лиман	1981			1983		
	ПО, мг О/л	БПК ₅ , мг О ₂ /л	БПК ₅ /ПО	ПО, мг О/л	БПК ₅ , мг О ₂ /л	БПК ₅ /ПО
Березанский	$\frac{2,00-23,20}{13,53}$	$\frac{1,07-21,78}{12,58}$	$\frac{0,26-2,53}{0,77}$	$\frac{8,00-32,80}{14,93}$	$\frac{0,90-6,42}{3,23}$	$\frac{0,03-0,78}{0,24}$
Тилгульский	$\frac{10,40-36,40}{22,80}$	$\frac{0,63-21,06}{8,07}$	$\frac{0,02-1,74}{0,40}$	$\frac{3,20-37,60}{17,30}$	$\frac{0,45-8,04}{2,37}$	$\frac{0,03-1,88}{0,19}$
Халибейский	$\frac{2,73-12,24}{17,76}$	$\frac{1,10-16,72}{6,78}$	$\frac{0,07-1,61}{0,41}$	$\frac{6,14-14,93}{19,11}$	$\frac{0,60-27,27}{8,52}$	$\frac{0,03-1,70}{0,44}$

Примечание. В числителе — предельные значения, в знаменателе — средние годовые.

Днепровско-Бутского лимана и Черного моря. Определено, что в среднем за год содержание органического вещества в южной части обратно пропорционально водности Днепра. Так, в годы средней водности (1981—1982, когда сток составлял соответственно 59 и 49 км³) концентрация органического вещества в этой части была примерно одинакова 10,0–11,0 мг О/л. При пониженной водности (1983 — 37 км³) она повысилась до 16,0 мг О/л. Аналогичная зависимость прослеживается и по сезонам.

Центральная часть лимана — наиболее глубоководная, а северная — самая мелководная, поэтому они в значительной мере различаются по гидрологическим условиям. Снижение водообмена к северу способствует накоплению органического вещества, концентрация которого повышалась с юга на север. В среднем за период исследований это увеличение было незначительным — 2,0–3,0 мг О/л.

Интенсивное перемешивание водных масс благодаря ветровой деятельности способствует более равномерному распределению органического вещества по глубине. В результате этого нет четкой границы морских и лиманных вод. Соленость не оказывает прямого влияния на концентрацию органического вещества. Корреляционная связь между ПО и содержанием хлоридов слабая. При $n > 100$ коэффициент составил (–0,33). Однако наблюдения показали, что в летний период за счет разницы уровней морская вода, растекающаяся в поверхностных слоях либо проникающая по дну, обеднена органическим веществом. В августе 1981–1982 гг. по судоходному каналу концентрация

органического вещества в поверхностных слоях воды была в несколько раз ниже, чем в придонных, и составила соответственно 2,8 и 7,6 мг О/л в 1981, 2,8 и 8,4 — в 1982 г. В 1983 г. морская вода проникла по каналу, и в наиболее глубоких местах происходило ее накопление. При этом в придонных слоях отмечено пониженное содержание растворенного в воде кислорода. Так, в центре лимана при глубине 12,5 м концентрация кислорода уменьшалась ко дну от 6,5 до 0,92 мг/л, содержание органического вещества — соответственно от 12,0 до 3,2 мг О/л. В менее глубоких участках, где водные массы, по-видимому, были более динамичны, аналогичной картины не наблюдалось. Например, при глубине 7,0 м концентрация растворенного в воде кислорода снижалась незначительно: от 7,34 до 6,57 мг/л, а ПО — от 12,8 до 9,6 мг О/л.

Концентрация органического углерода в Березанском лимане в 1,5–2,0, в отрогах почти в 3 раза выше величины перманганатной окисляемости.

Величина БПК₅, характеризующая содержание легкоусвояемого органического вещества, в Березанском лимане довольно высока (см. табл. 18). В среднем за весь период исследований она составила 6,36 мг О₂/л. Ее среднегодовые значения уменьшались от 1981 к 1983 г. и составляли 12,58; 6,16 и 3,23 мг О₂/л соответственно. Как и величина перманганатной окисляемости, показывающая общее содержание органического вещества, значения БПК₅ увеличивались по акватории лимана с юга на север. В сезонном аспекте наибольшие значения приходились на лето, особенно на август, и в зависимости от года колебались в среднем по лиману от 5,24 до 15,84 мг О₂/л.

Летние показатели были обычно в 2–4 раза выше, чем весенние и осенние. Так, в 1981 г. величина БПК₅ летом (15,14 мг О₂/л) была почти в 2 раза выше, чем весной, и в 3 — чем осенью. В 1982 г. значения БПК₅ в августе более чем в 2 раза превышали июньский показатель и в 4 раза октябрьский, соответствуя в среднем 11,39 мг О₂/л. В 1983 г. эти соотношения несколько изменились, причем абсолютная величина БПК₅ в этом году была наименьшей. Летнее значение БПК₅ (5,24 мг О₂/л) более чем в 2 раза было выше весеннего и лишь в 1,5 раза — осеннего. Такая динамика БПК₅ зависит от преобладания тех или иных факторов, способствующих развитию легкоусвояемого органического вещества. Динамика и распределение общего органического вещества тесно связаны с процессами окисления, происходящими в водоеме, его структурой, в частности наличием легкоусвояемого (нестойкого) и трудноусвояемого (стойкого) органического вещества. Это подтверждает обнаруженная связь между величинами перманганатной окисляемости и БПК₅. Наиболее тесной она была в 1982 г. ($K = -0,41$), в 1981 г. практически не наблюдалась, а в 1983 г. была очень слабой.

Изменяющуюся структуру органического вещества подтверждает соотношение $\frac{\text{БПК}_5}{\text{ПО}}$. В среднем за период исследований это соотношение

составило 0,51, что говорит о примерно равном содержании стойкого и нестойкого органического вещества. Однако по годам мы наблюдаем постепенное снижение этой величины от 0,77 к 0,24, т.е., судя по среднегодовым данным, происходит переход от нестойкого органического вещества к стойкому. В 1982 г. эта величина составила 0,56.

Рассматривая структуру органического вещества по сезонам, видим, что летом накапливается легкоусвояемое органическое вещество, это положительно сказывается на процессах самоочищения. В этот период соотношение $\frac{БПК_5}{ПО}$ почти всегда выше 0,5, а в 1981 г. оно было выше 1,0. Весной и осенью, в зависимости от температурных условий, преобладает содержание стойкого органического вещества гумусового происхождения, при этом величины $\frac{БПК_5}{ПО}$ всегда ниже 0,5.

В зависимости от года исследований соотношение $\frac{БПК_5}{ПО}$ по-разному распределяется по акватории лимана, и выявить общие закономерности здесь трудно [115]. Так, в 1981 г. эта величина возрастала с юга на север в среднем за год от 0,73 до 1,03, в 1982 г. была примерно одинакова по всему лиману (0,56), а в 1983 г. она колебалась от 0,25 до 0,37.

Преобладание легкоминерализуемых органических веществ в Березанском лимане летом подтверждает и соотношение $\frac{ПО}{С_{орг}}$, которое находилось в пределах 0,32–0,46.

Суточное распределение органического вещества отличается по сезонам и зависит от ветровой ситуации. Наблюдения, проведенные в июне и августе 1982 г. у с. Лиманы в стороне от фарватера при глубине 7,5 м, показали, что в июне концентрация органического вещества была довольно высока и колебалась в пределах суток от 12,0 до 23,2 мг О/л. Наибольшее его содержание приходилось на дневное время. Однако четкой зависимости распределения органического вещества от времени суток провести нельзя. Отсутствие температурной стратификации сказывается на равномерном распределении органического вещества по глубине. В августе за счет стратификации водных масс (разница температур поверхностного и придонного слоев была в пределах 2,5–3,8 °C) картина изменилась. В поверхностном слое концентрация органического вещества была в 1,5–2,0 раза выше таковой в придонном. Наиболее существенная разница отмечена в дневные часы, особенно в первой половине дня.

Легкоусвояемое органическое вещество ($БПК_5$) в июне в течение суток изменяется незначительно (2,0–5,0 мг О₂/л). Соотношение $\frac{БПК_5}{ПО}$ стабильно и не превышает 0,27, т.е. органическое вещество гумусового происхождения. В августе величина $БПК_5$ в поверхностном слое достигла максимальных значений в промежутке от 12.00 до 18.00:

13,7–22,6 мг O_2 /л, минимальных — в 24.00 — 3,9 мг O_2 /л. В придонном слое такого различия в показаниях в течение суток не наблюдалось. Если в поверхностном слое разница в значениях БПК₅ за сутки составила 18,61 мг O_2 /л, то у дна она сократилась до 6,9 мг O_2 /л. В придонном слое максимальные величины были определены в 6.00–11,91 мг O_2 /л, днем эти показания были в пределах 4,9–6,3 мг O_2 /л. Соотношение $\frac{БПК_5}{ПО}$ возросло по сравнению с июнем в 5 и более раз и достигло пределов 0,78–1,78, т.е. увеличилось содержание легкоусвояемого органического вещества. Максимальный показатель был отмечен в 12.00. В поверхностном слое он составил 1,78, в придонном — 0,89. Выявлена суточная корреляционная связь между общим содержанием органического вещества и величинами БПК₅. В июне она была слабой и соответствовала 0,23, в августе возросла до 0,64.

Своеобразие географического положения и гидрологических условий Тилигульского лимана оказывает немаловажное влияние на концентрацию и распределение в нем органического вещества. С 1981 по 1987 г. средняя концентрация органического вещества соответствовала 17,5 мг O_2 /л, предельные показатели изменялись от 3,2 до 36,4 мг O_2 /л (см. табл. 18).

Основным фактором, влияющим на изменение концентрации органического вещества в лимане в зимне-весенний период, является поверхностный сток, а летом и осенью — внутриводоемные процессы [57, 124]. В Тилигульском лимане, в отличие от Березанского, наибольшая концентрация органического вещества была определена весной, по сравнению с зимними значениями она была в 1,5–2,0 раза выше и в среднем по лиману составила в 1981 г. 33,6, в 1983 — 24,12 мг O_2 /л. Летом концентрация органического вещества в лимане значительно снизилась. Осенью она либо оставалась на том же уровне (1981 — 14,5 мг O_2 /л), либо постепенно уменьшалась (1983 — до 16,7 мг O_2 /л).

Распределение органического вещества по акватории лимана в большей мере зависит от гидрометеорологических условий и жизнедеятельности гидробионтов. В 1981 г. его концентрация в каждый сезон была примерно одинакова по всему лиману. В 1983 г. она постепенно повышалась с юга на север, и разница в показаниях в среднем за год между северной и южной частями составила до 10,0 мг O_2 /л, изменяясь от 13,8 до 24,8 мг O_2 /л. Такое различие наиболее проявилось зимой и весной, причем разница в показаниях южной и северной частей зимой достигала 20,0 мг O_2 /л, весной она снизилась до 4,0–5,0 мг O_2 /л. Летом и осенью органическое вещество равномерно распределялось по всей акватории лимана.

Краткосрочное поступление морской воды через канал не играет существенной роли в балансе органического вещества и его распределении по глубине. Это подтверждается низким коэффициентом корреляции между величинами перманганатной окисляемости и содержа-

нием хлоридов, который соответствовал —0,2. Распределение органического вещества в толще воды в Тилигульском лимане зависит в большинстве случаев от ветровой ситуации. Ежемесячные наблюдения в июле — сентябре 1984 г. показали, что при ветрах южного и юго-западного направлений стратификации водных масс практически нет. Разница температур по глубине не превышала 1 °С. Однако концентрация органического вещества в центральной части лимана (глубина 19 м) в июле и августе в поверхностном слое была на 4,0 мг О/л выше таковой в придонном. Это обусловлено определенной ветровой ситуацией, способствующей образованию двухслойных течений (см. гл. 1). В северной части лимана (глубина 4,5 м) в июле — августе органическое вещество распределялось по-иному: максимальные его концентрации были обнаружены в придонном слое.

В сентябре при ветре северо-западного направления наблюдалось равномерное распределение органического вещества в толще воды по всей акватории лимана.

В течение суток распределение органического вещества по глубине было неравномерным, что связано, вероятно, не только с ветровой ситуацией, но и с биологическими процессами. При небольшой разнице температур в толще воды в некоторые часы наблюдалось максимальное содержание органического вещества в поверхностном слое. Однако четко выделить время суток очень трудно, что, возможно, обусловлено миграцией фитопланктона под действием ветра.

Динамика органического углерода и его концентрация идентичны таковым в Березанском лимане. По данным 1984 и 1987 гг. концентрация органического углерода составила в среднем 26,44 мг/л, что более чем в 2 раза выше перманганатной окисляемости. Диапазон колебаний концентрации органического углерода довольно широк: 10,8—42,7 мг/л. В 1984 г. она уменьшалась от июля к августу в среднем по лиману от 24,4 до 14,2 мг/л, т.е. в 1,7 раза, а в сентябре возросла на 46,7 % и составила 30,35 мг/л. Такие же высокие значения, как в июле 1984 г., были отмечены в конце июня 1987 г. в среднем 34,4 мг/л.

По акватории и глубине концентрация органического углерода отличается незначительно и здесь трудно выявить какие-либо закономерности. Однако, как и величины перманганатной окисляемости, в местах скопления фитопланктона иногда наблюдали повышенную концентрацию органического углерода в поверхностном слое воды. Иногда это повышение было отмечено в придонном слое, что обусловлено ветровым перемешиванием. Так, в июле 1984 г. в центре лимана на участке глубиной до 5,0 м наблюдалось увеличение концентрации органического углерода от поверхности ко дну: 19,92 и 29,52 мг/л. Так же изменялась и перманганатная окисляемость: 8,2 и 11,4 мг О/л. На севере лимана (глубина 3,0 м) повышенная концентрация углерода и перманганатная окисляемость были отмечены в поверхностном слое: 27,96 и 18,12 мг С/л 13,0 и 5,2 мг О/л соответственно.

Соотношение перманганатной окисляемости и органического углерода ($\frac{ПО}{Сорг}$) увеличивалось от июля к августу и резко снижалось в сентябре. Его средние по лиману величины изменялись от 0,36 до 1,43, а затем уменьшились до 0,58, т.е. в августе преобладает органическое вещество планктонного происхождения.

Величина БПК₅ за исследуемый период составила 6,12 мг О₂/л, предельные величины изменялись от 0,3 до 21,06 мг О₂/л. Наибольшая величина БПК₅ была определена в 1981 г. — 8,07, наименьшая в 1983 — 2,37 мг О₂/л. Средняя величина БПК₅ с июля по сентябрь 1984 г. составила 3,52 мг О₂/л (см. табл. 18). Наиболее существенные различия величин БПК₅ в 1981 и 1983 гг. отмечались весной и летом. Весной 1981 г. значения БПК₅ колебались в пределах 1,61–4,19 мг О₂/л, в 1983 они были в 1,5–2,0 раза ниже. Летом при максимальном потреблении кислорода в 1981 г. величина БПК₅ увеличилась в 3–6 раз, а на мелководье достигла 20,8 мг О₂/л. В 1983 г. эти показатели были наполовину ниже. В осенний период во все годы исследований потребление кислорода было минимальным и величины БПК₅ в основном не превышали 1,0 мг О₂/л.

Высокое потребление кислорода летом и в сентябре неоднозначно. Так, при ежемесячных наблюдениях в 1984 г. максимальные значения БПК₅ определены в июле и сентябре — 5,0–7,0 мг О₂/л, в августе они снизились до 1,5 мг О₂/л. Аналогичная ситуация наблюдалась и с изменением содержания органического углерода.

По глубине значения БПК₅ отличаются незначительно и разница в показаниях не превышает 1,5 мг О₂/л. Почти всегда в поверхностном слое эти величины были выше у дна.

Общее содержание органического вещества (ПО) обратно пропорционально интенсивности биохимического потребления кислорода (БПК₅). Коэффициент корреляции зависит от преобладания тех или иных факторов в лимане. Так, в 1981 г. он составил –0,62, в 1983 связь не наблюдалась, в 1984 коэффициент возрос до 0,55.

Соотношение $\frac{БПК_5}{ПО}$ невысоко и в среднем за период исследований соответствует 0,20, что свидетельствует о незначительной степени биологического загрязнения и преобладании более стойкого к разложению органического вещества. Это соотношение изменяется по сезонам. Весной и осенью его величина не превышает сотых долей — 0,03–0,09. Летом она возрастает на порядок, а иногда приближается к 1,0 (1981). Аналогично соотношению $\frac{ПО}{Сорг}$ величина $\frac{БПК_5}{ПО}$ в летний период неоднозначна: в июле она колеблется в пределах 0,49–1,49, в августе снижается до минимума — 0,02–0,14, в сентябре возрастает на порядок.

В Хаджибейском лимане на баланс органического вещества и его структуру основное влияние оказывают гидрологические особенно-

сти этого водоема и поступающие в него сточные воды [37, 118]. Исследования 1981–83 гг. показали, что концентрации органического вещества в лимане зависят от преобладания развития тех или иных планктонных организмов (см. гл. 4). Несмотря на это среднегодовые показатели перманганатной окисляемости различаются незначительно (см. табл. 18). Сезонная динамика и ее различия по годам обусловлены теми же причинами. Наибольшая концентрация органического вещества в Хаджибейском лимане определена в зимне-весенний период. В 1981 г. зимние и весенние значения были примерно одинаковы — около 19,0 мг О/л, к лету и осени они снизились до 17,4 и 14,35 мг О/л соответственно. В 1983 г. четко видно значительное повышение концентрации органического вещества весной. По сравнению с зимними значениями она возросла в 1,7 раза и достигла максимума — 23,6 мг О/л. По сравнению с 1981 г. была выше на 4,5 мг О/л. К осени концентрации органического вещества постепенно снижаются, причем летние значения были близки к таковым в 1981 г. и соответствовали 17,6 мг О/л, а осенние — минимальны и в среднем по лиману составили 12,9 мг О/л.

Распределение органического вещества по акватории лимана неоднородно и в большей мере зависит от степени развития фитопланктона в том или ином районе лимана. Так, в 1981 г. в связи с наиболее интенсивным развитием фитопланктона в северной части лимана наблюдалась наибольшая концентрация органического вещества — в среднем за год 19,4 мг О/л. В южном районе среднегодовая концентрации органического вещества была на 5,0 мг О/л ниже. В 1983 г. интенсивное развитие фитопланктона в южном районе способствовало повышению концентрации органического вещества (в среднем за год она составила 19,9 мг О/л), а разница в показателях перманганатной окисляемости по районам была примерно 6,0 мг О/л. Если говорить о более конкретном распределении органического вещества по акватории лимана, отметим, что наибольшие концентрации в северном районе были определены на мелководье, в южном районе — на участке поступления сбросных вод.

Ранее (25–30 лет назад) отмечавшаяся гидрохимическая устойчивость в толще воды лимана в настоящее время исчезла. Это особенно проявляется в весенне-летний период, когда наиболее выраженная стратификация водных масс способствует образованию анаэробных зон. В отличие от Тилигульского лимана в Хаджибейском нет связи между концентрацией органического вещества и содержанием хлоридов. Наличие стратификации, вызванное гидродинамическими процессами в разные сезоны, обуславливает различное распределение органического вещества в толще воды. В 1981 г. было отмечено относительно равномерное распределение органического вещества по глубине. Исключением явился центр лимана, где концентрация органического вещества в придонном слое была более чем в 3 раза выше таковой в поверхностном и достигла 24,8 мг О/л. В 1983 г. зимой и весной четкой закономерности

в распределении органического вещества по глубине нет. Летом в южном районе, особенно на участке поступления сбросных вод, концентрация органического вещества в придонном слое была в 1,5–2,0 раза выше, чем в поверхностном. Осенняя гомотермия выравнивает распределение органического вещества в толще воды по всему лиману.

Величина БПК₅ изменялась в Хаджибейском лимане аналогично ПО (см. табл. 18). Как в Березанском и Тилигульском лиманах, максимум приходился на лето, минимум — на осень. Значения БПК₅ весной 1981 г. были почти в 2 раза выше таковых в 1983 г. и составили в среднем по лиману 5,5 мг О₂/л. То же можно сказать и о летних показателях. Здесь в 1981 г. значения БПК₅ колебались в пределах 8,57–16,72 мг О₂/л. Осенью подобных различий не наблюдалось, и независимо от года исследований значения БПК₅ по лиману были близки между собой и колебались в пределах 1,5–3,0 мг О₂/л.

Уровень БПК₅ в разных частях лимана не одинаков. Наиболее высокие показатели БПК₅ характерны для южной части, где поступают сточные воды. Здесь же наблюдалась наибольшая разница в потреблении кислорода по глубине, где максимальными являются придонные значения. На остальной территории лимана величины БПК₅ в толще воды различались незначительно. Доля легкоусвояемого органического вещества относительно общего содержания в среднем по лиману составляет около 40 %. Однако с учетом поступления сбросных вод в лиман и в связи с этим постепенного его распреснения, а также гидрологических условий, в которых значительную роль играют регенерирующие и погложительные способности донных отложений, корреляционная связь между потреблением кислорода и общим содержанием органического вещества в лимане не наблюдается.

Структура органического вещества в Хаджибейском лимане (соотношение БПК₅ по) в отличие от ранее рассмотренных лиманов довольно устойчива. В целом по лиману за период исследований коэффициент составил 0,43, что свидетельствует о преобладании стойких органических веществ гумусового происхождения. Величина коэффициента, как и в предыдущих водоемах, изменяется по сезонам и по акватории лимана. Весной и осенью этот показатель не превышал 0,3. Летом в связи с интенсивным "цветением" коэффициент возрос до 1,0, а в некоторых случаях и выше. Так, летом 1981 г. соотношение БПК₅ по превышало 1,0 в поверхностном слое южного района лимана. В 1983 г. это было характерно для всего лимана, причем поступающие сбросные воды, растекаясь по поверхности лимана, способствуют более интенсивному развитию планктона в этом слое, и коэффициент БПК₅ по летом всегда выше 1,0. В придонном слое происходит накопление стойких органических веществ и разница между показателями поверхностного и придонного слоев может быть очень значительна. В 1981 г. она составила 0,31, в 1983 — 0,86 при показателях поверхностного слоя 1,10 и 1,50 соответственно.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА РАЗВИТИЯ ФИТОПЛАНКТОНА

В работах дореволюционного [59] и послереволюционного [60, 64] периода отмечается, что фитопланктон лиманов формировался в основном из водорослей Черного моря и впадающих в лиман рек. В исследованиях в 1954-1977 гг. [35, 37, 39], а также в работах последних лет [80, 112, 115, 117, 127] освещены вопросы экологического состава фитопланктона, его количественного и качественного развития, представлены сведения о первично-продукционных процессах [116-118].

В данной главе рассмотрены вопросы состава и количественного развития фитопланктона в зависимости от особенностей абиотических условий, проанализированы процессы новообразования фитопланктон органических веществ и их деструкция. Материалы обрабатывались по общепринятым методикам [24, 86, 163], сходство биоценозов оценивалось по Одуму [110].

За время исследований в Березанском лимане обнаружено 155 видов водорослей, из которых диатомовых — 63, зеленых — 54, синезеленых 20, пиррофитовых 8, звгленовых 8 и золотистых 2.

Соотношение экологических групп меняется в разные годы и зависит в большей мере от колебания солёности, изменяющейся под влиянием нагонов морской воды и стока Днепра (гл. 3). В 1954-1977 гг. почти 1/3 видового состава водорослей приходилась на морские формы [35, 37, 79], в 1980—1983 гг. их доля снизилась до 9 %, а пресноводных возросла более чем в 2 раза (до 71 %). Основной причиной снижения числа морских видов и увеличения пресноводных следует считать занос последних из Днепровско-Бугского лимана в связи с большим стоком Днепра в эти годы, особенно в весенний период (ежемесячный сток Днепра в апреле мас 1980-1983 гг. составлял 1123-3675 м³/с).

В распределении фитопланктона по акватории лимана наблюдается следующая закономерность: в южной приморской и в средней частях водоема доля морских видов выше, чем в северных отрогах, а в последних более высок процент пресноводных (в частности, синезеленых, зеленых, звгленовых).

Видовой состав фитопланктона Тилигульского лимана беднее, чем открытого Березанского, вследствие его изоляции от Черного моря. По данным за 1979 г., в нем обнаружено 80 видов (83 внутривидовых таксона) водорослей из которых синезеленых 8, диатомовых 27-29, пиропитовых 13, звгленовых 7, зеленых 25-26. В 1980-1983 гг. зарегистрировано 46 видов, из которых пресноводных форм 64 %, морских - 14, остальной видовой состав представлен в равной мере пресноводно-солонатоводными и солонатоводными формами. Как и в Березанском лимане, в южной и центральной частях Тилигульского лимана процент морских видов выше, чем в северной, где наблюдается массовое развитие пресноводных видов диатомовых, зеленых и синезеленых водорослей.}

Фитопланктон Хаджибейского лимана сформировался в основном за счет водорослей Черного моря. Изоляция лимана от моря и увеличение минерализации воды наложили отпечаток на фитопланктон. Здесь наблюдалось обеднение видовой состава, массовое развитие отдельных видов водорослей. Отмечены случаи свечения лимана в результате массового развития пиропитовых водорослей.

С 1931 г. началось опреснение лимана. Значительное эвтрофирование в связи со сбросом в лиман после очистки сточных вод г.Одессы и достаточная прозрачность воды способствовали развитию фитопланктона. В нем обнаружен 61 вид водорослей, из которых синезеленых — 7, золотистых — 1, диатомовых 17, пиропитовых 5, звгленовых - 6 и зеленых — 25. Более трех четвертей фитопланктона представлено пресноводными формами, морские составляют лишь 4 % общего состава.

Особенностью распределения экологических групп фитопланктона в Хаджибейском лимане является более высокий процент пресноводных форм водорослей в южной части, что обусловлено поступлением в нее пресных стоков г. Одессы. Сопоставление процента пресноводных и морских форм фитопланктона в разных лиманах показывает, что по мере повышения общей минерализации от 5,5—8,0 ‰ в Хаджибейском лимане до 9,7—13,5 ‰ в Тилигульском доля последних возрастает от 4 до 14 ‰ (табл. 19).

Для Березанского лимана характерно изменение минерализации воды в течение года в более широких пределах, чем в Хаджибейском и Тилигульском лиманах, от 3,7—6,1 ‰ весной до 11,4-12,6 ‰ осенью, а в глубинных участках в придонных слоях — до 15,0 ‰. Количество морских видов в нем почти в 3 раза больше, чем в Тилигульском, и в 55 раз больше, чем в Хаджибейском. Кроме того, в Березанском лимане в 3,5-6 раз больше, чем в Тилигульском и Хаджибейском. Именах, пресноводно-солонатоводных и солонатоводных форм, способных переносить довольно большие амплитуды колебания солености.

В отношении количественных показателей вегетации фитопланктона каждый лиман характеризуется определенным способом как

Таблица 19. Соотношение экологических групп фитопланктона лиманов Северного Причерноморья в 1980–1983 гг. (средние показатели)

Экологическая группа	Лиман		
	Березан- ский	Тышгуль- ский	Хаджибей- ский
Пресноводные	$\frac{98}{11}$	$\frac{30}{84}$	$\frac{47}{77}$
Пресноводно-соленоватоводные	$\frac{19}{13}$	$\frac{5}{11}$	$\frac{8}{13}$
Соленоватоводные	$\frac{10}{9}$	$\frac{5}{11}$	$\frac{4}{6}$
Морские	$\frac{12}{9}$	$\frac{6}{14}$	$\frac{2}{4}$
Итого	$\frac{140}{100}$	$\frac{46}{100}$	$\frac{61}{100}$

Примечание. В числителе — количество видов, в знаменателе — процентное соотношение.

по сезонной динамике, так и по интенсивности развития отдельных групп водорослей.

В Березанском лимане в зимний период при температуре воды 0,4–1,8 °C преобладают диатомовые водоросли, составляющие в разных частях водоема 54–97 % фитопланктона. В северо-восточном отроге, где поступает вода из прудов, встречаются загленивые и пиррофитовые водоросли, в южной части — зеленые.

Чаще всего в зимнем фитопланктоне встречаются пресноводные водоросли родов *Flagellaria* Zyngb., *Navicula* Bory., *Synedra* Ehr. и морские диатомеи родов *Chaetoceros* Ehr. и *Skeletonema* Grev. Из зеленых наиболее многочисленны представители протококковых — *Scenedesmus obliquus* (Turp.), *Kütz oltensis christ* и *Dictyosphaerium pulchellum* Wood.

Биомасса фитопланктона колеблется от 0,148 до 1,008 мг/л, численность — от 80 до 2555 тыс. кл/л. В теплые зимы в северных отрогах лимана отмечалась численность загленивых до 2525 тыс. кл/л и биомасса до 4,315 мг/л.

С повышением температуры воды в весенний период до 16,5–18,5 °C биомасса фитопланктона возрастает до 2,500 мг/л в южной части в связи с массовым развитием диатомовых: *Amphora ovalis* Kütz., *Cocconeis, placentula* Ehr., *Rhoicosphenia curvata* (Kütz) Grun., *Cyclotella meneghiniana* Kütz. В центральной части лимана биомасса достигает 1,200 мг/л за счет развития протококковых водорослей — *Ankistrodesmus pseudomirabilis* Korschik, *Dictyosphaerium pulchellum* и вышеуказанных диатомовых. В северной части лимана весенний фитопланктон состоит в основном из диатомовых и протококковых водорослей и биомасса его составляет 0,400–0,520 мг/л. Доминирует по всему лиману обычно диатомово-протококковый комплекс.

Таблица 20. Сезонная динамика численности и биомассы фитопланктона Березинского лимана в 1980–83 гг.

Год, сезон	Синезеленые	Зелотыстые	Диатомовые	Пиррофитовые	Эвгленовые	Зеленые
1980, осень	$\frac{39122,7}{0,124}$	$\frac{46,3}{0,278}$	$\frac{120,0}{0,221}$	$\frac{65,0}{0,360}$	$\frac{9,0}{0,038}$	$\frac{3244,7}{0,468}$
1981						
зима	—	—	$\frac{125,0}{0,061}$	$\frac{50,0}{0,089}$	$\frac{10,0}{0,014}$	$\frac{40,0}{0,004}$
весна	$\frac{4,3}{0,001}$	—	$\frac{15,7}{0,557}$	$\frac{1,4}{0,013}$	$\frac{1,4}{0,001}$	$\frac{2095,7}{0,236}$
лето*	$\frac{11116,2}{1,398}$	$\frac{0,03}{0,001}$	$\frac{105,8}{0,193}$	$\frac{347,7}{0,840}$	$\frac{5,5}{0,083}$	$\frac{979,3}{0,095}$
осень	$\frac{503,3}{0,066}$	$\frac{5,0}{0,030}$	$\frac{168,3}{0,582}$	$\frac{961,7}{1,960}$	$\frac{20,0}{0,317}$	$\frac{1092,5}{0,093}$
1983						
зима	—	—	$\frac{45,6}{0,205}$	$\frac{10,0}{0,102}$	$\frac{908,2}{1,01}$	$\frac{82,4}{0,005}$
весна	$\frac{168,0}{0,006}$	—	$\frac{189,8}{0,063}$	$\frac{11,0}{0,103}$	$\frac{7,0}{0,012}$	$\frac{4477,0}{0,215}$
лето	$\frac{22331,4}{2,704}$	$\frac{0,05}{0,002}$	$\frac{106,1}{0,198}$	$\frac{704,7}{1,730}$	$\frac{8,2}{0,101}$	$\frac{821,2}{0,084}$
осень	$\frac{1287,0}{0,013}$	—	$\frac{216,1}{0,003}$	$\frac{1340,0}{1,828}$	$\frac{606,4}{1,070}$	$\frac{528,0}{0,028}$

Примечание. В числителе — тыс. кл/л, в знаменателе — мг/л.

* Приведены средние данные за летний период 1981–1982 гг.

В летнем фитопланктоне при температуре воды 22,5–25,0 °C возрастает роль синезеленых и пиррофитовых водорослей (табл. 20). Наиболее массовыми из синезеленых являются *Microcystis aeruginosa* Kütz emed Elenk., численность которого в южной части лимана достигает 30 млн кл/л, биомасса — 3,400 мг/л.

В центральной части в массе развиваются *Anabaenopsis elenkinii* V.Mill. f. *curvata* Dedus. и *A.elenkinii* V.Mill. f. *ovalispora* Dedus. (численность 7,5 млн кл/л, биомасса 11,300 мг/л), *Dactylococcopsis irregularis* O.M.Smith (до 23 млн кл/л), *Merismopedia minima* G.Beck. (18,4 млн кл/л), *Microcystis pulverea* (98,5 млн кл/л), *Oscillatoria planctonica* Wolosz. (0,9 млн колоний/л).

Доли синезеленых в летний период составляет 10–58 % общей биомассы фитопланктона в южной части, около 85 % в центральной и около 65 % в северных отрогах.

Пиррофитовые в летний период доминируют на отдельных участках водоема за счет бурного развития нескольких видов. Так, в августе 1981 г. на отдельных участках центральной части лимана преобладали пиррофитовые в связи с интенсивным развитием *Exuviella cordata* Ostenf. (1,2 млн кл/л), в южной части — за счет массового развития *Ceratium*

hirundinella (O.F.Miller) Schrank var. *furcoides* (Levander) Schröder (10 тыс. кл/л), *E.cordata* (160 тыс. кл/л) и *Prorocentrum acutellum* Schröder. (20 тыс. кл/л).

Диатомовые в летнем фитопланктоне составляют до 16 % общей биомассы. В северных отрогах их доля в общей биомассе может достигать 64 % за счет массового развития пресноводного вида *Coscinella placentula* и солоноватоводного *Cyclotella meneghiniana*.

Биомасса фитопланктона изменяется в южной части лимана в пределах 0,512–6,716 мг/л, доминирующим комплексом обычно является пиррофитово-синезелено-диатомовый.

В центральной части преобладает пиррофитово-синезеленый комплекс, и биомасса колеблется от 0,300 до 2,970 мг/л, а в некоторые годы на отдельных участках превышает 25,00 мг/л за счет бурного развития синезеленых.

В северной части биомасса обычно самая низкая – 0,101–1,360 мг/л и доминирует чаще всего пиррофитово-диатомовый комплекс. Осенью, когда температура воды снижается до 10,0–13,0 °C, доля диатомовых в общей биомассе возрастает до 18–20 %, а на отдельных участках и центре лимана они могут составлять до 97 % за счет массового развития морского вида *Milosira moniliformis* Octogona (Grun) Hust и представителей рода *Gyrodigma* Hass.

Доля синезеленых водорослей снижается в сентябре до 25–28 % общей биомассы, в октябре – до 1–2 %. Исключение составляет северо-восточный отрог лимана, в который в осенний период сбрасываются воды из прудов Березанского рыбхоза. В октябре синезеленые составляют здесь до 90–99 % общей биомассы за счет массового развития пресноводного вида *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs, численность которого достигает 1,55 млн кл/л, биомасса – до 19,400 мг/л.

Пиррофитовые водоросли в осенний период на отдельных участках могут составлять 30–90 % общей биомассы. Так, в октябре 1982 г. в центре лимана численность *E.cordata* достигала 6,3 млн кл/л, а биомасса 12,700 мг/л (90 % общей биомассы на данном участке).

Эвгленовые водоросли встречаются осенью по всей акватории лимана и могут составлять 20–70 % биомассы. Так, в октябре 1983 г. на отдельных участках центральной и северной частей лимана их численность достигала 3,26 млн кл/л, а биомасса 5,700 мг/л. Наиболее массовыми из эвгленовых являются *Euglena granulata* (Klebs) Schmitz, *E.cordata*, *Phacus longicauda* (Ehr.) Duj., *Phacus pseuonectes* (Ehr.) Duj.

В осеннем фитопланктоне отмечены также представители колониальных водорослей, в частности морской вид *Ebria bipartita* (Schum) Lemm. встречается в южной и центральной частях лимана.

Число доминирующих комплексов в осенний период увеличивается и почти по всему лиману в них входят эвгленовые. Наиболее высокие средние показатели численности (520–7400 тыс. кл/л) и биомассы (2,264–7,980 мг/л) характерны для центральной и южной частей. В се-

Таблица 21. Сезонная динамика численности и биомассы фитопланктона Тилигульского лимана в 1980–1983 гг.

Год, сезон	Синезеленые	Диатомовые	Пирофитовые	Эвгленовые	Зеленые	Итого
1980, осень	–	$\frac{20}{0,223}$	$\frac{3518}{3,738}$	$\frac{4444}{0,160}$	$\frac{8}{0,001}$	$\frac{3989}{6,142}$
1981						
зима	–	$\frac{234,7}{0,300}$	–	$\frac{667}{1,139}$	–	$\frac{901,7}{1,439}$
весна	$\frac{2}{0,013}$	$\frac{12}{0,143}$	$\frac{6}{0,039}$	$\frac{327}{2,302}$	$\frac{1166}{0,177}$	$\frac{1514}{2,634}$
лето	–	$\frac{8}{0,032}$	$\frac{1961}{3,923}$	$\frac{4}{0,002}$	$\frac{15}{0,001}$	$\frac{1988}{3,958}$
осень	–	$\frac{1}{0,001}$	$\frac{5}{0,060}$	$\frac{459}{0,800}$	$\frac{66}{0,006}$	$\frac{531}{0,867}$
1983						
зима	–	$\frac{369}{0,463}$	$\frac{18}{0,025}$	$\frac{271}{4,471}$	$\frac{12}{0,009}$	$\frac{665}{4,968}$
весна	$\frac{101}{0,001}$	$\frac{0}{0,334}$	$\frac{6}{0,062}$	$\frac{14}{0,230}$	$\frac{315}{0,051}$	$\frac{666}{0,684}$
лето	$\frac{40}{0,022}$	$\frac{32}{0,120}$	$\frac{1475,1}{2,960}$	$\frac{2}{0,001}$	$\frac{30}{0,002}$	$\frac{1579,1}{3,105}$

Примечание. Здесь и в табл. 22 в числителе – тыс. кл/л, в знаменателе – мг/л.

верхней части средние показатели биомассы несколько ниже (0,600–3,910 мг/л), хотя в северо-восточном отроге биомасса может превышать 19,00 мг/л за счет развития синезеленых.

В Тилигульском лимане зимой диатомовые составляют от 9 до 100 % биомассы фитопланктона. Их численность колеблется от 25 до 5220 тыс. кл/л, а биомасса от 0,125 до 2,460 мг/л. Массовыми в этот период являются морские виды *Skeletonema costatum* (Grev.) Cl. и *Chaetoceros rigidus* Ostf. В отличие от Березанского лимана в зимнем фитопланктоне Тилигульского лимана значительную часть биомассы образуют эвгленовые, численность которых колеблется от 25 до 2000 тыс. кл/л, а биомасса от 0,165 до 3,416 мг/л за счет интенсивного развития *Euglena gracilis* Klebs и *E.granulata*. Отмечены случаи (февраль 1983 г.), когда при 4,5–4,7 °С в центральной части водоема эвгленовые давали биомассу свыше 17,000 мг/л за счет массового развития *E.granulata*.

В центральной части встречаются также зеленые водоросли, в частности *Ankistrodesmus pseudomirabilis*, биомасса которых незначительна (около 0,001 мг/л).

Доминируют в зимний период диатомовый и эвгленово-диатомовый комплексы. Средние показатели биомассы в разных частях лимана колеблются от 0,165 до 17,470 мг/л, общая численность от 10 до 5220 тыс. кл/л (табл. 21).

Весной доля диатомовых в общей биомассе составляет от 5 до 27%.

Численность их достигает 20 тыс. кл/л, биомасса не превышает 0,430 мг/л. Наиболее часто встречается в этот период эвригалинный вид *Cocconeis scutellum* Ehr. Численность (20-7200 тыс. кл/л) и биомасса (0,007—0,706 мг/л) зеленых значительно увеличиваются по сравнению с зимним периодом, при этом наиболее массовым, как и зимой, остается *Ankistrodesmus pseudomirabilis*.

Синезеленые в весенний период появляются в основном в северной части лимана. Численность их достигает 20 тыс. кл/л, биомасса 0,200 мг/л. Наиболее часто встречаются *Aphanizomenon flos-aquae*. *Anabaena circinalis* (Kiitz) Hansg и *Oscillatoria planctonica*. В отдельных участках численность *O.planctonica* в поверхностном слое воды может достигать 100 тыс. кл/л.

В северной части встречаются пиропитовые — *Peridinium latum* (до 80 тыс. кл/л и 0,820 мг/л).

Эвгленовые составляют весной от 40 до 100 % общей биомассы и встречаются по всему лиману. Кроме указанных для зимнего периода, встречаются *Euglena pisciformis* Klebs и *Euglena* sp.

Доминируют почти по всему лиману эвгленовые: в самом верховье лимана — пиропитово-синезеленый комплекс в связи с интенсивным развитием *Peridinium latum* и *Anabaena flos-aquae*, а на отдельных участках центральной части — зелено-диатомовый комплекс за счет массового развития *A.pseudomirabilis*, *D.pulchellum* и *Coscinodiscus granii* Gongh. Отмечены отдельные участки, где доминировал синезелено-диатомовый комплекс.

Общая численность фитопланктона колеблется весной от 40 тыс. кл/л в северной части до 8360 тыс. кл/л в центральной, биомасса от 0,014 до 7,250 мг/л.

В летнем фитопланктоне Тилигульского лимана значительно возрастает роль пиропитовых водорослей, которые на отдельных участках дают 100 % общей биомассы за счет бурного развития *E.cordata*. Так, в южной и центральной частях лимана в августе 1981 г. численность *E.cordata* достигала 7500 тыс. кл/л, а биомасса 15,000 мг/л.

Доля диатомовых в летнем фитопланктоне колеблется от 0 до 98 %, численность достигает 60 тыс. кл/л, биомасса — 13 мг/л. Встречаются диатомовые главным образом в центральной и южной частях лимана. Наиболее распространены морской вид *Coscinodiscus granii* и пресноводно-солонатоводный *Cocconeis placentula*. Доля синезеленых водорослей в летнем фитопланктоне Тилигульского лимана несравненно ниже, чем в Березанском. Они составляют 1-10 % общей биомассы. Лишь в верховье лимана они дают до 100 % биомассы за счет массового развития *O.planctonica*. В небольших количествах на отдельных участках встречаются эвгленовые и зеленые водоросли.

Общая численность водорослей колеблется в разных частях лимана от 60 до 7510 тыс. кл/л, биомасса — от 0,130 до 15,100 мг/л. В осенний период значительно возрастает доля эвгленовых, они составля-

на многих участках до 20, а на отдельных и до 100 % общей биомассы. Численность их колеблется в пределах 4-5045 тыс. кл/л, биомасса от 0,014 до 2,400 мг/л.

Количество пиропитовых осенью снижается, особенно в северной части, где они составляют не более 2 % биомассы. В южной и центральной частях они могут давать на ограниченных участках 70-90 % общей биомассы.

Доля диатомовых в осеннем фитопланктоне Тилигульского лимана в разные годы колеблется в широких пределах от нескольких десятых процента до 41 в поверхностных слоях воды и до 80 % в придонных.

В осенний период можно выделить несколько доминирующих комплексов: в южной части - пиропитово-эвгленовый и пиропитово-диатомовый, в центральной - пиропитово-эвгленовый и в северной пиропитово-диатомовый и диатомово-пиропитово-зеленый.

Численность фитопланктона колеблется в пределах 35—9620 тыс. кл/л, биомасса 0,059-20,115 мг/л. В центре лимана на отдельных участках в связи с массовым развитием *E.cordata* биомасса в поверхностных слоях воды достигала 25,320 мг/л.

В зимнем фитопланктоне Хаджибейского лимана при температуре воды 0,3-4,7 °С основу биомассы составляют зеленые водоросли (80-100 % биомассы). Численность их изменяется в широких пределах от 600 до 25000 тыс. кл/л, биомасса от 0,062 до 2,825 мг/л. Наиболее многочисленны *Ankistrodesmus niinitissimus* Korschik и *A.pseudomirabilis*.

Эвгленовые водоросли в зимнем фитопланктоне Хаджибейского лимана дают невысокую биомассу — порядка сотых долей мг/л, но в отдельные годы она может составлять 13-18 % общей биомассы, численность их достигает 40—420 тыс. кл/л, биомасса — 0,014-0,148 мг/л.

В весенний период зеленые водоросли остаются доминирующими и составляют 47-100 % общей биомассы. Численность их в разные годы колеблется в различных участках лимана от 3,00 до 850,08 млн кл/л, а биомасса от 0,143 до 96,058 мг/л. Массовыми весной являются *A.pseudomirabilis* и *Dictyosphaerium pulchellum*.

Эвгленовые водоросли наиболее интенсивно развиваются в южной части лимана, подверженной влиянию сточных вод г.Одессы, а в остальных частях их обычно меньше. Так, в 1983 г. в южной части доля эвгленовых составляла 30—47 % общей биомассы, в центральной — 10—29 и в северной — 5—30 %. Численность их колеблется от 25 до 5000 тыс. кл/л, биомасса от 0,001 до 8,540 мг/л.

Диатомовые могут составлять от десятых долей процента до 45 % общей биомассы, пиропитовые — до 8 %. Доминируют весной несколько комплексов: зелено-эвгленово-диатомовый в центральной части, зелено-эвгленовый — в южной, зелено-эвгленово-пиропитовый — в северной.

Таблица 22. Сезонная динамика численности и биомассы фитопланктона Хаджи-Бейского лимана в 1981, 1983 гг.

Год, сезон	Синезе- леные	Зеле- ные	Диато- мовые	Пирофи- товые	Загле- новые	Зеленые	Итого
1981							
зима	-	-	$\frac{12}{0,001}$	-	$\frac{164}{0,037}$	$\frac{3208}{0,438}$	$\frac{3384}{0,496}$
весна	-	-	$\frac{24}{0,167}$	$\frac{2}{0,018}$	$\frac{4}{0,001}$	$\frac{6605}{0,801}$	$\frac{6635}{0,987}$
лето	$\frac{0,5}{0,001}$	-	$\frac{10}{0,144}$	-	-	$\frac{121}{0,131}$	$\frac{131,5}{0,276}$
осень	$\frac{2095}{0,004}$	$\frac{0,5}{0,003}$	$\frac{76}{1,186}$	$\frac{4}{0,036}$	$\frac{1,5}{0,100}$	$\frac{1831}{2,521}$	$\frac{4008}{3,850}$
1983							
зима	-	-	-	-	$\frac{2}{0,012}$	$\frac{12698}{1,431}$	$\frac{12700}{1,443}$
весна	-	-	$\frac{13,7}{0,900}$	$\frac{9}{0,086}$	$\frac{1557}{2,462}$	$\frac{16219,5}{18,974}$	$\frac{161974,7}{22,422}$
лето	$\frac{11490}{0,103}$	-	$\frac{11,3}{0,042}$	-	$\frac{23}{0,038}$	$\frac{4355}{1,158}$	$\frac{15879,3}{1,341}$
осень	$\frac{46239}{0,124}$	$\frac{1}{0,006}$	$\frac{24}{0,369}$	$\frac{0,8}{0,003}$	-	$\frac{6407}{1,229}$	$\frac{52671,8}{1,733}$

Численность фитопланктона колеблется в пределах 4,00 850,09 млн кл/л, биомасса - 0,407-96,088 мг/л, среднесезонные показатели приведены в табл. 22. В летний период основу биомассы фитопланктона составляют зеленые и диатомовые (до 100 % биомассы) водоросли, возрастает роль синезеленых, особенно в северной части, где они составляют от 4 до 92 % биомассы. Абсолютное количество зеленых водорослей летом в десятки раз ниже, чем весной, численность их колеблется от 15 до 10230 тыс. кл./л., биомасса от 0,002 до 3,944 мг/л. Массовыми в летний период являются *Chlamydomonas elliptica* Korschik. и *Oocystis elliptica* West. Численность диатомовых изменяется от 5 до 15 тыс. кл/л, биомасса - от 0,002 до 0,244 мг/л. Однако на многих участках диатомовые в летний период не развиваются. Численность синезеленых колеблется от 5 до 42350 тыс. кл/л, биомасса — от 0,001 до 0,290 мг/л. Основу биомассы образуют *Anabaenopsis elenkinii* и *Microcystis aeruginosa*.

Доминируют в южной части лимана зелено-диатомово-синезеленый комплекс, в центральной — синезелено-зеленый, зелено-диатомовый, зелено-диатомово-синезеленый, в северной — зелено-диатомовый и зелено-синезеленый. Общая численность фитопланктона колеблется от 50 до 42970 тыс. кл/л, биомасса - от 0,003 до 4,329 мг/л.

Осенью в фитопланктоне возрастает роль диатомовых водорослей, однако основу биомассы составляют зеленые. Доминируют диатомово-зеленый, зелено-диатомово-синезеленый и зелено-синезеленый комплексы. Общая численность колеблется в пределах 80—145542 тыс. кл/л, биомасса - 0,740-7,537 мг/л.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ФИТОПЛАНКТОНА В ЛИМАНАХ

Сравнение видового состава водорослей различных частей лиманов показывает, что коэффициент общности флористического состава фитопланктона (5 по Серенсену) изменяется в течение года в широких пределах. Весной в Березанском лимане для южной, соединяющейся с морем части и центральной он составляет 20-22, для южной и северной - 22-28 %. Летом коэффициент возрастает до 60-65 % между южной и центральной частями и 35-40 % между южной и северной.

Осенью коэффициент общности видов между южной и центральной частями лимана близок к 51 %, а между южной и северной около 52 %. Эти величины показывают, что осенью количество видов, общих для приморской части лимана и удаленных от моря центральной и северной, примерно одинаково и гораздо выше, чем весной. Причиной увеличения количества общих видов во всех частях лимана в осенний период является главным образом повышение общей минерализации

2-4 раза по сравнению с весенним и снижение разности между минерализацией в разных частях лимана. Если весной эта разность составляет 2,0-2,5 ‰, то к осени она снижается до 0,3-0,9 ‰. В большей степени также сказывается сезонная смена доминирующих видов в фитопланктоне.

В Тилигульском лимане количество видов, общих для разных частей лимана, также возрастает от зимы и весны к осени. Так, в зимний период 1981 г. в южной части лимана доминировали диатомовые, а в северной эвгленовые; общих для обеих частей видов не было, и коэффициент был равен 0.

Разность в солености воды северной и южной частей лимана достигала 2,0-2,5 ‰. Весной на всей акватории лимана отмечалось интенсивное развитие эвгленовых, однако коэффициент для южной и северной частей был невелик (25 %) в связи с тем, что в южной части более интенсивно развивались зеленые, а в северной — синезеленые, диатомовые и пирофитовые водоросли. Разность между минерализацией воды в указанных частях лимана составляла от 0,7 до 5,0 ‰. Летом количество общих видов продолжало возрастать, и осенью, когда по всему лиману доминировали эвгленовые, оно достигало 100. Разность в минерализации воды южной и северной частей не превышала 0,5 ‰. Следовательно, в Тилигульском лимане в осенний период флористический состав становится более разнообразным, чем в другие сезоны года, а также по сравнению с Березанским лиманом. Происходит это в связи с тем, что в осенний период минерализация воды в разных частях лимана близка и условия для развития доминирующих видов почти одинаковы.

В Хаджибейском лимане фактор минерализации значительно меньше сказывается на сезонной динамике видового состава фитопланктона в разных частях побережья, а также абсолютная величина минерализа-

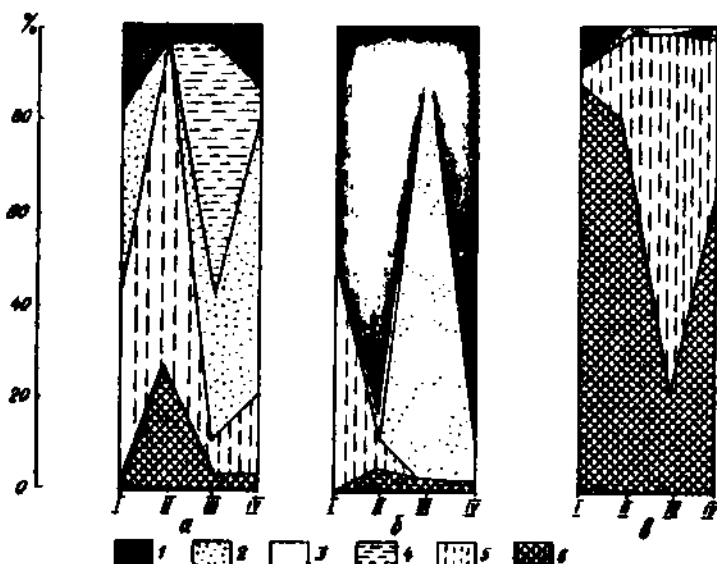


Рис. 21. Сезонная динамика (%) фитопланктона:

а – Березанский, б – Тилигульский, в – Хаджибейский лиманы; I – зима, II – весна, III – лето, IV – осень; 1 – угленосы, 2 – шифонитовые, 3 – кремнежгутиковые, 4 – синезеленые, 5 – диатомовые, 6 – зеленые

цим (в 1980–1983 гг. изменялась в пределах 5,5–8,0 %) значительно ниже, чем в предыдущих лиманах (до 15 %), и изменение ее в разрезе одного года происходит в небольшом диапазоне.

В этом лимане наиболее однообразный флористический состав отмечается в весенний период ($S = 86\%$), а к осени видовое разнообразие фитопланктона становится более значительным и коэффициент S снижается до 50 %.

На распределении доминирующих комплексов и отдельных видов по акватории лиманов в большой мере сказываются особенности гидрологического режима, в частности крупномасштабное перемещение водных масс – течения (гл. 2). Их распределение в Березанском и Хаджибейском лиманах таково, что водные массы с южной части могут при определенных ветровых условиях попадать в центральную и северную. В Тилигульском система течений такова, что южная часть почти не обменивается водой с центральной, следовательно, проникновение водорослей с одной части в другую здесь очень затруднено.

Анализ видового состава фитопланктона показал, что в различные сезоны года получают интенсивное развитие представители разных групп (рис. 21) и встречаемость массовых для лимана видов изменяется в широких пределах. Лишь единичные виды развиваются почти на всей акватории водоема в течение года, например в Березанском лимане

таблица 23. Разброс (распределенность в пространстве) некоторых массовых видов водорослей Березанского лимана

Вид водорослей	1980	1981			
	Осень	Зима	Весна	Лето	Осень
Озеленелые					
<i>Aphanizomenon elenkinii</i> W. Miller.	—	—	—	0,17	0,08
<i>Merismopedia minima</i> O. Beck.	1,00	—	0,50	0,94	0,50
<i>Microcystis aeruginosa</i> Kütz. emend Elenk.	—	—	—	0,06	0,08
<i>Microcystis</i> (Wood.) Forti emend Elenk.	0,88	—	—	—	—
<i>Oscillatoria planctonica</i> Wolosz.	1,0	—	—	0,94	0,92
<i>O. tenuis</i> Ag.	—	—	—	0,22	0,06
Зеленоватые					
<i>Ehrlichia tripartita</i> (Schum.) Lemm.	0,88	—	—	0,06	0,42
Цианомовые					
<i>Ankistrodesmus ovalis</i> Kütz.	0,13	—	0,29	0,11	0,50
<i>Nodularia sicularis</i> W. Sm.	—	—	0,14	0,11	0,67
<i>Rhodospira curvata</i> (Kütz.) Grun.	—	—	0,14	0,06	0,08
<i>Rhodospira costatum</i> (Grev.) Cl.	0,38	0,25	—	0,06	0,08
Пирофитовые					
<i>Ehrlichia cordata</i> Ostef.	0,50	0,25	—	0,89	1,00
<i>Prorocentrum micans</i> Ehr.	0,13	—	—	0,17	—
<i>P. scutellum</i> Schroed.	—	—	—	0,33	0,08
Зеленые					
<i>Ankistrodesmus minutissimus</i> Grun. et Schk.	0,38	—	0,56	0,17	0,50
<i>A. pseudominutissimus</i> Korot'uk.	1,00	—	0,93	0,94	0,83
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i> Wood.	0,88	1,00	0,71	0,72	0,33
<i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerh.) Grun.	—	—	—	0,33	0,03
<i>S. quadricauda</i> (Turp.) Grun.	0,63	—	0,36	0,28	0,33

не *Dictyosphaerium pulchellum* из протококковых. Многие виды бурно размножаются при благоприятных для них температурных условиях на всех участках водоема, а при неблагоприятных полностью выпадают из состава фитопланктона (табл. 23). Так, *Oscillatoria planctonica* встречается по всему Березанскому лиману летом и ранней осенью. Некоторые виды дают всплеску развития на отдельном участке водоема. Например, биомасса *Aphanizomenon elenkinii* в центре лимана в летний период 1982 г. превышала 11,3 г/м³. Поэтому, как указано выше, комплексы доминирующих видов фитопланктона изменяются как на различных участках лимана, так и на одном участке по мере смены сезонов года.

Биомасса фитопланктона распределяется по акватории каждого лимана в течение года не одинаково, хотя между Березанским и Тили-

Таблица 24. Запасы фитопланктона в лиманах Северного Причерноморья (средние показатели)

Сезон	Лиман		
	Березанский	Тилигульский	Хаджибейский
Зима	1,030/203,9	3,203/1 773,4	0,969/395,3
Весна	0,605/119,7	1,659/918,3	11,704/4932,0
Лето	3,713/735,1	3^31/1955,0	0,808/3403
Осень	2,492/493,4	3304/1940,1	2,791/1176,0

Примечание. В числителе - средняя биомасса, г/м³, в знаменателе - общие запасы, т.

тульским лиманами имеется некоторое сходство. Так, в весенний период нарастание биомассы происходит в этих водоемах в направлении от северной и южной частей к центральной. По средним данным, в Березанском лимане нарастание идет от 0,230 до 0,505 мг/л, в Тилигульском - от 0,676 до 2,386.

Летом в Березанском лимане биомасса увеличивается от северной части к центральной, где средние показатели ее в разные годы составляют от 1,009 до 13,984 мг/л. В южной части эти величины несколько снижаются или остаются на том же уровне в центре лимана. Отмечены такие случаи, когда в южной части биомасса фитопланктона превышала таковую в центральной.

В Тилигульском лимане в летний период нарастание биомассы происходит от северной части к южной. Такая же картина наблюдается в этих лиманах и осенью: в Березанском нарастание идет от северной (2,198 мг/л) и южной (2,623 мг/л) к центральной (2,670 мг/л), а в Тилигульском — от северной (0,750 мг/л) к южной (0,888 мг/л).

Иная картина распределения биомассы фитопланктона наблюдается в Хаджибейском лимане. В южной его части развитие фитопланктона несколько угнетается в связи с повышенной мутностью воды, которая является следствием поступления в эту часть водоема сточных вод г. Одессы.

Увеличение биомассы фитопланктона почти во все сезоны происходит в Хаджибейском лимане в направлении от южной к северной части. В весенний период бывают случаи когда максимальные показатели биомассы наблюдаются в центральной части. Так, весной 1983 г. в лимане наблюдалось бурное развитие фитопланктона, и биомасса его возрастала до 11,754 мг/л в центральной части, а к северной снижалась до 5,045 мг/л.

Характерной особенностью Хаджибейского лимана можно считать то, что максимальное развитие фитопланктона приурочено к весеннему и осеннему периодам, в то время как в Березанском и Тилигульском наблюдаются весенний и летний максимумы развития фитопланктона.

Таким образом, по уровню развития фитопланктона, его сезонной динамике и распределению по акватории лимана Северного Причерноморья в значительной мере различаются между собой. Запасы водорослей в лиманах хорошо характеризуют трофность водоемов [160]. Из табл. 24 видно, что самые большие запасы фитопланктона во все сезоны года были в Тилигульском лимане, который по площади почти в 2 раза больше Березанского и в 13 раза больше Хаджибейского.

Более реальное и сравнимое представление о запасах фитопланктона в каждом из лиманов дают показатели этих запасов на единицу площади. Расчеты показывают, что весной наиболее продуктивен Хаджибейский лиман ($57,35 \text{ г/м}^2$), наименее — Березанский ($1,99 \text{ г/м}^2$), Тилигульский занимает промежуточное положение ($8,13 \text{ г/м}^2$). В летний период резко возрастают запасы фитопланктона в Березанском лимане ($12,25 \text{ г/м}^2$), однако в Тилигульском лимане запасы выше ($17,30 \text{ г/м}^2$), а самые низкие в Хаджибейском ($3,96 \text{ г/м}^2$). Осенью самые высокие запасы фитопланктона в Тилигульском ($17,17 \text{ г/м}^2$) и Хаджибейском ($13,67 \text{ г/м}^2$) лиманах, в Березанском этот показатель в 1,7 раза ниже, чем в Хаджибейском, и в 3 раза ниже, чем в Тилигульском.

ПЕРВИЧНАЯ ПРОДУКЦИЯ ЛИМАНОВ

Каждый из рассматриваемых лиманов имеет свои гидрологические и гидрохимические особенности, а вследствие этого процессы первичного продуцирования протекают в них не одинаково. Показатели валовой первичной продукции возрастают или понижаются в каждой части лимана в сезонном аспекте примерно в том же направлении, в каком идет накопление или снижение биомассы фитопланктона.

В Березанском лимане валовая первичная продукция (Л) возрастает в основном от северных отрогов к центру и южной части лимана. Весной величина ее изменяется от $1,75$ до $3,66 \text{ г О}_2 \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{сут}^{-1}$ в северной и центральной частях и от $3,04$ до $6,61$ в южной.

В летний период показатель валовой первичной продукции возрастает до $3,83$ – $6,61 \text{ г О}_2 \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{сут}^{-1}$ в северной части, до $4,37$ – $7,05$ в центральной и $6,28$ – $8,26$ — в южной. Средние для каждой части показатели составляют соответственно $5,19$, $5,40$ и $7,36 \text{ г О}_2 \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{сут}^{-1}$.

В осенний период валовая первичная продукция снижается, и показатели ее колеблются от $0,25 \text{ г О}_2 \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{сут}^{-1}$ в северной части до $3,75$ в центральной.

Величина деструкции в весенний и летний периоды ниже валовой первичной продукции и составляет в среднем около $4,16 \text{ г О}_2 \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{сут}^{-1}$ в северной и центральной частях и $1,20$ — в южной. Осенью деструкция в северной части лимана, (а иногда и в центральной) превышает валовую первичную продукцию, при этом чистая продукция (А-Р) оказывается отрицательной, т.е. в данных частях водоема в осенний

период процессы разрушения органических веществ преобладают на их новообразовании.

В южной части лимана чистая продукция обычно в 5—6 раз выше, чем в северной и центральной, и колеблется в летний период от 5,5 до 6,63 г О₂ • М² • сут⁻¹, а осенью снижается, но постоянно остается положительной.

Различия между процессами первичного продуцирования в южной и отдаленных от моря центральной и северной частях лимана обусловлены главным образом гидрологическим режимом. За каждые сутки из моря в лиман и обратно поступает 8,7 млн/м³ воды, что составляет 4,4 % объема лимана [154]. Следовательно, примерно 23 дня нужно для того, чтобы количество поступившей из моря в лиман воды и вышедшей обратно равнялось объему всего лимана (200 млн м³). В водообмене при этом участвуют прежде всего водные массы южной части лимана.

При нагоне морской воды в лиман на стыке водных масс (гидрофронт) происходит интенсивное разложение органических веществ, вода обогащается биогенными элементами, и это вызывает активное новообразование фитопланктоном органических веществ [57], которые при выходе воды из лимана выносятся в море.

В центральную и северную части лимана поступает несравненно меньше морской воды, и лишь незначительное количество образованных фитопланктоном органических веществ выносятся с этих участков. Поэтому показатели валовой первичной продукции здесь ниже, чем в южном участке, а деструкция постоянно выше.

В различных районах лимана изменение первичной продукции и деструкции на разной глубине неодинаково. В северной части летом прозрачность воды самая низкая — 0,12—0,50 м, и новообразование органического вещества происходит в поверхностном слое воды 0,5—1,5 м. В центральной части лимана прозрачность несколько выше 0,25—0,60 м и толщина слоя воды, в котором происходит образование органического вещества, составляет 1,0—2,0 м. В южной части при прозрачности 0,60—0,65 м органические вещества образуются в слое воды 1,5—2,5 м. Глубже указанных слоев деструкция равна или превышает валовую первичную продукцию.

Осенью прозрачность воды в северной и центральной частях лимана увеличивается до 0,5—1,2 м, и образование органического вещества фитопланктоном протекает в слое 0,7—3,0 м. В южной части где прозрачность достигает 1,5—2,0 м, наблюдается образование органического вещества до глубины 3,0—4,0 м, в более глубоких слоях преобладают процессы деструкции.

В Тилигульском лимане валовая первичная продукция возрастает, как и в Березанском лимане, от северной части к центральной и южной. Однако в отличие от последнего в южной части Тилигульского лимана нередко деструкция превышает валовую продукцию. Так, в летний период 1983 г. величина деструкции составила 7,87, а валовая пер

вичная продукция $5,02 \text{ г O}_2 \cdot \text{м}^2 \cdot \text{сут}^{-1}$. Объясняется это тем, что в данной части водоема в большом количестве развивается подводная растительность и часть накапливающейся биомассы начинает разлагаться уже в летний период, толща воды обогащается растворенным органическим веществом, что ведет к увеличению деструкции. В целом, за 1980–1983 гг. в южной части лимана показатель валовой первичной продукции в летний период находился на уровне $1,32\text{--}10,02$, а деструкция — $0,26\text{--}11,24 \text{ г O}_2 \cdot \text{м}^2 \cdot \text{сут}^{-1}$.

В центральной части пределы изменения валовой первичной продукции несколько шире ($0,57\text{--}13,02 \text{ г O}_2 \cdot \text{м}^2 \cdot \text{сут}^{-1}$), а деструкция ниже продукции (не более $10,34$), баланс органического вещества здесь положительный, преобладают процессы новообразования. В северной части валовая первичная продукция не превышает $2,00 \text{ г O}_2 \cdot \text{м}^2 \cdot \text{сут}^{-1}$, а деструкция постоянно ниже.

Весной и осенью показатели валовой первичной продукции ниже, чем летом, и колеблются от $0,15 \text{ г O}_2 \cdot \text{м}^2 \cdot \text{сут}^{-1}$ в северной части до $5,95$ в центральной. Деструкция весной ниже валовой продукции, а осенью в южной части превышает ее (R составляет $0,73\text{--}3,61 \text{ г O}_2 \cdot \text{м}^2 \cdot \text{сут}^{-1}$, A — $1,76\text{--}2,01$). Как и летом, процессы разрушения органического вещества преобладают над их новообразованием.

В центральной части первичная валовая продукция весной и осенью превышает деструкцию (A колеблется от $2,92$ до $7,95$, R — от $2,18$ до $5,00 \text{ г O}_2 \cdot \text{м}^2 \cdot \text{сут}^{-1}$), здесь преобладают процессы новообразования органических веществ.

В северной части, как и в южной, в осенний период деструкция (до $1,38 \text{ г O}_2 \cdot \text{м}^2 \cdot \text{сут}^{-1}$) превышает валовую продукцию.

Различия между процессами первичного продуцирования в отдельных частях лимана можно объяснить следующими причинами: прежде всего нужно иметь в виду, что центральная часть самая глубоководная, и выделяющиеся из осаждающихся на дно водорослей органические вещества минерализуются в глубоких придонных слоях, они не могут быть подняты в поверхностные слои ветровым перемешиванием. Поэтому в данной части величина деструкции обычно ниже, чем в южной, где более обширны мелководные зоны и органические вещества из придонных слоев могут выноситься в результате ветровых перемешиваний в поверхностные слои. Кроме этого, в южной части значительная часть дна покрыта высшей подводной растительностью, и разлагающиеся ее частицы, а также органические частицы отмирающего фитопланктона легко могут поступать в толщу воды. Поэтому в южной части в биотических процессах в толще воды большое участие принимает приносимое из придонных слоев органическое вещество, что является причиной преобладания деструкционных процессов над продукционными. Северная часть самая мелководная, и причины преобладания деструкции над валовой первичной продукцией здесь те же, что и в южной.

Распределение первичной продукции по глубине в Тилигульском лимане иное, чем в Березанском. В связи с высокой прозрачностью воды (от 2 до 6 м) в южной и центральной частях фотосинтез протекает во всей толще исследованного слоя воды. В северной части, где прозрачность снижается до 0,8-0,5 м, фотосинтез протекает в поверхностном слое воды толщиной 2,0-4,0 м. Учитывая небольшую глубину в северной части, можно считать, что в процессе образования органических веществ при фотосинтезе фитопланктона в этой части лимана участвует вся толща воды [20].

В Хаджибейском лимане самые высокие величины валовой первичной продукции (A) в летний период характерны для центральной (3,00-18,02) и северной (4,64-20,07 г O_2 * м² * сут⁻¹) частей лимана, где доминируют протококковые водоросли, составляющие 51—100 % общего состава фитопланктона. Показатели деструкции (D) в этих частях водоема изменяются в пределах 1,54—8,71 г O_2 * м² * сут⁻¹. Чистая продукция ($A-R$) колеблется от —3,08 до +12,27 г O_2 * м² * сут⁻¹.

В южной части лимана, подверженной влиянию сточных вод г.Одессы, показатели валовой первичной продукции значительно ниже, чем в центральной и северной (0,20—4,68 г O_2 * м² * сут⁻¹), показатели деструкции здесь выше валовой первичной продукции и изменяются в пределах 0,63—4,88 г O_2 * м² * сут⁻¹. Показатели $A \sim R$ постоянно отрицательны. В фитопланктоне этой части доминируют также зеленые водоросли, а на отдельных участках диатомовые и синезеленые. Следует отметить, что даже при одинаковых показателях биомассы фитопланктона в южной и центральной частях в первой деструкция выше и валовая продукция ниже, так как приносимые стоками взвешенные вещества сильно снижают прозрачность воды, ухудшают условия протекания фотосинтетических процессов. Кроме того, значительное количество органических веществ, приносимых со сточными водами, минерализуется в южной части лимана, что повышает общую величину деструкции.

Осенью показатели валовой первичной продукции в северной части лимана изменяются в пределах 1,18—1,38 г O_2 * м² * сут⁻¹ в центральной 0,78-1,78 и в южной -0,89-1,62. Деструкция в этот период превышает валовую продукцию на всех участках лимана и колеблется от 1,99 г O_2 * м² * сут⁻¹ в северной части до 10,5 в южной.

Сравнение среднесезонных величин первичной продукции и деструкции органических веществ в лиманах (табл. 25) показывает, что в летний период наиболее интенсивное новообразование органических веществ протекает в Березанском лимане, где средний за период исследования показатель валовой первичной продукции составляет 1,68 г O_2 * м² * сут⁻¹. В Хаджибейском лимане этот показатель равен 1,41 г O_2 * м² * сут⁻¹, а в Тилигульском почти в 2 раза ниже, чем в Березанском.

Таблица 25. Средние показатели валовой первичной продукции (А), деструкции (Д), чистой продукции (А-Д), г 0, -м 'сут" и коэффициента А/Р

Год	Сезон	« 1		A-R	A/R
Березанский лиман					
1980	Осень	0,70	0,59	0,11	1,18
1981	Весна	0,83	0,56	0,27	1,48
	Лето	1,74	1,05	0,69	1,65
	Осень	0,60	0,59	0,01	1,01
1982	Лето	1,63	1,15	0,48	1,41
1983	Весна	0,86	0,46	0,40	1,86
Тилигульский лиман					
1980	Осень	0,73	0,52	0,21	1,40
1981	Лето	0,80	0,43	0,37	1,86
	Осень	0,41	0,31	0,10	1,32
	Весна	0,64	0,11	0,53	5,8
1983	Лето	0,94	0,91	0,03	1,03
	Осень	0,51	0,35	0,16	1,45
Хаджибейский лиман					
1981	Лето	0,95	0,55	0,40	1,72
1983	Осень	0,22	1,03	-0,81	0,21
	Лето	1,87	1,17	0,70	1,59

Средний показатель чистой продукции (остаточное органическое вещество) составил в Березанском лимане 0,58 г 0, · м' · сут что в 2,9 раза выше, чем в Тилигульском, а также несколько превышает этот показатель в Хаджибейском лимане, составивший 0,55 г 0 м'х х сут

В осенний период средний показатель валовой первичной продукции наиболее высок также в Березанском лимане (0,65 г 0j · м' х х сут '), а самый низкий (0,22 г 0, · м' · сут") в Хаджибейском, причем средний показатель деструкции в последнем в 4,7 раза выше продукции, а это значит, что на всей акватории лимана в этот период остаточное органическое вещество не образуется, идет разрушение его запасов, накопившихся в летний период. В Березанском и Тилигульском лиманах осенью остаточное органическое вещество накапливается в небольших количествах (0,10—0,15 г 0, · м' · сут ').

Весной валовая первичная продукция в Березанском лимане (0,84 г 0, м' · сут ') выше, чем в Тилигульском (0,64), однако чистая продукция выше в последнем (соответственно 0,53 и 0,33 г 0, · м' · сут").

Таким образом, процессы новообразования органического вещества в процессе фотосинтеза фитопланктона наиболее интенсивно протекают в открытом Березанском лимане, в закрытых лиманах уровень процессов первичного продуцирования ниже, причем в последних на многих участках в осенний период (а в южной части и летом) процессы деструкции органических веществ преобладают над процессами их образования.

ОЦЕНКА ТРОФНОСТИ ЛИМАНОВ ПО ПЕРВИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ

В гл. 2 показано, что лиманы Северного Причерноморья различаются по ряду морфологических особенностей, в частности по глубине. Самый мелкий из них — Березанский лиман, а Тилигульский и Хаджибейский по средней глубине близки между собой. В связи с этим количество образуемого фитопланктоном органического вещества в каждом лимане в расчете на единицу площади зависит не только от интенсивности его образования в единице объема воды, но и от общего объема водоема или его части.

Расчет валовой первичной продукции на площадь отдельных частей Березанского лимана показал, что в южной части весной ежегодно при фотосинтезе образовывалось более 26 кг/га органического вещества, в центральной — около 17, в северной — около 16 кг/га (табл.26). Чистая продукция в весенний период составляла 28–44 % валовой.

В летний период на каждом гектаре образовывалось в 1,6–2,2 раза больше органического вещества, чем весной. При этом в южной части чистая продукция составляла около 96 % валовой, а в центральной и северной 20–23 %.

Весной валовая продукция изменялась в разные годы от 5,49 кг/га органического вещества в северной части до 23,45 кг/га — в центральной.

Оценка продуктивности лимана в целом показала, что в разные сезоны года на каждом гектаре площади образуется в среднем от 14,5 до 40,0 кг органического вещества, а летом в среднем 38,9 кг/га.

Суммарная валовая первичная продукция за вегетационный период (215 дней) составляла в южной части лимана $297 \text{ г С} \cdot \text{м}^{-2}$, в центральной — 240 и в северной — 181. По градации Г.Г.Винберга, водоемы с такими величинами суммарной валовой продукции относятся к типу эвтрофных [15, 23].

В Тилигульском лимане наиболее продуктивна центральная часть, где на каждом гектаре ежегодно образуется в разные сезоны года от 14,1 до 38,6 кг органического вещества. Южная часть менее продуктивна, чем центральная. Здесь в разные сезоны ежегодно образуется от 18,5 до 32,6 кг/га органического вещества. В среднем за период исследований в этой части водоема ежегодно образовывалось 23,7 кг/га органического вещества, а в центральной — 24,7.

Северная часть самая малопроодуктивная, здесь в среднем за период исследований образуется 5,6 кг/га органического вещества. В среднем по лиману образуется весной — 15,3 кг/га, летом — 2,7 и осенью 16,8 кг/га.

Суммарная валовая первичная продукция за вегетационный период составила в среднем за период исследований в южной части $233 \text{ г С} / \text{м}^2$, в центральной — 244 и в северной — 56. В среднем по лиману эта величина равна $180 \text{ г С} / \text{м}^2$, что позволяет оценить Тилигульский лиман по уровню первичной продукции как мезотрофный водоем.

Таблица 26. Показатели продуктивности лиманов Северного Причерноморья, кг/га органического вещества в сутки

Год	Сезон	Часть лимана			Всего по лиману
		южная	центральная	северная	
Березанский лиман					
1980	Осень	19,7	23,5	7,64	16,9
1981	Весна	26,7	16,9	15,9	19,7
	Лето	42,9	36,2	34,8	40,0
	Осень	16,3	21,9	5,5	14,5
1982	Лето	43,7	42,3	27,6	37,8
Тилигульский лиман					
1980	Осень	12,2	38,6	—	20,5
1981	Лето	31,5	29,9	6,4	25,5
	Осень	18,5	14,1	2,2	13,2
1983	Весна	—	20,5	5,2	15,3
	Лето	32,6	36,0	8,3	28,8
Хаджибейский лиман					
1981	Лето	6,9	37,5	53,1	30,3
	Осень	8,2	8,7	5,1	7,2
1983	Лето	18,5	84,8	90,2	60,0

Оценивая продуктивность отдельных частей Хаджибейского лимана, следует отметить, что северная часть наиболее продуктивна. В летний период здесь ежедневно образуется от 53,1 до 90,2 кг/га органического вещества, причем чистая продукция (26,3—34,8 кг/га) составляет 38—50 % валовой первичной продукции.

Центральная часть несколько менее продуктивна, в ней ежедневно образуется в летний период от 37,5 до 84,8 кг/га органических веществ. Чистая продукция (18,3—41,3 кг/га) составляет около половины валовой первичной продукции.

Южная часть наименее продуктивна, здесь ежедневно образуется всего 6,9—18,5 кг/га органических веществ, разлагается 9,4—62,4.

Следует отметить, что в летний период Хаджибейский лиман наиболее продуктивный из трех рассмотренных нами. В среднем в нем ежедневно образуется 45,1 кг/га органического вещества. Суммарная валовая первичная продукция только за лето-осенний период составляет в среднем по лиману около 300 г С/м², что соответствует эвтрофному типу водоемов, однако учитывая, что в весенний период интенсивность образования органического вещества высока и этот период нами не учтен, следует считать, что суммарная валовая продукция в лимане достигает примерно 400—500 г С/м² в год и его можно отнести к типу гипертрофных водоемов.

БАКТЕРИОПЛАНКТОН ЛИМАНОВ

Микробиологическое изучение лиманов Причерноморья было начато по инициативе А.А.Вернадского и впоследствии продолжено многими учеными [14, 22, 55, 76]. Интерес к соляным водоемам Украины возник в связи с развитием соляного промысла и открытием лечебных свойств грязей, обнаруженных в Куяльницком, Хаджибейском и других лиманах [14, 22]. Поэтому микробиологические исследования были направлены главным образом на изучение соляной рапы и донных отложений соляных озер, лиманов и выяснение роли микроорганизмов в их образовании и регенерации. Наиболее полным обобщением работ о микрофлоре донных отложений Куяльницкого, Хаджибейского и других лиманов является работа Л.И.Рубенчика [135], которая дает представление о роли различных физиологических групп бактерий в образовании лечебных грязей в лиманах. Комплексное изучение лиманов началось после 1917 г., но микробиология лиманов Причерноморья изучена недостаточно. Наименее исследован Тилигульский лиман, в Хаджибейском бактериопланктон практически не изучен. В Березанском лимане исследование бактериопланктона проводилось А.С.Фомовым в 1971–1972 гг. и продолжено нами в 1979, 1981 и 1983 гг. [35, 130–134].

В настоящей работе обобщены результаты изучения современного состояния бактериопланктона, его запасов и продукции, играющих важную роль в биопродуктивности водоемов и формировании качества воды.

Методики отбора и обработки проб, постановки продукционных опытов описаны нами [130, 132, 133] и другими авторами [17, 173]. Расчет продукции бактериопланктона производили по Г.Г.Винсбергу и Д.З.Гак [24, 28], запасов бактериопланктона — исходя из сырой массы [54, 122] с использованием коэффициента 2,0 для Березанского и Хаджибейского лиманов и 2,2 для Тилигульского.

Бактериопланктон лиманов представлен преимущественно двумя морфологическими группами — кокками и палочками и в значительно меньшем количестве шаровидно-овальными и азотобактероподобными клетками. Средние объемы клеток различных морфологических групп при измерении их на окрашенных мембранных фильтрах приведены

Таблица 27. Средние объемы бактериальных клеток различных морфологических групп Березанского, Тилигульского (1979) и Хаджибейского (1981) лиманов

Морфологическая группа	Березанский лиман		Тилигульский лиман		Хаджибейский лиман	
	Процент встречаемости $\pm I_{95}$	Объем клетки, мкм	Процент встречаемости $\pm I_{95}$	Объем клетки, мкм	Процент встречаемости $\pm I_{95}$	Объем клетки, мкм
Кокки	56,4 $\pm$ 1,6	0,470	61,5 $\pm$ 2,0	0,297	53,6 $\pm$ 2,1	0,304
Палочки	30,6 $\pm$ 1,4	1,152	30,7 $\pm$ 1,4	0,752	44,6 $\pm$ 2,3	0,741
Шаровидные	5,6 $\pm$ 1,0	1,970	2,5 $\pm$ 0,5	1,386	1,6 $\pm$ 0,4	1,122
Азотобактероподобные	7,4 $\pm$ 0,8	2,385	4,3 $\pm$ 0,7	2,097	-	-
Среднегодовые показатели		0,904		0,544		0,520

Примечание $\pm I_{95}$ — доверительный интервал.

в табл. 27. Установлено, что весной клетки палочек и кокков крупнее, чем летом и осенью [22 - 23]. Средние объемы клеток в Тилигульском и Хаджибейском лиманах близки: 0,542 и 0,520 мкм³, в Березанском они значительно больше — 0,904 мкм³.

Особенности гидрологического режима Березанского лимана (водообмен с морем, влияние стока р.Днепра и р.Березань), а также уровень "цветения" воды в разных его частях являются основными факторами, определяющими распределение бактериопланктона по акватории водоема в разные сезоны. По данным за 1979, 1981 и 1983 гг., весной увеличение общей численности бактериопланктона происходит в направлении от южной части лимана (2,0—4,6 млн кл/мл) к северной (4,4—5,2 млн кл/мл). Биомасса возрастает в том же направлении и колеблется в южной части от 2,34 до 5,29, в северной — от 5,07 до 5,98 г/м³. Более широкий диапазон колебания биомассы бактериопланктона в южной части лимана обуславливается водообменом с морем, а также стоком Днепра, оказывающим в данной части наиболее существенное влияние на уровень развития бактериопланктона. В северной части интенсивному развитию бактериопланктона в весенний период способствует более высокая температура воды, так как эта часть малководна и прогревается лучше других. Кроме того, на развитие бактериопланктона в северной части положительно влияет хорошее вертикальное перемешивание всей толщи воды.

В летний период нарастание численности и биомассы бактериопланктона происходит в обратном по сравнению с весной направлении. Самые высокие показатели численности (5,8—7,3 млн кл/мл) характерны для южной части лимана, а по мере продвижения к северным отрогам происходит снижение их количества до 4,3—4,2 млн кл/мл.

Биомасса бактериопланктона возрастает от 3,60 в северной части до 6,40 г/м³ в южной. Следует отметить, что в центральной части в летний период численность и биомасса бактериопланктона близки к тако-

вым южной. Очевидно, это обусловлено одинаковыми условиями развития бактериопланктона в этих частях, так как количество органического вещества, образующегося при фотосинтезе фитопланктона, в летний период в указанных районах довольно близкое (гл. 4).

Осенью распределение бактериопланктона по акватории лимана происходит аналогично весеннему периоду, увеличение численности (от 3,5—6,2 до 6,4—6,5 млн кл/мл) происходит в направлении от южной части к северной. В таком же направлении увеличивается биомасса (от 2,70 до 4,60 г/м³).

Высокие показатели численности и биомассы бактериопланктона в северной части лимана обуславливаются тем, что в эту часть сбрасывается вода из прудов Березанского рыхоза.

В зимний период численность (1,4—1,8 млн кл/мл) и биомасса (1,60—2,00 г/м³) распределены по лиману довольно равномерно. Сравнение показателей численности и биомассы бактериопланктона поверхностных и придонных слоев воды показывает, что в придонных они обычно выше на 8—21 %.

Характеризуя развитие бактериопланктона в Березанском лимане в целом, можно заключить, что в нем наблюдается тенденция увеличения численности и биомассы в весенний и осенний периоды от южной части к северной, а летом в обратном направлении.

Распределение бактериопланктона в разные годы происходит неодинаково; наблюдается почти равномерное распределение численности и биомассы, увеличение от южной части к северной и в обратном направлении (табл. 28). Обычно в годы с более теплыми весенними и осенними периодами увеличение численности и биомассы бактериопланктона (по средним данным) происходит в направлении от южной части к центральной и северной, при затяжной весне и ранней осени — от северной части к южной. Средние показатели численности бактериопланктона в разные годы колеблются в пределах 4,3—5,1 млн кл/мл, биомассы — 3,94—4,70 г/м³.

Тилигульский лиман по гидрофизическим условиям отличается от Березанского прежде всего тем, что он не имеет свободного водообмена с морем, а это оказывает существенное влияние как на развитие бактериопланктона в разных частях водоема, так и на его распределение во все сезоны года. В этом лимане показатели численности (0,9—4,0 млн кл/мл в поверхностных слоях воды и 0,9—5,1 — в придонных) и биомассы (0,49—2,10 г/м³ в поверхностных слоях и до 2,95 в придонных) значительно ниже, чем в предыдущем. Распределение бактериопланктона по акватории Тилигульского лимана также иное, чем в Березанском. Здесь во все сезоны года максимальные показатели численности и биомассы характерны для южной и северной частей, а минимальные — для центральной, наиболее глубоководной.

В весенний период в южной и северной частях лимана в поверхностных слоях воды численность бактериопланктона колеблется в пределах

Таблица 28. Средние показатели численности (млн кл/мл) и биомассы (г/л) бактериопланктона Березанского и Тилигульского лиманов

Год	Часть лимана	Численность		Биомасса	
		на поверхности	у дна	на поверхности	У дна
Березанский лиман					
1979	Южная	4,3	5,0	3,80	434
	Центральная	4,8	4,7	4,91	4,61
	Северная	4,3	-	4,40	-
	В среднем по лиману	4,4	5,2	4,29	5,02
1981	Южная	4,4	-	3,97	-
	Центральная	5,3	-	5,02	-
	Северная	5,3	-	4,72	-
	В среднем по лиману	5,1	ел	4,70	5,66
1983	Южная	4,6	4,0	4,06	33
	Центральная	4,4	3,8	3,51	3,64
	Северная	4,1	-	3,81	-
	В среднем по лиману	4,1	3,8	3,94	3,60
Тилигульский лиман					
1979	Южная	2,9	3,5	1,39	1,90
	Центральная	3,1	5,3	1,68	2,88
	Северная	3,8	-	2,06	-
	В среднем по лиману	3,2	4,4	1,75	2,39
1981	Южная	2,3	-	1,2	-
	Центральная	1,3	1,2	0,74	0,67
	Северная	2,0	-	1,1	-
	В среднем по лиману	2,0	-	1,09	-
1983	Южная	3,1	-	1,67	-
	Центральная	2,8	3,4	1,32	1,95
	Северная	4,0	-	2,18	-
	В среднем по лиману	3,0	-	1,65	-

1,6-3,6 млн кл/мл, биомасса - 0,91-2,03 г/м³, в центральной эти показатели не выше 2,5 млн кл/мл и 1,41 г/м³. В придонных слоях воды они незначительно выше.

Летом абсолютные величины численности бактериопланктона возрастают по всей акватории и составляют в> поверхностных слоях воды 2,1-5,1 млн кл/мл в южной и северной частях и 0,9—4,6 - в центральной. В таком же порядке идет распределение биомассы, которая в южной и северной частях колеблется от 2,0 до 2,68, в центральной — от 0,47 до 2,42 г/м³. В придонных слоях воды численность бактериопланктона бывает выше в центральной части (до 5,6 млн кл/мл), на Остальной акватории она близка к таковой в поверхностных слоях.

В осенний период численность снижается до 1,5 млн кл/мл в центральной части лимана и до 1,8-3,5 - в остальных частях. Биомасса не превышает 1,90 г/м³ в северной и южной частях и 0,84 г/м³ в центральной.

Таблица 29. Показатели численности (млн кл/мл) и биомассы (г/л) бактериопланктона Хаджибейского лимана в 1981 г.

Часть лимана	Численность		Биомасса	
	на поверхности	У дна	на поверхности	У дна
1981				
Весна				
Южная	64	—	3,0	3,71
Северная	11	—	4,10	—
В среднем по лиману	63	—	3,95	3,71
Лето				
Южная	43	41	2,19	2,00
Северная	63	38	3,04	1,84
В среднем по лиману	54	40	2,61	1,93
Осень				
Южная	43	56	1,97	2,58
Северная	43	88	2,37	4,05
В среднем по лиману	44	69	1,94	3,18
Средние данные за 1981 г.				
Южная	52*	48	2,70	2,32
Северная	53	64	2,86	3,33
В среднем по лиману	53	56	2,85	2,89
Осень 1980 г.				
Южная	73	102	4,34	6,16
Северная	97	116	6,12	7,00
В среднем по лиману	89	107	5,32	6,44

* Экстремальные величины численности бактериопланктона в южной части не принимались во внимание при выведении средней.

Как и в летний период, в придонных слоях воды центральной части численность (1,6-2,4 млн кл/мл) и биомасса (0,85—1,34 г/м³) были выше, чем в поверхностных, на остальной части лимана они близки по всей толще воды.

Следует отметить, что в зимний период в наиболее глубокой центральной части численность бактериопланктона в придонных (2,8 млн кл/мл) и поверхностных (2,1 млн кл/мл) слоях воды превышает осенние показатели, в то время как в остальных частях водоема показатели численности (1,6-2,1 млн кл/мл) и биомассы (0,87-1,16 г/м³) снижаются до минимума.

По средним данным, наиболее высокие показатели численности и биомассы бактериопланктона характерны для северной части лимана, самые низкие — для центральной (см. табл. 28). Исключение составляет 1979 г., когда в лимане происходило увеличение численности и биомассы от южной части к северной и средние по водоему показатели были выше, чем в другие годы. Колебания средней по лиману численно-

Таблица 30. Показатели численности (млн кл/мл) и биомассы (г/м³) бактериопланктона Хаджибейского лимана в 1983 г.

Часть лимана	Численность		Биомасса	
	на поверх-ности	у дна	на поверх-ности	у дна
Зима				
Южная	2,8	—	1,47	—
Северная	2,9	3,8	1,49	1,95
В среднем по лиману	2,9	—	1,48	—
Весна				
Южная	4,6	4,0	2,59	2,46
Северная	4,8	—	3,00	—
В среднем по лиману	4,7	4,1	2,80	2,51
Лето				
Южная	5,5	6,5	2,65	3,16
Северная	7,0	5,3	3,38	2,57
В среднем по лиману	6,6	5,9	3,17	2,86
Осень				
Южная	4,6	—	2,13	—
Северная	6,2	4,8	2,86	2,23
В среднем по лиману	5,6	—	2,57	—
Средняя за год				
Южная	4,4	4,8	3,49	2,58
Северная	5,2	4,6	4,01	2,32
В среднем по лиману	4,8	4,7	2,93	2,45

сти бактериопланктона происходит в поверхностных слоях воды в пределах 2,0—3,2 млн кл/мл, а биомассы — от 1,09 до 1,75 г/м³. В придонных слоях средняя численность достигает 4,4 млн кл/мл, биомассы — 2,39 г/м³.

Хаджибейский лиман, как и Тилигульский, относится к лиманам закрытого типа. На режимы воды лимана и его уровень значительное влияние оказывают сток поверхностных вод в период весеннего половодья и сброс вод г.Одессы, которые сильно загрязняют и опресняют лиман [126]. Распределение бактериопланктона по акватории в Березанском и Тилигульском лиманах неравномерное, но в отличие от последних количественные характеристики его колеблются в более широких пределах. Численность на отдельных участках составляла 1,0—31,2 в поверхностном слое воды и 2,4—43,6 млн кл/мл в придонном, биомасса от 0,52 до 36,22 в поверхностном и от 1,17 до 20,90 г/м³ в придонном. Минимальные величины численности и биомассы бактериопланктона наблюдаются зимой, максимальные — летом в южной части лимана, где поступают сточные воды. В разные годы в одни и те же сезоны бактериопланктон развивается неодинаково. Так, осенью 1980 г. количественные характеристики бактериопланктона были значительно

выше, чем осенью следующего года (табл. 29), что связано с плохими метеорологическими условиями осени 1980 г.: облачность, дожди, сильные ветры, вызывающие волнение и интенсивное перемешивание водных масс.

В 1981 г. наблюдалась тенденция снижения численности и биомассы бактериопланктона от весны к осени, что, по-видимому, было связано с влиянием весенних паводковых вод. В 1983 г. распределение бактериопланктона по акватории лимана происходило по-иному: от весны к лету численность его и биомасса возрастали, а к осени заметно снижались (табл. 30).

В зимний период бактериопланктон распределен по акватории равномерно, численность и биомасса его почти в 2 раза ниже, чем в другие сезоны года.

По средним для каждой части лимана показателям численности бактериопланктона колеблется в различные сезоны в южной части от 2,8 до 7,5 млн кл/мл, биомасса от 1,47 до 4,54 г/м³. В северной части показатели численности (2,9-9,7 млн кл/мл) и биомассы (1,49-6,12 г/м³) более высоки.

ГЕТЕРОТРОФНЫЕ И САНИТАРНО-ПОКАЗАТЕЛЬНЫЕ БАКТЕРИИ

Результаты определения гетеротрофных и санитарно-показательных бактерий в Березанском, Тилигульском и Хаджибейском лиманах отражены в табл. 31, из которой видно, что количество гетеротрофных бактерий в Березанском лимане было наиболее высоким в 1979 г. во все сезоны года во всех частях оно измерялось десятками тысяч клеток в 1 мл, в то время как в 1981 и 1983 гг. количество гетеротрофов составляло лишь тысячи и сотни клеток в 1 мл воды.

При изучении гетеротрофных бактерий по акватории Березанского лимана наибольшая их плотность наблюдалась во все сезоны года в южной части. В этом районе водоема зарегистрирован высокий коэффициент санитарно-показательных бактерий весной и осенью (13,0-21,7 тыс. кл/л), свидетельствующий о загрязнении антропогенного происхождения, связанного с близостью населенных пунктов. В центральной и северной частях плотность гетеротрофов в 2 раза ниже, чем в южной. Анализ распределения гетеротрофов по сезонам 1979 г. показал, что летом и осенью количество их было выше, чем весной. В 1981 г. наиболее высокие показатели гетеротрофов наблюдались в летнем сезоне, в 1983 г. различия в количестве гетеротрофов в разных частях лимана в отдельные сезоны были незначительны. По-видимому, это связано с характером распределения легкоокисляемого органического вещества, поставляемого фитопланктоном [34].

В поверхностном и придонном слоях количество гетеротрофов почти одинаковое, что свидетельствует о равномерном распределении легкоокисляемого органического вещества в лимане.

Распределение санитарно-показательных бактерий (коли-индекс) в Березанском лимане такое же неравномерное, как общего бактерио-планктона и гетеротрофных бактерий. В 1979 г. коли-индекс по аква-гории лимана колебался в широких пределах: от десятков тысяч до со-тен клеток в 1 л. Наиболее высокие показатели коли-индекса наблюда-лись весной и осенью в южной части Березанского лимана, что свиде-тельствует о загрязнении антропогенного происхождения. В централь-ной и северной частях коли-индекс оказался значительно ниже, чем в южной. Весной он измерялся тысячами, а осенью — сотнями клеток в 1 л. Летом коли-индекс во всех частях лимана снизился до 1,0 тыс. кл/л, что свидетельствует об улучшении санитарного состояния лимана в этот сезон.

Среднегодовая величина коли-индекса в Березанском лимане в 1979 г. составляла 7,5 тыс. кл/л. В 1981 г. коли-индекс санитарно-показательных бактерий весной и осенью оказался ниже в 3—4 раза по сравнению с показателями 1979 г., а летом в южной и северной частях увеличился в 4—6 раз по сравнению с весенними и осенними показате-лями, что свидетельствует о повышении уровня антропогенного загряз-нения. Среднегодовая величина коли-индекса всего лимана составила 5,6 тыс. кл/л.

В 1983 г. наблюдалось еще большее снижение относительно 1979 и 1981 гг. показателей как гетеротрофных, так и санитарно-показатель-ных бактерий до сотен и тысяч клеток. Судя по среднегодовым дан-ным, количество гетеротрофов в разных частях лимана существенно не различалось и в среднем по лиману составляло 1,0 тыс. кл/мл. Ко-личество санитарно-показательных бактерий в течение года колебалось в пределах 0,2—19,0 тыс. кл/л. Наиболее высокие значения коли-индек-са (12,0—15,0) наблюдались весной в северной и центральной частях, а самые низкие (1,0—2,0 тыс. кл/л) в южной части. Среднегодовая ве-личина коли-индекса в 1983 г. составила 3,7 тыс. кл/л.

Таким образом, Березанский лиман в 1979 г. характеризовался са-ми высокими показателями количества гетеротрофных и санитар-показательных бактерий, а в 1983 г. — самыми низкими.

В Тилигульском лимане количество гетеротрофных бактерий коле-балось в 1979 г. еще в более широких пределах, чем в Березанском: от 1,2 до 99,5 тыс. кл/мл в поверхностном слое воды и от 5,6 до 92,1 — в придонном. Минимальные количества гетеротрофов (5,0—7,0 тыс. кл/мл) наблюдались в южной части лимана, а максимальные (50,0—90,0 тыс. кл/мл) в центральной. Следует отметить, что в придонном слое воды центральной части количество гетеротрофов было в 2—6 раз выше, чем в поверхностном. Это связано с более высокой concentra-цией и, вероятно, интенсивной минерализацией органического вещества в придонном слое воды данной части лимана. Весной и летом среднее количество гетеротрофов в центральной части в 2—3 раза превосходи-ло аналогичные величины южной и северной частей. Осенью в южной

Таблица 31. Количество гетеротрофов (П, тыс. экз./м²) в санитарно-показательных (П, тыс. экз./м²) бактериях в Березинском, Холмбейском и Тиминском лиманах

Год и сезон	Часть лимана											Среднее количество по лиману		
	Южная			Центральная			Северная			II, на				
	I		II, на до- верх- ности	I		II, на до- верх- ности	I		II, на до- верх- ности	I		II, на до- верх- ности		
	на до- верх- ности	у дна		на до- верх- ности	у дна		на до- верх- ности	у дна		на до- верх- ности	у дна			
Березинский лиман														
1979	28,7	31,2	21,7	14,8	17,0	6,0	15,0	2	8,0	19,5	23,0	11,7		
весна	40,2	35,4	1,0	27,0	20,0	1,0	21,1	-	1,0	31,1	27,8	1,0		
лето	30,7	37,7	13,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
осень														
среднегодо- вые пока- затели	33,4	35,3	11,2	23,9	19,0	3,5	18,1	-	4,5	27,8	28,9	7,5		
1981	4,2	-	5,8	3,4	4,7	3,4	4,7	-	1,0	4,0	3,6	2,0		
весна	2,3	-	14,8	2,3	2,5	2,5	1,0	-	12,9	2,0	-	12,2		
лето	3,1	-	1,7	2,1	2,1	1,4	1,9	-	6,0	2,3	2,1	3,0		
осень														
среднегодо- вые пока- затели	3,3	-	7,4	2,6	3,1	2,9	2,5	-	8,6	2,8	2,7	5,6		
1983	0,9	-	2,3	0,9	0,9	9,6	0,7	-	5,0	0,9	1,0	4,0		
весна	1,0	-	3,0	1,2	1,2	1,4	-	-	-	1,2	1,1	2,0		
лето	0,5	0,8	3,5	0,2	0,7	3,5	1,1	-	5,0	0,6	0,7	3,2		
осень														
среднегодо- вые пока- затели	1,0	-	2,9	1,1	1,3	4,8	1,3	-	5,0	0,8	1,0	3,7		
Холмбейский лиман														
1981	17,3	-	-	26,2	3,0	5,6	27,2	-	10,2	5,0	26,9	-		
весна	7,9	3,5	3,5	105,0	5,9	-	-	-	6,7	3,8	95,0	-		
лето														

[illegible]

части в придонных слоях воды наблюдалось снижение количества гетеротрофов по сравнению с летом (см. табл. 31). В 1981 и 1983 гг. в Тилигульском лимане, как и в Березанском, наблюдалось снижение этих показателей в несколько раз по отношению к таковым 1979 г. По-видимому, это связано с менее интенсивным развитием фитопланктона и равномерным распределением органического вещества в лимане. Среднегодовой показатель количества гетеротрофов в 1981 г. был в 3-5 раз ниже, чем в 1979 г., в отдельных частях количество их существенно не различалось.

В 1983 г. содержание гетеротрофов в лимане снизилось относительно показателей 1979 и 1981 гг., измеряясь сотнями и тысячами клеток в 1 мл. Среднегодовые показатели количества гетеротрофов в лимане колебались от 0,8 до 1,2 тыс. кл/мл.

В сезонном аспекте развитие гетеротрофов достигало максимума в летний период и снижалось к осени. Исключение составил 1983 г., когда показатели количества гетеротрофов были выше весной, а к осени снижались. Вероятно, это было связано с влиянием паводковых вод р. Тилигул, что отразилось и на распределении санитарно-показательных бактерий в северной части лимана. Количество санитарно-показательных бактерий в лимане в 1979 и 1981 гг. измерялось сотнями клеток в 1 л, что свидетельствует о хорошем санитарном состоянии водоема. В 1983 г. величина коли-индекса повысилась более чем в 3 раза, наибольшие величины его зарегистрированы весной в северной части лимана — до 43,0 тыс. кл/л, в среднем в этой части он составил 19,0 тыс. кл/л, что в 3—5 раз выше, чем в других частях. Это свидетельствует о более высоком антропогенном загрязнении северной части по сравнению с другими.

В Хаджибейском лимане количество гетеротрофных бактерий за период исследования колебалось в широких пределах: весной и осенью — от тысяч до десятков тысяч, летом — до сотен тысяч клеток в 1 мл. Распределение гетеротрофов по акватории, как и в других лиманах, было неравномерным и существенно различалось в отдельных частях и по сезонам. В 1981 и 1983 гг. в северной части во все сезоны года количество гетеротрофов измерялось тысячами леток, в южной количество гетеротрофов было значительно выше: весной и осенью десятки тысяч клеток, летом повышалось до сотен тысяч клеток в 1 мл. Максимальное количество гетеротрофов (порядка 50,0-140,0 тыс. кл/мл) наблюдалось в южной части лимана, подверженной влиянию сточных вод. Большая неравномерность распределения гетеротрофов в пределах южной части определяется неоднородностью ее вод, смешиванием сточных вод с лиманными. Как известно, гетеротрофные микроорганизмы являются хорошими индикаторами динамики водных масс и распределения легкоокисляемого органического вещества [91]. По распределению гетеротрофных бактерий в Хаджибейском лимане можно выделить три зоны: первая — это воды самого

100

лимана, где количество гетеротрофов измерялось тысячами клеток в 1 мл; вторая зона смешанных вод, лиманных и сточных, где плотность гетеротрофов измерялась десятками тысяч клеток в 1 мл; третья зона преобладания сточных вод, где количество гетеротрофов измерялось десятками и сотнями тысяч клеток в 1 мл [130].

В разные сезоны количество гетеротрофов изменялось следующим образом: в южной части максимальные величины наблюдались весной, в северной — летом, а к осени происходило снижение.

Следует отметить, что в 1983 г. в южной части на участке, где поступают сточные воды, количество гетеротрофов снизилось почти в 10 раз относительно показателей 1981 г. Очевидно, это связано с улучшением очистки стоков.

Количество санитарно-показательных бактерий в Хаджибейском лимане изменялось в более широких пределах, чем в Березанском и Тилигульском. Коли-индекс колебался в пределах 1,0—780 тыс. кл/л, причем повышение его шло от северной части лимана к южной, а максимум наблюдался в области поступления сточных вод.

Весной 1981 г. на большей части акватории лимана коли-индекс измерялся преимущественно десятками тысяч клеток, летом и осенью повышался до сотен тысяч клеток в 1 л (121,0—780,0) в южной части лимана, в северной максимальные величины коли-индекса наблюдались летом, а к осени снизились почти в 3 раза.

В 1983 г. наблюдалось значительное снижение коли-индекса по всей акватории лимана. В южной части среднегодовая величина его снизилась в 2 раза, в северной — в 3 раза по сравнению с 1981 г. Среднегодовой показатель (6,2 тыс. кл/л) был в 4 раза ниже, чем в 1981 г., что свидетельствует об улучшении санитарного состояния лимана в 1983 г.

Таким образом, в Хаджибейском лимане наблюдались такие же закономерности распределения бактериопланктона, как в Березанском и Тилигульском: неравномерное распределение по акватории, максимальное развитие в летний или весенний сезоны и снижение к осени. Но то же время каждый из исследованных лиманов имеет свои особенности. Для Березанского лимана открытого типа и наиболее мелководного характерны более широкие колебания количества бактериопланктона в разных частях и по сезонам, отсутствие вертикальной стратификации в его распределении. Для Тилигульского лимана закрытого типа и наиболее глубокого характерны более узкие пределы колебания количества бактериопланктона по сравнению с Березанским и Хаджибейским, наличие вертикальной стратификации в центральной, наиболее глубокой части лимана. На микробиологический режим Хаджибейского лимана, его южную часть, сильное влияние оказывает сброс сточных вод, что отражается на показателях бактериопланктона, количества гетеротрофных и санитарно-показательных бактерий, более высоких, чем в Березанском и Тилигульском лиманах.

ЗАПАСЫ БАКТЕРИОПЛАНКТОНА И ЕГО ПРОДУКЦИЯ

Оценка запасов бактериопланктона, произведенная исходя из биомассы и объема исследованных лиманов, показала, что в каждом из них запасы различны в силу того, что водоемы имеют разные объемы, неодинаковые условия для развития бактерий, а следовательно, разные показатели биомассы. Наиболее высокая биомасса бактериопланктона зарегистрирована в Березанском лимане, средние показатели ее (в сырой массе) колебались в пределах 7,54–10,36 г/м³ (табл. 32). В Тилигульском лимане показатели биомассы самые низкие (1,86–4,04 г/м³), однако общие запасы в 1979 и 1983 гг. были выше, чем в Березанском, так как объем последнего почти в 2,8 раза меньше. В Хаджибейском лимане показатели биомассы почти в 2 раза ниже, чем в Березанском, а общие запасы гораздо выше и близки к таковым Тилигульского.

Таблица 32. Запасы бактериопланктона лиманов Северного Причерноморья

Лиман	Объем, км	Год	Сырая био- масса, г/м ³	Запасы бакте- риопланкто- на, т
Березанский	0,200	1979	9,31	1864,0
		1981	10,36	2072,0
		1983	7,54	1508,0
Тилигульский (средние по- казатели)	0,555	1979	9,07	1814,7
		1981	4,04	2442,0
		1983	1,86	1032,3
Хаджибейский (средние по- казатели)	0,430	1983	3,24	1798,2
			3,05	1757,5
		1981	5,74	2468,2
Днепроовско-Бутский (сред- ние показатели)	4,100	1983	5,38	2313,4
			5,56	2390,8
		1979	4,44	18749,0
Средние показатели по лиманам		1981	3,77	15990,0
		1982	1,64	6453,0
			3,28	13730,7

Если в исследованных нами лиманах запасы бактериопланктона измеряются 1–2 тыс. т, то в крупнейшем лимане Причерноморья Днепроовско-Бутском запасы составляют более десятка тысяч, а биомасса близка к таковой Тилигульского лимана.

Продукция бактериопланктона — наименее изученная величина в лиманах Причерноморья, а между тем это одна из важнейших характеристик интенсивности микробиологических процессов трансформации органического вещества и роли бактериопланктона в трофике водоемов. В Березанском и Тилигульском лиманах продукцию общего бактериопланктона и гетеротрофных бактерий определяли весной, летом и осенью 1981 г., а также летом 1983 г.

Таблица 33. Продукционные характеристики бактериопланктона и гетеротрофных бактерий Березанского лимана летом и осенью 1981 г.

Часть лимана	Общий бактериопланктон, млн кл/мл				
	Численность бак- териопланктона		Продукция $P(M)$ в сутки	Время генера- ции, ч	$P/B (K)^{-1}$ в сутки
	началь- ная	конеч- ная			
Лето					
Южная	5,5	6,4	-1,4	69,0	-0,24
Центральная	4,5	6,4	1,9	46,6	0,36
Северная	8,9	8,2	1,9	73,6	0,23
Средние показатели	6,3	7,0	1,9	63,1	0,30
Осень					
Южная	3,6	3,3	1,1	51,6	0,32
Центральная	3,9	4,7	0,8	61,6	0,27
Северная	3,7	4,5	0,8	83,5	0,20
Средние показатели	3,7	4,2	0,9	65,6	0,26

Часть лимана	Гетеротрофные бактерии, тыс. кл/мл				
	Количество гете- ротрофов		Продукция $P(M)$ в сутки	Время генера- ции, ч	$P/B (K)^{-1}$ в сутки
	началь- ное	конеч- ное			
Лето					
Южная	2,1	10,2	16,0	5,3	16,0
Центральная	3,7	10,9	30,6	3,6	30,6
Северная	2,7	5,6	7,9	8,5	7,9
Средние показатели	2,8	8,9	18,1	5,8	18,1
Осень					
Южная	3,7	6,0	4,4	18,0	4,4
Центральная	2,1	4,5	3,4	15,2	3,4
Северная	1,7	5,8	4,2	13,2	4,2
Средние показатели	2,5	5,5	4,0	17,1	4,0

В Березанском лимане летом продукция бактериопланктона в северной и центральной частях была равноценна и составляла 1,9 млн кл/(мл · сут), в южной части преобладало отмирание бактерий (табл. 33). Осенью продукция бактериопланктона снизилась в 2 раза относительно летней и в среднем по лиману составляла 0,9 млн кл/(мл · сут).

Продукция гетеротрофных бактерий летом измерялась десятками тысяч клеток в 1 мл в сутки в южной и центральной частях и тысячами клеток в северной, составляя в среднем по лиману 18,1 тыс.кл/(мл · сут). Осенью продукция гетеротрофов снизилась в 4 раза по сравнению с летней и в среднем по лиману составляла 4,0 тыс.кл/(мл · сут).

Время генерации у гетеротрофных бактерий измерялось часами летом и десятками часов осенью, в то время как у бактериопланктона оно было значительно длиннее, измеряясь летом и осенью десятками часов. Константа скорости размножения у гетеротрофных бактерий в 10 раз превышала таковую общего бактериопланктона (3,2 и 0,30 летом 1981 г.).

Элиминация бактериопланктона (выедание + отмирание) в летний период была незначительна, а для гетеротрофов эта величина в центральной части лимана измерялась десятками тысяч клеток, в южной и северной — тысячами клеток на 1 мл в сутки. Осенью во всех частях Березанского лимана элиминация измерялась тысячами клеток в 1 мл в сутки.

В Тилигульском лимане весной 1981 г. продукция бактериопланктона равнялась нулю, а летом величина ее колебалась в пределах 1,45–4,66 млн кл/(мл · сут), составляя в среднем 2,75 млн кл/(мл · сут). В северной части лимана продукция бактериопланктона была в 2–3 раза выше, чем в центральной и южной (табл. 34).

Летом 1983 г. во всех частях лимана воспроизводство бактериопланктона происходило почти с одинаковой скоростью, так как величины продукции и скорости размножения были близки. По-видимому, это связано с более равномерным, чем в 1981 г., распределением органического вещества в лимане. Осенью продукция бактериопланктона снизилась в 2–3 раза относительно летней, колебалась в пределах 0,8–1,12 млн кл/(мл · сут). Средняя величина продукции бактериопланктона в лимане была в 3 раза ниже, чем летом, и существенно не отличалась от бактериальной продукции Березанского лимана в осенний сезон (0,91 млн кл/(мл · сут). Снижение продукции бактериопланктона к осени естественно в годовом цикле продукционного процесса и отмечалось многими исследователями [28, 88, 148 и др.].

Продукция гетеротрофных бактерий весной и летом измерялась в основном десятками тысяч клеток в 1 мл в сутки, снижаясь к осени до тысяч клеток. Максимальная продукция гетеротрофов (120 тыс. кл/(мл · сут) зарегистрирована весной 1981 г. в южной части лимана, а минимальная — летом в центральной части (27,9 тыс. кл/(мл · сут)). Средняя для всего лимана величина продукции весной была выше, чем летом, и составляла 82,5 и 56,0 тыс. кл/(мл · сут). Летом 1983 г. продукция гетеротрофов снизилась в 5–6 раз относительно показателей продукции лета 1981 г. в южной и центральной частях лимана и осталась на уровне лета 1981 г. в северной. Средняя величина продукции гетеротрофов летом 1983 г. составляла 20,6 тыс. кл/(мл · сут). Осенью 1981 г. продукция гетеротрофов снизилась до тысяч клеток в 1 мл в сутки, причем, в южной и северной частях она была в 3 раза выше, чем в центральной, а в среднем по лиману составляла 3,1 тыс. кл/(мл · сут) и была близкой к таковой в Березанском лимане (см. табл. 34).

Таблица 34. Продукционные характеристики бактериоцинов и гетеротрофных бактерий Ташкентского института мяса, рыбы и оленей 1981 г., лето 1983 г.

Часть лимфы	Общий бактериоциноз, млн кл/мл					Гетеротрофные бактерии, тыс. кл/мл						
	Численность бактерио- цинозона	Проду- кция Р (М) в сутки	Время генера- ции, ч	Р/В, (К)	Эффек- тивность в сутки	Количество гетеротро- фов	Проду- кция Р (М) в сутки	Р/В (К) - в сутки	Время генера- ции, ч	Эффек- тивность в сутки		
1981 г.												
Весна												
Южная	1,60	1,95	0	-	-	5,0	125,0	120,0	3,2	5,2	0	
Центральная	1,55	1,90	0	-	-	4,3	34,2	29,9	2,1	8,0	0	
Северная	1,60	1,82	0	-	-	2,9	72,2	9,7	4,4	3,8	0	
Средние показатели	1,58	1,86	0	-	-	4,1	77,2	82,5	3,2	5,7	0	
Лето												
Южная	4,41	6,56	2,15	41,8	0,40	10,0	29,5	67,8	3,7	4,4	48,2	
Центральная	4,14	5,39	1,45	51,6	0,32	3,5	56,4	72,2	3,3	5,0	5,7	
Северная	2,74	7,26	4,66	16,6	1,00	4,0	26,5	27,9	2,4	7,0	5,3	
Средние показатели	3,76	6,40	2,75	37,2	0,57	5,8	37,5	56,0	3,1	5,5	5,5	
Осень												
Южная	1,21	1,69	0,81	24,8	0,56	1,6	5,9	4,0	1,2	13,7	0	
Центральная	1,21	2,10	1,12	24,0	0,59	2,4	1,8	1,3	0,6	26,6	0,7	
Северная	3,47	3,31	0,81	69,3	0,24	1,6	5,9	4,0	1,2	13,7	0	
Средние показатели	1,96	2,37	0,91	39,4	0,50	1,8	4,5	3,1	1,0	18,0	0,2	
1983 г.												
Лето												
Южная	5,81	8,79	2,98	40,0	0,41	0,8	7,5	12,9	4,2	3,9	6,2	
Центральная	6,45	8,99	2,54	50,1	0,33	0,4	15,0	15,6	3,9	4,2	0,9	
Северная	6,94	8,43	2,86	49,4	0,34	0,6	33,9	33,2	4,0	4,2	0	
Средние показатели	6,40	8,74	2,79	46,5	0,36	0,6	18,5	20,6	4,0	4,1	2,3	

Сравнение продукционных характеристик бактериопланктона и гетеротрофных бактерий показало, что, как и в Березанском лимане, в Тилигульском время генерации в несколько раз короче, а константа скорости размножения в 5–10 раз больше у гетеротрофных бактерий. Это обусловлено более быстрой трансформацией легкоокисляемого органического вещества, чем общего, вследствие лучшей его усвояемости бактериями [184].

Сравнение уровня развития бактериопланктона исследованных лиманов показывает, что на микробиологический режим лиманов открытого (Березанский) и закрытого типа (Тилигульский и Хаджибейский) существенное влияние оказывают биотические и абиотические факторы среды. К биотическим факторам, оказывающим наиболее существенное влияние на развитие бактериопланктона, следует отнести интенсивность развития фитопланктона и высшей водной растительности — основных источников органического вещества для бактерий. К абиотическим факторам — водообмен с морем (для открытых лиманов), речной и береговой сток, температура, интенсивность солнечной радиации, внутриводоемные процессы и др.

В исследованных нами лиманах есть общие черты и различия. К общим чертам следует отнести то, что указанные лиманы — высокопродуктивные водоемы эвтрофного типа, развитие бактериопланктона в них подчиняется общим закономерностям: максимальная интенсивность развития летом или весной и ее снижение к осени. Определяющим фактором развития бактериопланктона является температура и концентрация органического вещества [28]. Весной развитие бактериопланктона подавляется продуктами обмена фитопланктона, находящегося в состоянии активного фотосинтеза, в то же время гетеротрофные бактерии достигают максимального развития весной и летом в период максимальной концентрации легкоокисляемого органического вещества.

Сравнение средних показателей за 1979, 1981 и 1983 гг. показало, что по развитию бактериопланктона Березанский и Хаджибейский лиманы близки между собой, а для Тилигульского характерна более низкая его численность. По-видимому, это связано с соответствующей концентрацией органического вещества в лиманах. Наиболее высокие показатели гетеротрофных бактерий (десятки тысяч) характерны для Березанского и Хаджибейского лиманов.

Сравнение исследованных лиманов по коли-индексу показало, что Тилигульский лиман по уровню антропогенного загрязнения наиболее чист, а Хаджибейский — наиболее грязен; Березанский и Днепровско-Бугский лиманы занимают среднее положение между ними (табл. 35).

Продукционные характеристики бактериопланктона и гетеротрофных бактерий свидетельствуют о том, что воспроизводство и минерализация органического вещества протекают наиболее активно в лиманах летом и весной, снижаясь в осени.

Таблица 35. Сравнение количественных характеристик общего бактериопланктона (млн кл/мл), гетеротрофных (тыс. кл/мл) и санитарно-показательных бактерий (коли-индекс, тыс. кл/л) лиманов Северного Причерноморья

Лиман	Год	Бактериопланктон		Гетеротрофы		Коли-индекс
		на поверхности	у дна	на поверхности	у дна	
Березанский	1979	4,5	4,8	27,8	28,9	7,5
	1981	5,1	6,2	2,8	2,7	5,6
	1983	4,3	3,8	0,8	1,0	3,7
Тилигульский	1979	3,2	4,2	8,6	15,1	< 1,0
	1981	2,0	1,4	3,0	2,7	< 1,0
	1983	3,0	2,9	0,8	1,2	3,6
Хаджибейский	1981	5,5	5,6	6,8	5,6	28,4
	1983	4,8	4,7	3,2	3,2	6,2
Днепро-Бугский	1979	4,6	5,2	9,2	12,5	10,5
	1981	5,0	4,9	2,1	2,0	2,2
	1982	1,9	2,1	2,9	2,8	3,5

Константа скорости размножения у бактериопланктона была в 6–10 раз ниже, чем у гетеротрофных бактерий, что свидетельствует о более быстром обороте легкоокисляемого органического вещества относительно общего. Анализ продукционных характеристик бактериопланктона показал, что биомасса, поставляемая бактериопланктоном, достаточна для удовлетворения пищевых потребностей зоопланктона. Для оптимального уровня питания зоопланктона достаточна биомасса от 0,5 до 1,5 г/м³ [121].

При сравнении структурных и функциональных характеристик бактериопланктона исследованных лиманов установлено, что в Тилигульском лимане микробиологический режим благоприятнее, а уровень воспроизводства выше, чем в Березанском.

**ХАРАКТЕРИСТИКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ГРУПП,
КАЧЕСТВЕННОГО И КОЛИЧЕСТВЕННОГО РАЗВИТИЯ**

Сведения о зоопланктоне лиманов получены в прошлом веке [18, 174], однако более основательное изучение его началось в послевоенные годы в связи с рыбохозяйственным освоением этих водоемов, и результаты исследований отражены в ряде работ [37, 45, 140, 150]. С 1979 г. зоопланктон лиманов Северного Причерноморья изучался в основном в Институте гидробиологии АН УССР при проведении комплексных исследований, связанных с экологическим обоснованием водохозяйственного комплекса Дунай — Днепр. При этом были получены данные о сезонной динамике численности и биомассы зоопланктона [156], о влиянии некоторых экологических факторов на его развитие [115, 117].

С 1970 по 1983 г. в зоопланктоне лиманов обнаружено 66 таксонов из которых коловраток — 16, ветвистоусых — 12, веслоногих — 24 и прочих — 14. В Березанском лимане зарегистрировано 53 таксона. Веслоногие составляют 37 % общего состава, коловратки — 29, ветвистоусые — 10 и прочие — 15 %. Преобладают солоноватоводные (37 %) и эвригалинные (23 %) формы, пресноводно-солоноватоводные составляют 15 %, пресноводные 9 и морские 18 %.

Зимой в зоопланктоне Березанского лимана отмечено 15 таксонов. В южной и центральной частях преобладали коловратки, в северной основу биомассы составили веслоногие. Общая численность зоопланктона в зимний период изменяется в разных частях лимана в пределах 16,61—304,96 тыс. экз/м³ биомасса — от 0,019 до 0,295 г/м³ средние показатели приводятся в табл. 36. Солоноватоводные виды в зимнем зоопланктоне составляют около 84 % общей численности, морские 8 % и пресноводные 8 %. Преобладали из коловраток эвригалинные формы *Notholca acuminata* (Ehrenberg) и *Iliricata*, из веслоногих — солоноватоводная *CalanipeUa aquaedulcis* Kriczagin и *Nauplii* Copepoda. Весной при температуре воды 16,4–18,4 °C зоопланктон в Березанском лимане наиболее разнообразен и насчитывает 43 таксона, средняя численность его колеблется в пределах 0,345–592,9 тыс. экз/м³, биомасса от 0,06 до 6,95 г/м³. Многочисленны (22,00–770,61 тыс. экз/м³) по всему лиману (рис. 22) веслоно-

Таблица 36. Среднесезонные показатели численности и биомассы зоопланктона Барчавского лимана, тыс. экз/м³
г/м³

Год	Сезон	Коловратки	Веслоногие	Ветвисто- усые	Прочие	Всего за сезон
1971	Весна	0,05 0,002	0,12 0,007	0,01 0,020	0,16 0,032	0,35 0,061
1970	Лето	14,52 0,073	140,44 0,246	8,36 0,503	0,23 0,023	163,55 0,847
1971	Лето	85,53 0,066	76,32 0,743	20,40 0,148	5,54 0,038	187,78 0,995
1971	Осень	0,47 0,003	10,50 0,059	0,02 0,001	10,99 0,217	11,97 0,280
1979	Весна	480,87 1,252	51,27 0,301	0,03 0,004	58,61 0,289	590,78 1,846
1979	Лето	5,13 0,004	34,27 0,253	1,72 0,097	33,12 0,297	74,24 0,564
1979	Осень	4,60 0,002	9,84 0,125	0,73 0,100	43,46 0,548	58,64 0,777
1980	Осень	20,33 0,106	82,38 0,883	1,21 0,075	3,00 0,049	106,92 1,114
1981	Зима	88,52 0,077	8,56 0,045	—	1,49 0,007	98,57 0,129
1981	Весна	35,25 0,262	544,38 6,372	0,78 0,168	12,47 0,152	592,89 6,953
1981	Лето	12,21 0,017	119,30 1,423	1,14 0,077	14,56 0,229	147,20 1,746
1981	Осень	0,51 0,001	108,85 1,089	0,41 0,032	7,80 0,778	117,56 1,900
1983	Зима	33,11 0,040	31,04 0,404	—	2,36 0,003	6,51 0,447
1983	Весна	46,59 0,280	95,35 0,597	0,05 0,002	35,68 0,519	177,67 1,398
1983	Лето	10,56 0,018	68,69 2,222	0,64 0,082	2,89 0,089	82,77 2,411
1983	Осень	22,72 0,009	34,39 0,434	0,11 0,018	10,98 0,080	10,98 0,541

гие, составляющие 18–99 % общей биомассы. В массе развивались солоноватоводные *Calanipeda aquae-dulcis*, эвригалинные *Eurytemora hirundoides* Norguist и *Heterosira caspia* Sars, а также *Mauplii* Copepoda. Коловратки встречались в основном в южной части лимана. Численность их достигала 314,0 тыс. экз/м³, биомасса — 2,83 г/м³. Преобладающими среди них были эвригалинные — *Asplanchna priodonta* Gosse, *Keratella cochelearis* (Gosse), *K. quadrata* (Müller), *Brachionus quadridentatus* Hermann, *Br. calyciflorus* Palass, *Notholca acuminata*, а также пресноводные и солоноватоводные — *Br. angularis* Gosse и *Filinia longiseta*

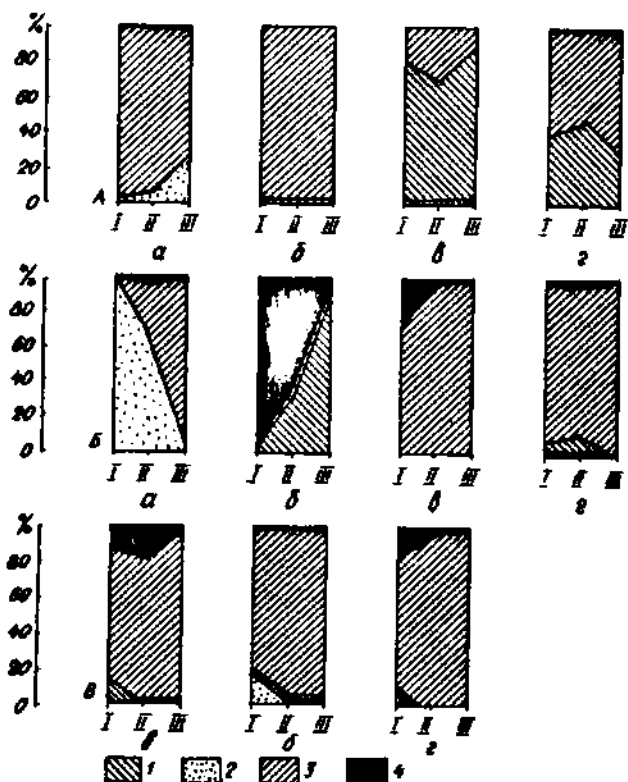


Рис. 22. Процентный состав основных групп зоопланктона в лиманах Северного Причерноморья: А — Талыгульский, Б — Хаджибейский, В — Березанский лиманы; а — зима, б — весна, в — лето, г — осень; I — южная часть, II — центральная, III — северная; 1 — ветвистоусые, 2 — колорастики, 3 — веслоногие, 4 — прочие

(Ehrenberg). В центральной и северной частях лимана наблюдалось развитие ветвистоусых — до 12 % общей биомассы, в южной — до 7 %. Наиболее часты из них были морские и эвригалинные — *Cercopagis pengoi* (Ostroumov), *Podonevadne trigona* G.O.Sars, *Boemina longirostris* O.F.Müller, *Chydorus sphaericus* (O.F.Müller). Реже отмечены пресно- и солоноватоводные — *Diaphanosoma brachyurum* (Levin), *Leptodora kindtii* (Foske). Среди прочих организмов в массе встречались *Nauplius*, *Balanus*, *Veliger*.

Анализ видового состава весеннего зоопланктона лимана показывает, что в южной части он более разнообразен (24 таксона), чем в центральной (18 таксонов) и северной (19 таксонов). Резкого различия фауны по отношению к общей минерализации воды, которая колебалась в весенние периоды 1981—1983 гг. от 3,65 г/л в южной части до 6,16 — в центральной, не наблюдалось. Преобладающими по всей акватории

были эвригалинные и солоноватоводные формы (81 %). Пресноводные и морские формы также встречались по всему лиману и составили соответственно 12 и 7 %. В летний период при температуре воды 22,1–25,0 °C зоопланктон менее обилен (общая биомасса до 1,74 г/м³) и разнообразен (обнаружено 35 таксонов), чем весной. Состоит он обычно из солоноватоводных (74 %) и морских (26 %) форм. Веслоногие остаются наиболее многочисленными по всему лиману и составляют в различных участках его 40–100 % общей биомассы. Численность их колеблется в пределах от 17,91 до 287,52 тыс. экз/м³. Массовыми являются эвригалинные — *Acartia clausi* Giesbrecht и *Nauplii* Copepoda. Ветвистоусые развиваются в южной части лимана и составляют 2–33 % общей биомассы, численность их колеблется от 0,01 до 5,67 тыс. экз/м³. Преобладают среди ветвистоусых солоноватоводный *Podonevadne triгона* G.O.Saga и эвригалинный *Pleopsis polyphemoides* (Leuckart) виды. Коловратки встречались также в южной части лимана в небольшом количестве (1–3 % общей биомассы). Численность их колебалась в пределах 0,08–9,43 тыс. экз/м³. Массовыми были эвригалинные и солоноватоводные формы — *Brachionus plicatilis* O.F.Müller, *Br. quadridentatus*, *Aplanchna priodonta*. Как и весной, наиболее богата в фаунистическом отношении южная часть лимана — 31 таксон по сравнению с 24 в центральной и 16 в северной частях. Средние показатели общей численности зоопланктона колеблются в разные годы в пределах 147,20–187,78 тыс. экз/м³, биомасса от 0,847 до 1,746 г/м³. В сентябре–октябре температура воды снижается до 16,0–11,0 °C. Общая минерализация воды возрастает по сравнению с весной в 2–3 раза. В этот период в зоопланктоне доминируют веслоногие, составляющие 41–100 % общей биомассы, которая изменяется в пределах 0,28–1,90 г/м³. Численность веслоногих изменяется от 0,31 тыс. экз/м³ в южной части до 286,00 — в северной. В их составе, кроме указанных, часто встречались *Oithona* sp. Baird., *Ectinosoma melaniceps* Boeck, *Nitoca hibernica* (Brady). Ветвистоусые, как и летом, развиваются в основном в южной и в меньшей мере в центральной части лимана. При численности 0,05–9,38 тыс. экз/м³ они составляют от 1 до 42 % общей биомассы. В этой же части лимана в сентябре отмечены коловратки в количестве 0,03–58,76 тыс. экз/м³ (1–27 % биомассы). В октябре они почти полностью выпадают из состава зоопланктона Березанского лимана.

Следует отметить, что в сентябре, несмотря на более высокую, чем летом, минерализацию воды, в южной части лимана обнаружены пресноводные формы — *Chydorus sphaericus*, *Brachionus urceus*, которые составили около 5 % зоопланктона. Всего в осеннем зоопланктоне насчитывается 42 таксона, из них 76–77 % — солоноватоводные формы и 19–23 % — морские.

Сравнение видового состава зоопланктона различных участков лимана показывает, что в зимний период до 71 % видов являются общими для всех участков. Весной и летом коэффициент общности видов

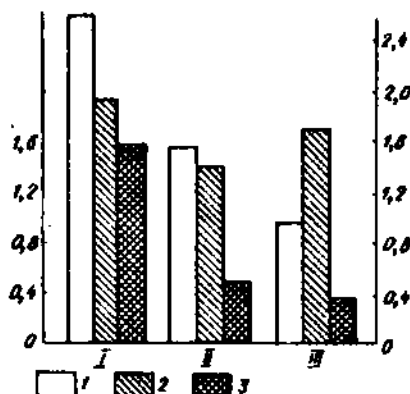


Рис. 23. Биомасса зоопланктона при различных показателях первичной продукции в южной (I), центральной (II) и северной (III) частях лимана летом 1981 г.:

1 — биомасса зоопланктона, 2 — валовая первичная продукция, 3 — чистая продукция фитопланктона

ной части, летом и осенью — в 3–5 раз больше. Лишь весной на отдельных станциях северной части лимана отмечены более высокие показатели биомассы (до 29,68 г/м³), чем в южной (до 9,84 г/м³), за счет массового развития солоноватоводного вида *Calanipeda aquae-dulcis*, однако в южной части в это время зоопланктон был разнообразнее по видовому составу. Интенсивное развитие разнообразного зоопланктона в южной части лимана обуславливается несколькими причинами, из которых важнейшими являются водообмен с морем, влияние Днепровско-Бугского лимана и интенсивность процессов первичного продуцирования. Так, весной, когда сток Днепра наиболее высок (в апреле-мае 1970–1971 и 1979–1983 гг. он составлял от 12,06 до 33,48 км³), в данной части лимана отмечен более разнообразный зоопланктон, чем в остальных. Увеличением стока Днепра осенью по сравнению с летом, а следовательно, усилением влияния Днепровско-Бугского лимана на Березанский можно объяснить появление в последнем пресноводных форм зоопланктона и увеличение общего количества видов.

В гл. 4 указывалось, что в водообмене с морем участвуют прежде всего водные массы южной части лимана, что способствует интенсивному образованию фитопланктоном органических веществ. Показатели валовой первичной продукции здесь наиболее стабильны и колеблются в пределах 1,65–2,09 г O₂ · м³ · сут⁻¹, в то время как в центральной и северной частях — от 0,39 до 2,20. В южной части самый высокий показатель чистой продукции — 1,59 г O₂ · м³ · сут⁻¹, что в 3 раза выше по сравнению с центральной и почти в 4 по сравнению с северной

для южного и центрального участков остается таким же, как зимой, а для южного и северного уменьшается до 60–67 %. Еще меньше коэффициент обилия видов для последних двух участков осенью — 47–56 %. Для южного и центрального он возрастает осенью до 75 % в связи с усилением в этот период стоно-нагонных явлений и увеличением водообмена между лиманом и морем, а также между находящимися рядом участками.

Анализ количественного изменения зоопланктона показывает, что наиболее интенсивное развитие его происходит почти постоянно в южной части. Так, зимой здесь его в 3–15 раз больше, чем в северной и централь-

частью. Нарастание остаточного количества новообразованного в лимане органического вещества, т.е. увеличение кормовых ресурсов зоопланктона, происходит по направлению от северной части к южной, что обеспечивает нарастание в этом же направлении биомассы зоопланктона (рис. 23).

Осенью в центральной и северной частях лимана процессы разрушения органического вещества временами превышают интенсивность его образования. При этом повышается перманганатная окисляемость (до 12,0–16,0 мг О/л), ухудшается кислородный режим (содержание O_2 снижается до 5,0–7,0 мг/л в поверхностных слоях воды и до 3,5–5,0 мг/л — в придонных).

В южной же части процессы новообразования органических веществ фитопланктоном постоянно преобладают над их разложением, гидрохимический режим сохраняется благоприятным для гидробионтов. Обеспеченность кормом и благоприятные абиотические условия являются основной предпосылкой стабильного развития зоопланктона в данной части лимана. По средним многолетним данным, биомасса зоопланктона в этой части составляет зимой — 0,378 г/м³, весной — 3,392, летом — 3,368 и осенью — 0,648. В центральной и северной частях средний показатель биомассы зимой — 0,246 г/м³, весной — 4,434, летом — 1,092, осенью — 0,961.

В составе зоопланктона Тилигульского лимана обнаружено 37 таксонов планктонных и случайно-планктонных организмов. Как и в Березанском лимане, наиболее многочисленны здесь веслоногие (46 % общего состава). Коловратки и ветвистоусые составляют соответственно 11 и 13, прочие организмы — 30 %.

В отличие от Березанского лимана в Тилигульском 1/3 всего зоопланктона представлена морскими формами, пресноводных организмов здесь не более 4 %. На долю солоноватоводных и эвригалинных форм приходится соответственно 33 и 18 %, пресноводно-солоноватоводных — 12 %.

В зимнем зоопланктоне встречается до 12 таксонов, причем в южной части лимана половина организмов — солоноватоводные, а вторая половина — морские. В центральной и северной частях лимана весь зоопланктон представлен солоноватоводными формами, среди которых наиболее многочисленны в южной части *Calanipeda aquae-dulcis*, науплии веслоногих, а также веслоногие ювенильных стадий, представители *Shoreana*. В целом же веслоногие в зимнем зоопланктоне дают 97–100 % общей биомассы, однако в центральной части на отдельных участках коловратки могут составлять до 68 % биомассы. Общая численность колеблется от 0,6 до 29,2 тыс. экз/м³, биомасса — от 0,5 до 574,0 мг/м³, средние показатели за 1980–1983 гг. приведены в табл. 37.

В весенний период видовой состав зоопланктона более разнообразен, в нем насчитывается 21 таксон, при этом наиболее богаты по видовому составу центральная (19) и северная (18 видов) части лимана,

Таблица 37. Средние показатели численности (тыс. экз/м³) и биомассы (мг/м³) зоопланктона Тилигульского и Хаджибейского лиманов

Год	Сезон	Южная часть		Центральная часть		Северная часть	
		Численность	Биомасса	Численность	Биомасса	Численность	Биомасса
Тилигульский лиман							
1980	Осень	1,0	6,0	3,2	9,2	0,2	1,3
1981	Зима	29,2	3,6	2,7	0,5	—	—
	Весна	462,4	5803,6	331,8	4423,1	278,1	16903,8
	Лето	51,6	317,1	47,8	360,0	71,5	1828,4
	Осень	0,4	2,5	0,6	6,4	10,9	60,9
1983	Зима	1,3	4,6	2,7	34,0	16,6	483,6
	Весна	29,6	112,3	66,5	365,4	6,7	48,1
	Лето	347,1	3764,5	222,5	2339,6	191,1	1944,1
	Осень	22,2	332,4	52,4	601,2	101,9	1118,2
Хаджибейский лиман							
1980	Осень	261,6	4676,2	135,4	1627,7	161,6	3248,1
1981	Зима	51,3	514,9	160,2	224,5	733,2	247,3
	Весна	266,0	488,9	10996,9	514,7	514,7	12705,5
	Лето	95,1	5569,9	211,4	13643,7	246,6	16610,5
	Осень	96,5	2602,9	111,8	4188,2	72,1	2500,0
1983	Зима	26,3	1351,7	44,5	2311,8	18,5	661,4
	Весна	76,5	1344,5	116,6	2725,4	94,7	1807,4
	Лето	99,9	2751,7	108,2	1755,7	119,3	2585,9
	Осень	214,7	3460,7	282,9	3732,9	394,6	4067,2

в южной — количество видов остается таким же, как и зимой, но доля морских форм возрастает до 67 %. Большие трети состава зоопланктона (до 37 %) дают морские формы в центральной и северной частях.

Как и зимой, основу биомассы (1–99,6 %) зоопланктона в южной и центральной частях составляют веслоногие. Массовыми являются те же организмы, что и зимой, а также морской вид *Heterosira caspia* Sars. В центральной и северной частях возрастает роль ветвистоусых, которые дают в отдельные годы от 3 до 95 % биомассы за счет массового развития морского вида *Pleopsis polyphemoides* (Lusckart).

В южной части случайно-планктонные (прочие) формы могут давать от 3 до 99 % биомассы в связи с появлением в массе *Nauplii bala-*
nus, *Veliger*, *Ostracoda*. Численность зоопланктона колеблется: в вес-
ной от 5,7 тыс. экз/м³ в северной части до 616,3 — в южной, а биомасса от 35,1 до 38045,8 мг/м³ (в северной части).

Летом видовой состав зоопланктона в Тилигульском лимане значи-
тельно беднее, чем весной (в нем насчитывается 11 таксонов), однако в
экологическом отношении он более разнообразен. Доля морских видов
в южной части снижается до 50 %, в центральной и северной возрастает
до 40–50 %. Солоноватоводные организмы составляют в разных частях
водоема до 25 %, эвригалльные 25–40 %. В целом, в летний период в
114

лимане солоноватоводных организмов 20, морских и эвригалинных по 40 %.

Преобладают на всех участках лимана веслоногие, которые составляют от 60 до 100 % общей биомассы. Массовыми по всему лиману являются морской вид *Acartia clausi* Giesbrecht и солоноватоводный *Calanipeda aquae-dulcis*, а также науплии веслоногих и веслоногие ювенильных стадий.

Численность зоопланктона изменяется в летний период на разных участках лимана от 10,1 до 759,0 тыс. экз/м³, биомасса — от 54,0 до 8770,7 мг/м³ в южной части, от 115,6 до 3446,5 — в центральной и от 113,3 до 2172,0 — в северной.

Осенью в зоопланктоне лимана отмечено 22 таксона, 20 из них встречаются в центральной части, 14 в южной и 9 в северной.

В центральной и южной частях доля морских организмов снижается до 30–33 %, эвригалинных до 10–17, а солоноватоводных повышается до 33–40 %. В южной и центральной частях появляются пресноводные формы, составляющие 17–20 % общего состава. В северной части зоопланктон состоит из морских (60 %) и солоноватоводных (40 %) организмов.

Как и летом, преобладающими по всему лиману являются веслоногие, дающие 60–100 % общей биомассы. В массе развиваются *Calanipeda aquae-dulcis*, *Acartia clausi*, в центральной части лимана встречаются морской вид *Tisbe furcata* (Baird) из веслоногих и эвригалинный — *Diaphanopoma brachyurum* (Levin). На всех участках массовыми являются науплии веслоногих и ветвистоусых, а также веслоногие в ювенильных стадиях.

Общая численность зоопланктона в разные годы изменяется в южной части от 0,1 до 16,9 тыс. экз/м³. В центральной и северной частях размах колебания численности гораздо шире — от 0,2 до 118,5 тыс. экз/м³. Пределы колебания общей биомассы — 0,8–434,6 мг/м³ в южной части, 1,3 — 1263,7 мг/м³ — в центральной и северной.

Анализ видового состава зоопланктона показал, что в разных частях Тилигульского лимана число общих видов гораздо выше, чем в Березинском, как во все сезоны, так и в среднем за год. По средним данным за 1981 и 1983 гг., общность видового состава по Серенсену [110] между южной и центральной частями составляет 79 %, между центральной и северной — 81 и между южной и северной — 74 %. Таким образом, даже между частями лимана, которые не сообщаются между собой непосредственно, число общих видов составляет почти 3/4 всего состава зоопланктона.

Что касается распределения биомассы зоопланктона по акватории лимана, то в разные сезоны года наблюдаются максимальные показатели биомассы в разных частях водоема.

В зимний период отмечено увеличение биомассы зоопланктона в направлении от южной части к северной, причем средний показатель

ее в южной части (10,6 мг/м³) в 7,5 раза ниже, чем в центральной, и в 70 раз ниже, чем в северной. Весной увеличение биомассы происходит от центральной части к южной и северной, а осенью наоборот — от северной и южной к центральной. Следует отметить, что весной и летом распределение биомассы более равномерное, чем зимой. Средние показатели весной составляют 14782,0 мг/м³ в южной части, 10988,2 в центральной и 20809 — в северной. Летом абсолютные величины биомассы ниже весенних в 1,7—6,8 раза. В осенний период нарастание биомассы происходит в том же направлении, что и летом, средние показатели составляют 525,9 мг/м³ в южной части, 2003,0 — в центральной и 1125,8 — в северной.

Самый бедный по видовому составу Хаджибейский лиман, в котором насчитывается всего 32 таксона. В отличие от Березанского и Тилигульского лиманов здесь наиболее многочисленны коловратки (31 %), а веслоногие составляют 28 % общего состава зоопланктона. Ветвистоусые малочисленны, всего три вида (10 %), а случайно-планктонных организмов почти 1/3 всего зоопланктона.

В распределении экологических групп наблюдается следующая тенденция: количество пресноводных организмов возрастает от южной (12 %) до северной (46 %), а морских — снижается от 50 % в южной до 36 % в северной части. В целом по лиману пресноводные организмы составляют 41 % общего состава, солоноватоводные — 18 %, морские — 23 %, эвригалинные — 18 %.

Зимой в зоопланктоне Хаджибейского лимана насчитывается 11 таксонов. Половина из них представлена пресноводными организмами, а вторая половина — в равной мере морскими и эвригалинными.

Доминируют в зимнем зоопланктоне веслоногие (71-100 % биомассы). В северной части на отдельных участках наблюдается интенсивное развитие коловраток, которые могут составлять 29 % общей биомассы.

На всей акватории водоема зимой встречаются солоноватоводно-морской вид *Diaptomus salinus* Sars, а также науплии веслоногих. Численность зоопланктона колеблется в зимний период от 5,5 до 733,2 тыс. экз./м³, биомасса — от 215,5 до 4045,9 мг/м³.

Весной в зоопланктоне Хаджибейского лимана насчитывается до 12 таксонов. Количество морских видов возрастает почти в 2,7 раза по сравнению с зимой (67 %), остальные — пресноводные организмы. Зимой основу зоопланктона составляют веслоногие, причем в южной и центральной частях практически весь зоопланктон состоит из веслоногих, а в северной бывает до 4 % ветвистоусых. Массовые, как и зимой, *D. salinus* и науплии веслоногих. Из ветвистоусых во всех частях лимана встречается *Moina brachiata* Jurine. Численность и биомасса возрастают в направлении от южной части к северной. При этом особенно резко нарастает биомасса в северной части. Если в южной и центральной колебания ее на отдельных участках происходят примерно в оди-

саковых пределах (от 154,0 до 11973,7 мг/м³), то в северной минимальный и максимальный уровень биомассы значительно выше (948,3 - 19035,0 мг/м³). То же можно сказать о численности, которая в южной части изменяется в пределах 21,9—400,6 тыс. экз/м³, в центральной — 24,4- 589,9, в северной -58,6-662,0.

Летом видовое разнообразие зоопланктона возрастает, в нем насчитывается 17 таксонов; количество пресноводных и морских организмов в летнем зоопланктоне одинаковое — по 36 %, солоноватоводных — 9 и эвригалинных - 19 %. В составе летнего зоопланктона возрастает роль ветвистоусых, которые могут давать до 90 % общей биомассы. В 1983 г. доминировали веслоногие, а ветвистоусые давали не более 18 % общей биомассы.

Массовыми видами были те же, что и весной: *M.brachiat*a из ветвистоусых и *D.salinus* из веслоногих. Большую долю биомассы составляли науплии веслоногих *Acartia clausi*. Распределение биомассы по акватории лимана в разные годы неодинаково. При доминировании ветвистоусых биомасса возрастает от южной части (5569,9 мг/м³) к северной (16610,5 мг/м³). В условиях преобладания веслоногих (1983) биомасса возрастает от северной части к южной (см. табл.37). Примерно в таком же порядке происходит изменение численности зоопланктона.

Для осеннего периода характерны более разнообразный видовой состав (22 таксона) и некоторое выравнивание в распределении экологических групп организмов. Пресноводные и эвригалинные формы составили половину зоопланктона, морские — 1/3 и солоноватоводные — 17 %. Основу биомассы осеннего зоопланктона составляют веслоногие (47-100 % общей биомассы).

Ветвистоусые дают в отдельные годы до 64 % биомассы, коловратки — до 11 %. Наиболее массовыми остаются те же виды ветвистоусых и веслоногих, что в летний период, а из коловраток — солоноватоводный вид *Brachionus plicatilis*. Увеличение биомассы происходит осенью, главным образом от северной части к южной. Среднесезонные показатели ее колеблются в пределах 2602,9-4676,2 мг/м³ в южной части, 1627,7 - 4188,2 - в центральной и 2500,0-4067,2 - в северной.

На распределение биомассы зоопланктона в Хаджибейском лимане оказывает влияние ряд абиотических (преобладание течений, вертикальное перемешивание воды, поступление органических и минеральных веществ со стоками г.Одессы) и биотических (распределение фитопланктона и уровень процессов первичного продуцирования) факторов. Анализ продуктивности отдельных частей лимана (по валовой первичной продукции) и биомассы зоопланктона на единицу площади показал, что как правило, увеличение количества новообразованного вещества влечет за собой повышение биомассы зоопланктона. Так, летом 1981 г. показатели продуктивности постепенно возрастали от 6,9 кг/га органического вещества в сутки в южной части до 53,1 — в северной, а биомасса зоопланктона при этом возрастала в том же направ-

лением: от $35,2 \text{ г/м}^3$ в южной части до $42,7$ в северной. Осенью показатели продуктивности в южной, центральной и западной частях составляли $8,2$, $8,7$ и $5,1 \text{ кг/га}$ органического вещества в сутки, биомасса зоопланктона распределялась в соответствии с продуктивностью: $13,5 \text{ г/м}^3$ в южной части, $17,5$ в центральной и $7,3$ в северной.

ОЦЕНКА ЗАПАСОВ ЗООПЛАНКТОНА

Запасы зоопланктона в лиманах Северного Причерноморья колеблются в разные годы в широких пределах, так как развитие его зависит от многих гидрофизических, гидрохимических и биотических факторов, изменяющихся в разные годы в разной мере.

В Березанском лимане самые низкие запасы зоопланктона зарегистрированы в 1970–1972 гг., когда биомасса его в период с весны до осени изменялась от $0,001$ до $0,937 \text{ г/м}^3$, а средние показатели составляли от $0,288 \text{ г/м}^3$ в центральной части до $0,362$ в южной. В расчете на единицу площади наиболее продуктивной ($1,411 \text{ г/м}^2$) была южная часть лимана, самые низкие показатели ($0,797 \text{ г/м}^2$) отмечались в северной части. Период с 1979 по 1983 г. характеризуется более высокими запасами зоопланктона, причем наиболее продуктивными были южная и центральная части лимана, где по среднегодовым показателям количество зоопланктона колебалось от $4,400$ до $8,973 \text{ г/м}^2$. В северной части запасы зоопланктона менее стабильны и колеблются в разные годы от $1,403$ до $8,190 \text{ г/м}^2$. В сезонном аспекте самые высокие запасы зоопланктона характерны для весеннего периода. По многолетним данным биомасса зоопланктона колеблется на разных участках лимана от $2,065$ до $26,860 \text{ г/м}^3$, средние по лиману показатели – $6,676$ – $22,298 \text{ г/м}^3$. В летний период они снижаются до $0,095$ – $16,009 \text{ г/м}^3$, а среднегодовые величины колеблются от $5,718$ до $6,369 \text{ г/м}^3$. Средние за весенне-летний период показатели биомассы составляют $5,520$ – $14,074 \text{ г/м}^3$.

Осенью в разных частях водоема происходит снижение биомассы: до $1,350$ – $6,448 \text{ г/м}^3$, зимой – до $0,076$ – $1,844$. По многолетним среднегодовым данным (табл. 38), запасы зоопланктона в Березанском лимане изменяются в пределах $62,8$ – $481,5 \text{ т}$. Максимальные запасы отмечены в 1981 г., когда в лимане наблюдалось стабильное "цветение" воды, чистая продукция фитопланктона в южной и центральной частях лимана была постоянно положительной, и зоопланктон был достаточно обеспечен кормом. Минимальные запасы зоопланктона зарегистрированы в 1972 г., что, очевидно, связано с резким снижением стока Днестра (в летние месяцы 434 – $501 \text{ м}^3/\text{с}$), повлекшим за собой осоложение наиболее продуктивных южной и средней частей лимана.

В Тилигульском лимане биомасса колеблется в пределах $0,835$ – $4,698 \text{ г/м}^3$, средние за год показатели ниже, чем в Березанском ($0,967$ – $1,733 \text{ г/м}^3$). Глубины в южной и центральной его частях гораздо боль-

Таблица 38. Средние показатели биомассы и общие запасы зоопланктона Березанского лимана

Показатель	Год	Южная часть	Центральная часть	Северная часть	В среднем по лиману
		Площадь, тыс. га			
		1,3	2,0	2,7	6,0
Биомасса, г/м ³	1970-1972	0,362	0,288	0,319	0,312
	1979	1,157	1,402	1,604	1,434
	1981	2,301	1,798	3,276	2,441
	1983	1,593	1,100	0,561	1,035
Запасы зоопланктона, кг/га	1970-1972	14,11	11,52	7,97	10,29
	1979	45,12	56,08	40,01	47,32
	1981	89,73	71,92	81,90	80,55
	1983	62,12	44,00	14,02	34,2
Общие запасы по лиману, т	1970-1972	18,3	23,0	21,5	62,8
	1979	58,6	112,2	108,0	278,8
	1981	116,6	143,8	221,1	481,5
	1983	80,7	88,0	37,8	206,5

Таблица 39. Средние показатели биомассы и общие запасы зоопланктона Тилигульского и Хаджибейского лиманов

Показатель	Год	Южная часть	Центральная часть	Северная часть	В среднем по лиману
Тилигульский лиман					
Площадь, тыс. га	1981	4,2	4,7	2,5	11,3
Биомасса, г/м ³	1983	1,533	1,198	4,698	1,733
		1,054	0,835	0,899	0,945
Запасы зоопланктона, кг/га	1981	127,24	50,32	117,45	84,91
	1983	87,48	35,07	22,47	47,28
т	1981	534,0	236,5	293,6	1064,1
	1983	367,4	164,8	56,2	588,4
Хаджибейский лиман					
Площадь, тыс. га	1981	3,5	2,2	2,9	8,6
Биомасса, г/м ³		3,782	7,264	8,016	5,031
	1983	2,228	2,632	2,280	2,306
Запасы зоопланктона, кг/га	1981	332,81	261,50	200,40	166,07
	1983	196,06	94,75	57,00	76,09
т	1981	1164,8	575,3	581,2	1321,3
	1983	686,2	208,3	166,5	1061,0

ше, и запасы зоопланктона в перерасчете на единицу площади оказываются более высокими (табл. 39). Кроме того, северная часть в Тилигульском лимане, в отличие от Березанского, наиболее продуктивна, поэтому запасы зоопланктона в ней выше, чем в северной части последнего, несмотря на то что глубины этих частей одинаковы в обоих лиманах. Как и в Березанском лимане, наиболее высокие запасы зоопланкто-

на характерны для весеннего периода, биомасса его колеблется на различных участках от 0,120 до 48,173 г/м³, среднесезонные показатели в пределах 0,857-44,315 г/м. Летом биомасса в разных частях водоема изменяется в более узких пределах, чем весной, и абсолютные ее величины снижаются до 1,266-31,249 г/м³. Среднесезонные показатели тоже ниже, чем весной, - 4,091-13,140 г/м. Осенью запасы зоопланктона снижаются по сравнению с весенне-летним периодом на 1-2 порядка (0,002-2,755 г/м³), зимой они близки к осенним (0,003-1,210 г/м³). В среднем по лиману в разные годы биомасса колеблется от 4,728 по 8,491 г/м³.

Запасы зоопланктона колеблются от 56,2 т в северной части до 534,0 в южной, общие запасы по лиману составляют 588-1064,1 т.

В Хаджибейском лимане южная часть почти в 2,4 раза глубже центральной, и в 3,5 раза глубже северной. Несмотря на то что количество зоопланктона в единице объема воды в северной и центральной частях выше, чем в южной, суммарные запасы на единицу площади самые высокие в южной части, где в расчете на 1 м² приходится от 19,606 до 33,281 г зоопланктона. Высоки среднегодовые запасы зоопланктона в центральной (9,475-26,150 г/м²) и северной (5,700-20,040 г/м²) частях Хаджибейского лимана. В отличие от Березанского и Тилигульского лиманов в Хаджибейском наиболее высокие запасы зоопланктона наблюдаются летом, в разных частях водоема показатели биомассы изменяются от 6,321 до 49,418 г/м². Весной запасы зоопланктона в Хаджибейском лимане также высоки (4,517-56,680 г/м²), в среднем за весенне-летний период биомасса составляет в разные годы от 9,599 до 49354 г/м².

Запасы зоопланктона в разных частях Хаджибейского лимана осенью (5,860-41,148 г/м²) и зимой (0,617-11,897) гораздо выше, чем в Березанском и Тилигульском. Общие запасы зоопланктона по всему лиману составляют 1061,0-2321,3 т, что примерно в 2 раза больше, чем в Тилигульском, имеющем в 1,3 раза большую площадь, и в 5-35 раз выше, чем в Березанском, площадь которого меньше всего в 1,4 раза.

Заслуживает внимания тот факт, что в Березанском и Тилигульском лиманах ветвистоусые (наиболее ценный корм для рыб) развиваются в основном весной. Их доля в общей биомассе отдельных частей Березанского лимана 6,0-84 %, в Тилигульском 8-79 %. Летом в этих лиманах доминируют веслоногие (23-100 % общей массы). В Хаджибейском лимане ветвистоусые развиваются преимущественно летом и составляют в разные годы в отдельных участках водоема от 5 до 99 % общей биомассы.

Начало изучения фауны в водосмах Причерноморья относится к концу прошлого столетия. Донная фауна Березанского, Тилигульского и Хаджибейского лиманов впервые была описана в 1871 г. В.И.Шманевичем, который дал список видов, обитающих в них. Частичным изучением фауны лиманов в последующие годы занимались П.И.Бучинский (1885), С.А.Конкина, Н.Л-Милославская, В.Л.Паули (1928), А.К.Макаров (1939-1940). Специальные исследования зообентоса с применением количественных методов. [100] впервые были проведены С.Б.Гринбартом в 1947 -1953 гг. и затем продолжались до 1966 г. [40, 42, 43, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 101]. Им был уточнен состав видов макрозообентоса, получена картина количественного распределения бентоса, его сезонной динамики, определены запасы кормового бентоса. Дальнейшие исследования были проведены Т.А.Аюроз, Л.В.Борткевич [102, 103, 104, 105, 106].

Под влиянием различных факторов в лиманах неоднократно изменялся солевой режим, что влекло за собой изменения фауны в историческом аспекте. В современный период усилилось антропогенное воздействие, продолжают колебания солёности, что существенно сказывается на развитии донной фауны.

Видовой состав и количественное развитие донной фауны изменились во всех водосмах. В Березанском лимане эти изменения незначительны, в Тилигульском отмечается увеличение биомассы бентоса по сравнению с 1947-1951 гг. в 2 и более раз, в Хаджибейском уменьшилось видовое разнообразие, биомасса снизилась на порядок и продолжает уменьшаться. Наибольшим изменениям подвергся Хаджибейский лиман, наименьшим Березанский.

! Макрозообентос каждого из исследуемых водоемов (Тилигульского, Березанского, Хаджибейского) различен, что объясняется неодинаковыми гидрологическими и гидрохимическими условиями, разным качеством воды в них. Березанский лиман относится к лиманам лагунного типа, Тилигульский и Хаджибейский – озерного, последний еще подвержен антропогенному воздействию. Все это и определяет развитие в них донной фауны.

Березанский лиман. В донной фауне Березанского лимана в 1980-1983 гг. выявлено 85 видов и форм беспозвоночных, в том числе полихет – 10 видов, олигохет – 14, моллюсков – 16, амфипод – 8, ку-

мовых 5, изопод 2, мизид 2, хирономид - 24 и прочих групп организмов 4.

Фауна состоит из морских, солоноватоводных и пресноводных представителей. Морские формы составляют 37,0, солоноватоводные и пресноводные — соответственно 35,6 и 27,4 %.

Зоогеографический состав фауны очень разнообразен: 26,0 % составляют средиземноморско-атлантическо-бореальные виды, 11,0 — азово-черноморские, средиземно-черноморские и черноморские эндемики 20,6 — виды широкого распространения и 17,8 палеоарктические виды. По распределению бентоса в лимане дополнительно к южной, центральной и северной частям мы выделяем и западный отрог (Сасицкий лиман). В свою очередь, каждая часть разбита на ряд участков.

Соотношение видов различной экологической принадлежности неоднозначно в различных частях лимана, по мере удаления от моря видовое разнообразие снижается и меняется соотношение видов. Во всех частях лимана преобладают морские виды (51,9 % в среднем по лиману). Понто-каспийских, как и пресноводных видов, больше в средней и северной частях, меньше в южной и западном отроге. В течение года соотношение видов меняется, к осени процент морских видов нарастает, а понто-каспийских и пресноводных снижается. Осенью морские виды составляют 72,3-74,8 %.

Бентос в годы исследований характеризовался относительно невысокими среднегодовыми показателями биомассы (соответственно 142,9, 47,95 и 56,01 г/м²). Наиболее многочислен он был в 1983 г. (13609 экз/м²). Наибольшая общая биомасса бентоса наблюдалась осенью 1980 г., в 1981 и 1983 гг. была примерно одинакова. Основу биомассы в годы исследований составляли моллюски (90,4, 50,0 и 60,5 % соответственно году исследований). В 1981 и 1983 гг. снизилась их биомасса (16,82 и 28,82 г/м²) по сравнению с 1980 г. (12633 г/м²), что повлекло за собой снижение общей биомассы бентоса [102].

В сезонной изменчивости общей биомассы бентоса в Березанском лимане установлена следующая зависимость: в 1981 г. максимум биомассы наблюдался зимой, в 1983, г. — весной. Наибольшие биомассы бентоса отмечались в зимне-весеннее время, а численность — осенью.

Березанский лиман подвержен влиянию морских и опресненных вод, что сказывается на развитии его фауны. Осенью 1980 г. наиболее многочисленны и часто встречаемы были олигохеты, а по биомассе доминировали моллюски. Наибольшие биомассы бентоса отмечались в средней части на заиленных песках его правого берега, где зафиксирована максимальная разовая биомасса (2887,67 г/м²) бентоса, 99,6 % которой составляли моллюски, представленные в основном *Cerastoderma clodiense*. Относительно большие биомассы наблюдались на мелководьях южной части. Наименьшие показатели биомассы бентоса отмечены на центральных участках южной части и западного отрога (0,93 1,05 г/м²), занятых черными илами с Н₂S. Бентос сосредоточен в ос-

ловном на чистых и заиленных песках, где наблюдалось качественное и количественное богатство фауны. На черных илах отмечено только 4 группы организмов: полихеты, олигохеты, моллюски (в основном представленные семейством Hydrobiidae) и хирономиды.

В 1981 г. наиболее распространенными и многочисленными были полихеты, которые по биомассе уступали только моллюскам и бапанусам, составляя 35,2 % общей численности и 9,9 % общей биомассы. По численности им лишь немного уступали олигохеты. Минимальные показатели численности и биомассы бентоса были отмечены летом, осенью резко возросла численность полихет, моллюсков, амфипод, кумовых, хирономид. В различных частях бентос развивался по-разному. Наиболее многочислен он был на Викторовском мелководье, наименее — на центральном участке северной части, наименьшие биомассы отмечены в центральном участке южной части.

В 1981 г. бентос был довольно равномерно распространен по всем частям лимана, разница в развитии бентоса на различных грунтах была выражена менее резко, чем в 1980 г. (табл. 40). На чистых и заиленных песках бентос был богаче в качественном и в количественном отношении, снижаясь лишь на черных илах в 1,2—4,6 раза. По-видимому, в 1981 г. гидрологический и гидрохимический режимы были более стабильны и более благоприятны для развития бентоса, чем осенью 1980 г.

В 1983 г. средние показатели численности были на уровне 1981 г., биомасса — лишь на 17 % больше по сравнению с 1981 г. Наиболее распространенной группой также были полихеты, но по численности и биомассе они уступали моллюскам, которые доминировали. Наименьшие показатели бентоса также отмечены летом, наибольшие — весной;

Анализируя развитие бентоса на различных участках Березанского лимана, установили, что наибольшие показатели его численности и биомассы характерны для всех песков Викторовского мелководья южной части за счет массового развития там моллюсков семейства Hydrobiidae и *C. clodiense*, наименьшие — для центрального участка средней части. Летом 1983 г. на песке с ракушей мелководного правобережья южной части на глубине 2,2 м отмечена максимальная разовая численность (200 080 экз/м²) бентоса за счет моллюсков семейства Hydrobiidae. Здесь же осенью наблюдалась и максимальная разовая биомасса (553,82 г/м²) за счет развития там *C. clodiense*. Но так же, как и в 1981 г., бентос, за исключением Викторовского мелководья, был довольно равномерно распределен по лиману, снижаясь лишь на центральных участках и возрастая на мелководьях.

Характеризуя развитие бентоса на различных грунтах, установили, что он более многочислен на чистых и заиленных песках и значительно (в 5—47 раз) снижается на серых и черных илах.

Остановимся на характеристике каждой фаунистической группы. Полихеты широко распространены в лимане, составляют от 77,7 до 94 % встречаемости. В общей биомассе их бентоса доля в отдельные годы

Таблица 40. Средние показатели численности (числитель, экз/м²) и биомассы (знаменатель, г/м²) донных беспозвоночных в различных частях Баранского лимана в 1981–1983 гг.

Группа	Южная часть		Средняя часть		Северная часть		Западный отрог	
	1981	1983	1981	1983	1981	1983	1981	1983
Полихеты	<u>7745</u> 5,96	<u>3675</u> 4,22	<u>2519</u> 3,5	<u>2241</u> 4,17	<u>2040</u> 5,76	<u>3059</u> 6,55	<u>5213</u> 10,32	<u>6088</u> 7,63
Олигохеты	<u>2383</u> 0,91	<u>1435</u> 0,27	<u>6783</u> 0,94	<u>937</u> 0,16	<u>1089</u> 0,31	<u>1521</u> 0,37	<u>2218</u> 0,28	<u>564</u> 0,11
Моллюски	<u>1912</u> 18,23	<u>10356</u> 50,8	<u>671</u> 7,95	<u>3049</u> 17,28	<u>191</u> 5,8	<u>3947</u> 11,02	<u>2398</u> 59,43	<u>1190</u> 9,35
Амфиподы	<u>510</u> 0,78	<u>861</u> 1,59	<u>387</u> 0,48	<u>394</u> 0,50	<u>1835</u> 5,6	<u>1534</u> 3,02	<u>466</u> 0,75	<u>431</u> 1,23
Кумовые	<u>1957</u> 0,69	<u>1758</u> 0,85	<u>430</u> 0,20	<u>9293</u> 5,66	<u>12</u> 0,01	<u>113</u> 0,14	<u>15</u> 0,01	<u>112</u> 0,11
Изоподы	<u>22</u> 0,15	<u>44</u> 0,64	<u>28</u> 0,17	<u>1</u> 0,001	<u>56</u> 1,03	<u>60</u> 0,30	<u>5</u> 0,005	<u>1</u> 0,001
Хирокоиды	<u>2359</u> 10,98	<u>134</u> 32,13	<u>325</u> 0,69	<u>34</u> 4,04	<u>311</u> 0,23	<u>26</u> 8,45	<u>1255</u> 4,61	<u>114</u> 3,08
Усиконые	<u>39</u> 5,87	<u>1050</u> 2,32	<u>188</u> 20,16	<u>188</u> 1,58	<u>202</u> 28,77	<u>1480</u> 3,20	<u>47</u> 7,28	<u>346</u> 1,04
Прочие	<u>9</u> 1,16	<u>5</u> 0,04	<u>6</u> 0,23	<u>2</u> 1,16	<u>28</u> 2,84	<u>4</u> 0,27	<u>90</u> 4,33	<u>1</u> 0,003
Итого	<u>16936</u> 61,43	<u>19318</u> 92,86	<u>11437</u> 34,32	<u>7510</u> 29,29	<u>5771</u> 50,35	<u>11744</u> 33,32	<u>11707</u> 87,09	<u>8847</u> 22,55

бывает значительной, как, например, в 1981 г., когда в кормовом бентосе они составляли 13,5 % общей биомассы, а в 1983 — 10 %.

Полихеты представлены 10 видами, два из них (*Hypania invalidae* и *Hypaniola kowalewskii*) — понтокаспийские автохтоны, остальные — средиземноморские иммигранты. В 1983 г. их численность была на уровне 1981 г. (в пределах 3,4–4,8 тыс. экз/м²), а биомасса — 5,1–5,8 г/м².

В 1981 г. максимальные показатели численности и биомассы наблюдались осенью, а в 1983 — весной. Наибольшая разная численность полихет (40 400 экз/м²) наблюдалась осенью 1981 г. на черном иле на глубине 6 м в центральном участке средней части за счет массового развития *Polydora limicola*, а биомасса (37,4 г/м²) — весной 1983 г. на слегка замленном песке лиманского малководья на глубине 2 м: за счет развития *Mereis succinea*.

Полихеты отмечены на всех типах грунтов. Наиболее широкое распространение из них в лимане получили лишь 4 вида: *N. succinea*, *N. diversicolor*, *Hypaniola kowalewskii* и *Polydora limicola*. Самые распространенные виды в лимане — *N. diversicolor* и *Hypaniola kowalewskii*.

Олигохеты по распространению в лимане лишь немного уступают полихетам. Их частота встречаемости колебалась от 77,7 до 86,5 %, но

доля их в общей биомассе бентоса незначительна и составляет 0,2–1,5 %. Фауна олигохет представлена 14 видами. Средняя численность олигохет колебалась в пределах 1,2–3,0 тыс. экз/м², биомасса – от 0,25 до 0,70 г/м². Осенью 1980 г. они были наиболее многочисленны, особенно на левобережном мелководье южной части на песке с ракушкой, где отмечена их максимальная разовая численность (74 тыс. экз/м²) и биомасса (4,82 г/м²) за счет массового развития олигохет семейства Enchytraeidae.

В 1981 и в 1983 гг. олигохеты не были столь многочисленны и довольно равномерно распределялись по лиману. В сезонной динамике их распространения установлена следующая закономерность: максимум численности и биомассы весной со спадом летом и ростом к осени.

Олигохеты отмечены во всех частях, на всех типах грунтов и на всех глубинах. Среди них преобладают виды морского и солоноватоводного комплексов. Преимущественное распространение в лимане получили *Isochaetides michaelsoni*, *Paranais simplex*, *P. littoralis*, *Tubificidae* gen. sp. N 1 и *Enchytraeidae* gen. sp.

Основной группой, определяющей общую биомассу бентоса, являются моллюски. Они распространены по всему лиману, частота их встречаемости колебалась от 55,5 до 69,6 %. Они составляют 35–88 % общей биомассы бентоса. Моллюски представлены 16 видами, 13 из которых – средиземноморские иммигранты, а 3 – понтокаспийские автохтоны. Их средняя численность в лимане колебалась от 1237 до 6121 экз/м², биомасса – от 16,82 до 47,95 г/м². Наибольшая разовая биомасса (2876,66 г/м²) моллюсков наблюдалась осенью 1980 г. на заливном песке с ракушкой в средней части на глубине 1,5 м, а численности (192160 экз/м²) – также на песке с битой ракушкой на глубине 2,2 м – в южной части.

Самым широко распространенным и доминирующим видом по численности и биомассе (за исключением 1983 г.) в лимане является *Serastodetma clodiense*. В 1980 г. этот вид немногочислен (111 экз/м²), но моллюски были крупные и средняя их индивидуальная масса составляла 2,54 г. Встречался вид во всех частях, но наибольшее распространение получил на заливных песках мелководий средней части и Викторовского мелководья. *S. clodiense* во все годы исследований не отмечен на илах центральных участков южной и средней частей.

Зимой, весной и летом 1981 г. количество моллюсков было минимальным, но они были крупные (индивидуальная масса колебалась от 0,56 до 2,52 г), а осенью численность их возросла (от 5–16 до 3578 экз/м²), индивидуальная масса составила 0,014 г. Следовательно, в пробах стали учитываться осевшие велигеры.

В 1983 г. средняя численность *S. clodiense* была больше, а индивидуальная масса возросла незначительно (до 0,027 г). Сезонная изменчивость этого вида отличалась от данных 1981 г.: значительное количество (537 экз/м²) – весной, с индивидуальной массой 0,121 г, резкое

снижение (до 4 экз/м²) летом, с индивидуальной массой 3,13 г и снова резкое повышение осенью, как и в 1981 г. (до 3899 экз/м²) со средней индивидуальной массой 0,012 г, что свидетельствует о преобладании в популяции молоди. По-видимому, в весеннее время взрослые особи поедаются рыбой.

Гидробии широко распространены в лимане. Они встречаются во всех его частях и участках и представлены 11 видами, которые довольно равномерно распределены по всему лиману. Доминирующее положение среди них занимают *Hydrobia salinasii*, *H. aciculina*, *H. procerula paladilhe*, *Samisalsa moitessieri* и *H. acuta*. Эта группа моллюсков в лимане была больше приурочена к мелководьям.

Амфиподы представлены 2 видами понтотаспийских автохтонов, 7 средиземноморских иммигрантов. Они довольно широко распространены в лимане (55,5-70,1 % встречаемости). Их средняя численность в годы исследований колебалась в пределах (810-1802 экз/м²), а биомасса от 1,92 до 2,49 г/м². В общей биомассе бентоса их доля невелика (от 1,7 до 4,0 %).

В 1981 г. амфиподы наиболее многочисленны были осенью, в 1983 г. — весной. В 1980 г. они развивались только на чистых и заиленных песках с ракушей, на черных илах не встречались. В 1981 г. преобладали в верховье лимана на серых илах с ракушей за счет массового развития там корофид.

В 1983 г. амфиподы наиболее многочисленны были также в мелководье, но уже более равномерно распределены по лиману. Они избегают черных илов, а если и встречаются там, то в минимальных количествах. Из амфипод наиболее распространены виды *Cotophium orientalis* и *Microprotopus minutus*.

Кумовые рачки широко распространены в лимане. Они представлены 5 видами, из которых 4 понтотаспийских автохтона. В годы исследований их частота встречаемости колебалась от 50 до 56,4 %, среднегодовая численность от 103 до 924 экз/м², биомасса от 0,02 до 0,49 г/м², наиболее многочисленны были в 1983 г. Их доля в общей биомассе бентоса незначительна. В 1981 г. наиболее многочисленны они были осенью, в 1983 г. — весной.

Из кумовых наиболее широкое распространение получает азово-черноморский эндемик *Iphinoe maeotica* и понтотаспийский вид *Pterocoma pectinata* как наиболее эвригалинный.

Усоногие раки (*Cirripedia*) представлены *Balanus improvisus*. Этот вид широко распространен в лимане и процент его встречаемости колебался от 16,7 до 38,6, численность от 4 до 117 экз/м², биомасса — от 0,33 до 16,11 г/м². Доля баланусов в общей биомассе бывает значительной, колеблясь от 0,23 до 31,5 %.

В 1980 г. баланусы отмечались только на чистых и заиленных песках мелководий средней части и западного отрога. В 1981 г. они были более многочисленны, чем в 1980 и 1983 гг., особенно на мелководьях

северной части, где составляли 436 экз/м² с биомассой 41,92 г/м². Они отмечались почти повсеместно (за исключением черных илов южной части), на всех типах грунтов и на всех глубинах. Весной 1981 г. зафиксированы их максимальные разовые численность (1820 экз/м²) и биомасса (150,2 г/м²) на сильно заиленном песке с ракушей в северной части на глубине 3,5 м. В сезонной динамике наблюдалась следующая зависимость: максимум численности и биомассы зимой, незначительное снижение летом и рост к осени до уровня весны.

В 1983 г. баланусов было меньше, но они также были широко распространены по лиману. Наиболее многочисленны были на Каборгском мелководье средней части, отдавая предпочтение чистым и заиленным пескам, избегая черных илов. Сезонная изменчивость была такова: максимум численности и биомассы весной, снижение к лету и осени.

Изоподы представлены 2 видами: *Idotea baltica basteri* и *Sphaeroma pulchellum*. Последний вид встречался очень редко и был малочислен. Основу численности и биомассы всех изопод составлял *Idotea baltica basteri*. Средняя численность изопод в лимане колебалась от 4 до 33 экз/м² биомасса от 0,01 до 1,68 г/м. Наиболее многочисленны они были в 1983 г. Доля изопод в общей биомассе бентоса незначительна (доли процента общей биомассы).

В 1980 г. изоподы отмечены только на песках с ракушей в южной части. В 1981 г. были более широко распространены по лиману, отсутствуя только в центральном участке северной части. В 1983 г. также широко распространены по лиману, избегали лишь центральных участков частей и преобладали на мелководьях. Изоподы предпочитают чистые и заиленные пески с ракушей, на илах они очень немногочисленны или их нет вообще. В 1983 г. осенью на песке мелководий северной части была зафиксирована их максимальная численность (1360 экз/м²), а зимой биомасса (5,68 г/м²).

Сезонные изменения их в 1981 г. были следующими: максимальная численность зимой, снижение к весне и лету и небольшое увеличение к осени. В 1983 г. изоподы были представлены примерно одинаково во все сезоны года.

Из декапод отмечен только один вид — *Rhithropanopeus harrisi tridentata* — голландский крабик, который впервые в Березанском лимане отмечен С.Б.Гринбартом в 1948 г. Этот вид предпочитает в основном песчаные и песчано-илистые грунты. В 1980 г. его средняя численность по лиману составляла 30 экз/м² и он преобладал в средней части, хотя встречался в южной части и в западном отроге.

В 1981 г. численность голландского крабика была меньше, распространен был на песчаных мелководьях во всех частях, не отмечен лишь на черных илах. В 1983 г. был малочислен и встречался в средней и северной частях. Максимальные разовая численность (520 экз/м²) и биомасса (45,8 г/м²) зафиксированы весной 1981 г. в северной части «на сильно заиленном песке с ракушей на глубине 3,5-4 м. Доля де-

капод в общей биомассе бентоса в отдельные годы бывает значительной (7,2%).

Личинки хирономид широко распространены в лимане (их частота встречаемости колебалась от 75,2 до 82,5 %). Среднегодовая плотность находилась в пределах 179-1259 экз/м² биомасса - 0,61-5,24 г/м². Наиболее многочисленны были в 1981 г., *и* доля в общей биомассе бентоса незначительна (от 0,4 до 10,9 %).

Хирономиды представлены 19 видами и формами, но доминирующее положение среди них занимают лишь 4 вида, остальные встречались изредка. Доминирующее положение занимают солоноватоводные формы. Эта группа организмов была распространена по лиману на всех глубинах на всех типах грунтов. Преобладающее развитие получали в южной части на черных илах. Сезонная изменчивость их в 1981 и 1983 г. такова: максимум численности и биомассы весной, минимум летом. Основу хирономид составляли 2 вида: *Chironomus f.l. halophilus* на черных илах и больших глубинах и *Ch. f. l. salinarius* на чистых и заиленных песках мелководий.

Фауна Березанского лимана богата в количественном и качественном отношении. Преимущественное развитие по численности получили моллюски семейства *Hydrobiidae*, олигохеты семейства *Enchytraeidae* и полихеты. Наиболее богат бентос качественно и количественно на чистых и слегка заиленных песках мелководий, заметно беднее — на серых и черных илах. Во всех частях бентос развивался примерно одинаково с небольшим преобладанием в южной части.

Многие виды донных беспозвоночных (в основном морские), преимущественное развитие получают осенью, солоноватоводные — весной, а минимальное развитие — летом. Летом, по-видимому, в лимане создаются газовый и солевой режимы, неблагоприятные для развития многих донных беспозвоночных, осенью газовый режим улучшается, соленость увеличивается и создаются благоприятные условия для развития морских видов.

Сравнивая наши данные с данными С.Б.Гринбарта [43], отмечаем, что в фауне Березанского лимана произошли небольшие изменения: увеличилось количество морских видов. Мы практически не встретили *Hypanis colorata*, несколько обеднел видовой состав моллюсков, декапод (исчезли *Leander adspersus* и *Crangon crangon*). По сравнению с 1961—1962 гг. лиман в 1980—1983 гг. был опреснен, не встречался *Mytilaster lineatus*, *Abra ovata* была в меньших количествах.

Следовательно, гидробиологический режим Березанского лимана находится в большой зависимости от Днепровско-Бугского лимана и Черного моря.

Итак, развитие биоценозов в Березанском лимане в годы наших исследований можно в целом назвать "церастодермовым", и только в верхове на сером иле на небольшой площади постоянно наблюдался корофиидный (*C.orientalis*) биоценоз.

С.Б.Гринбарт в 1948–1953 и 1961–1962 гг. в Березанском лимане наблюдал различные биоценозы. В 1948–1953 гг. во многом аналогичные с нашими, в 1961–1962 гг. — отличные от наших [43, 49]. Доминирующим биоценозом также был церастодермовый, но к нему добавлялся и биоценоз *Abra ovata* + *Theodoxus*, которого мы не наблюдали. Формирование биоценозов в Березанском лимане зависит от стока Днепро-Бугского лимана и поступления в лиман черноморских вод.

Тилигульский лиман. В Тилигульском лимане в 1980–1983 гг. было отмечено 64 вида донных беспозвоночных, из которых 76,2 % составляли морские виды, по 16,4 % — солоноватоводные и пресноводные.

По зоогеографическому составу фауна Тилигульского лимана состоит из видов широкого распространения (43,9 %), средиземноморско-атлантическо-бореальных иммигрантов (24,6 %), арало-азово-черноморских, средиземноморско-черноморских эндемиков (15,8 %) и палеарктических (12,2). Из понтоскаспийских видов здесь встречено по 1 экземпляру *Stenogammarus maseguri* и *Caspia masegovi masegovi*.

Наиболее богатыми в видовом отношении были моллюски (особенно семейства *Hydrobiidae*). По численности и биомассе они также были доминирующей группой, составляя в различные годы от 21,9 до 83,2 % общей численности и 93,0–95,6 % общей биомассы. Сезонная динамика численности и биомассы бентоса такова: максимум численности и биомассы в весенне-летний период, минимум — в осенне-зимний.

Среднегодовая средневзвешенная биомасса бентоса в 1980 г. составляла 517,53 г/м², в 1981 — 555,8, в 1983 г. — 287,5 [19, 106].

По видовому разнообразию и количественному развитию бентоса в лимане можно выделить две части — северную и южную, большую по размерам и глубоководную. В обеих частях серые илы с ракушкой занимают 2/3 площади дна, остальную площадь занимают пески и заиленная ракушка.

Южная часть богаче в фаунистическом отношении. Здесь встречено 95,5 % всех видов, отмеченных в лимане, наиболее полно представлены полихеты, олигохеты, моллюски, амфиподы. В северной части встречено лишь 60,2 %. Наиболее разнообразная фауна наблюдалась на заиленных в различной степени песках и заиленной ракушке южной части, наименее разнообразная — на серых илах северной части.

Осенью 1980 г. наиболее богатой в фаунистическом плане и по общим показателям численности и биомассы бентоса была южная часть, ее заиленные пески с примесью ракушки, где основу численности и биомассы составляли моллюски, амфиподы и баланусы. На илах с ракушкой в южной части доминировали хирономиды и моллюски. В 1980 г. в лимане зафиксирована максимальная разовая биомасса (4951,18 г/м²) общего бентоса на заиленном песке с ракушкой на глубине 2,5 м у с.Коблево в связи с массовым развитием там *Mytilaster lineatus*.

Таблица 41. Средние показатели численности (числитель, экз/м²) и биомассы (знаменатель, г/м²) донных беспозвоночных в различных частях Тилигульского лимана в 1980–1983 гг.

Группы	1980 г.		1981 г.		1983 г.	
	Северная	Южная	Северная	Южная	Северная	Южная
Полухеты	$\frac{530}{4,99}$	$\frac{295}{9,26}$	$\frac{987}{8,23}$	$\frac{715}{5,51}$	$\frac{423}{2,41}$	$\frac{983}{3,15}$
Олигохеты	$\frac{420}{0,06}$	$\frac{410}{0,10}$	$\frac{520}{0,12}$	$\frac{324}{0,08}$	$\frac{1449}{0,28}$	$\frac{889}{0,3}$
Моллюски	$\frac{670}{142,35}$	$\frac{1102}{612,79}$	$\frac{16242}{519,22}$	$\frac{11244}{538,34}$	$\frac{10092}{67,1}$	$\frac{7363}{385,87}$
Амфиподы	$\frac{80}{0,07}$	$\frac{789}{0,29}$	$\frac{1738}{3,32}$	$\frac{220}{0,21}$	$\frac{2619}{1,81}$	$\frac{1660}{1,23}$
Кумовые	—	$\frac{25}{0,01}$	$\frac{108}{0,26}$	$\frac{5}{0,003}$	$\frac{568}{0,21}$	$\frac{489}{0,18}$
Баланусы	$\frac{30}{0,05}$	$\frac{822}{19,03}$	$\frac{79}{1,35}$	$\frac{423}{8,82}$	—	$\frac{399}{9,54}$
Десятиногие	$\frac{40}{1,01}$	$\frac{82}{15,75}$	$\frac{41}{7,41}$	$\frac{191}{11,21}$	$\frac{6}{0,28}$	$\frac{31}{7,0}$
Изоподы	$\frac{100}{0,80}$	$\frac{10}{0,07}$	$\frac{1}{0,01}$	$\frac{6}{0,02}$	$\frac{9}{0,08}$	$\frac{34}{0,44}$
Хирономиды	$\frac{120}{0,07}$	$\frac{1624}{3,12}$	$\frac{44}{0,06}$	$\frac{260}{0,77}$	$\frac{81}{0,10}$	$\frac{556}{2,42}$
Прочие	$\frac{580}{0,41}$	$\frac{61}{0,08}$	$\frac{4}{0,03}$	$\frac{5}{0,023}$	$\frac{3}{0,001}$	$\frac{9}{0,02}$
Итого	$\frac{2570}{149,81}$	$\frac{5220}{660,5}$	$\frac{19764}{539,8}$	$\frac{13393}{565,0}$	$\frac{15260}{72,28}$	$\frac{12413}{410,1}$

В 1981 г. бентос был многочисленнее в северной части, а биомасса была примерно одинакова (табл. 41). В северной части на различных грунтах существенных различий в численности бентоса не было, биомасса была чуть больше на заиленных песках с ракушей. На серых илах с ракушей основу численности составляли моллюски, а на заиленных песках с ракушей наряду с ними очень многочисленны были амфиподы, полихеты, кумовые и олигохеты. В южной части чистота и чистота общего бентоса преобладала на заиленных песках с ракушей, а биомасса — на серых илах с ракушей.

Определяющей группой в обеих частях на всех типах грунтов были моллюски. Максимальная разовая численность (93620 экз/м², бентоса в лимане зафиксирована в 1981 г. на сером иле с ракушей на глубине 3,5 м весной в центре лимана у с. Калиновка за счет массового развития там моллюсков семейства Hydrobiidae.

В 1983 г. общая численность бентоса была примерно одинакова в обеих частях лимана, биомасса резко различалась. В южной части она составляла 410,1 г/м², в северной — 72,28, т.е. была почти в 6 раз меньше.

де, чем в 1981 г. Начиная с зимы наблюдается резкое различие в биомассе между северной и южной частями (в северной части зимой в 18 раз меньше, весной — в 5,9, летом — в 1,9, осенью — в 2,9). В южной части биомасса бентоса по сравнению с таковой в 1981 г. снизилась лишь в 1,6 раза, тогда как в северной в 14,9 раз, хотя численность в южной части осталась примерно на том же уровне, а в северной снизилась на 37,2 %. Резко снизились численность и биомасса крупных моллюсков в северной части за счет исчезновения там *Mytilaster lineatus*, уменьшения численности и биомассы *Abra ovata* (численность снизилась в 4,4 раза, биомасса — в 7,3), а также *Cerastoderma clodiense* (численность уменьшилась в 1,5 раза, а биомасса — в 10,1).

Анализируя развитие бентоса на различных грунтах в разные сезоны 1983 г. в различных районах, пришли к выводу, что в обеих частях лимана бентос наиболее многочислен на заиленных песках и заиленной ракушке (28139–38056 экз/м²) с биомассой 484,04–131,49 г/м². В сезонном аспекте численность общего бентоса в обеих частях была максимальна летом, биомасса — весной.

На основании изложенного можно сделать вывод, что количественные показатели распространения бентоса в той или иной части зависят от развития моллюсков, численность которых определяется представителями семейства Hydrobiidae, биомасса — *Cerastoderma clodiense*, *Mytilaster lineatus*, *Abra ovata* и др. Остановимся кратко на характеристике каждой фаунистической группы.

Полихеты являются одной из широко распространенных групп, частота встречаемости которых колеблется от 80 до 90 % в различные годы. В общей биомассе бентоса их доля незначительна (лишь 1 % общей биомассы). В кормовом бентосе удельный вес возрастает и они составляют 2,5–3,0 %.

Полихеты в лимане представлены 8 видами, все они морские и в основном виды широкого распространения. Наиболее разнообразный таксономический состав полихет отмечен на чистом и заиленном песке, примыкающим непосредственно к пересыпи. Только здесь отмечены *Fabricia sabella*, *Capitella capitata*, *Grubia limbata*. На илах и илах с ракушкой южной части встречаются *Nereis succinea*, *N. diversicolor*, *Polydora limicola*, *Capitomastus minimus* и *Spio filicornis*. В северной части на илах и заиленных песках отмечены только 3 вида полихет: *N. succinea*, *N. diversicolor*, *Polydora limicola*.

Средняя численность полихет в лимане колебалась от 361 до 814 экз/м², биомасса — 2,88–8,07 г/м². Осенью 1980 г. численность полихет была большей в северной части, биомасса — в южной части (в 1,9 раза). В 1981 г. численность в обеих частях также была примерно на одном уровне, а биомасса наоборот, была больше в северной части (в 1,5 раза). В 1983 г. полихеты были более многочисленны (в 2,3 раза) и биомасса больше (в 1,3 раза) в южной части по сравнению с северной.

Отсюда можно сделать вывод, что полихеты примерно равномерно распределены по лиману и существенных различий в количественных показателях между частями нет.

Наиболее широко распространенными и доминирующими видами среди полихет были *N.succinea* и *N.diversicolor*. Осенью 1980 и 1981 гг. доминировал по частоте встречаемости *N.succinea*, а в 1983 г. — *N.diversicolor*. По численности в 1980 и 1983 гг. преобладал *N.succinea*, в 1981 г. — *N.diversicolor*. По биомассе во все годы доминировал *N.diversicolor*. Практически эти два вида как бы разделили лиман между собой: в южной части, более осолоненной, доминировал *N.succinea*, в северной, менее осолоненной — *N.diversicolor*, что объясняется различной степенью их галофилии.

Олигохеты также широко распространены в лимане и их частота встречаемости в различные годы колебалась от 76 до 90 %. В общей биомассе бентоса они играют незначительную роль. Представлены олигохеты 8 видами. Наиболее часто встречаются *Paranais litoralis*, *P.simplex*, *Tubifex costatus* и *Tubificidae* sp. N 1. *Tubifex costatus* и *Paranais litoralis* являются широко распространенными видами, а два других (*P.simplex* и *Tubificidae* sp. N 1) — солоноватоводными азово-черноморскими эндемиками. Средняя численность олигохет в лимане колебалась в пределах 395-1092 экз/м² биомасса — от 0,09 до 0,029 г/м². Наиболее многочисленны олигохеты были в 1983 г.

Осенью 1980 г. олигохеты были примерно одинаково представлены в обеих частях лимана, в 1981, 1983 гг. более многочисленны в северной.

Наибольшие показатели численности и биомассы олигохет во все годы исследований отмечены на сильно заиленных песках, заиленной ракушке и серых илах; на чистом и слегка заиленном песке они были в меньших количествах.

В южной части в 1981 г. олигохеты были одинаково развиты на различных типах грунтов, в 1983- г. были более многочисленны на серых илах. В северной части в 1981 и 1983 гг. были более многочисленны на заиленных песках с ракушей.

Максимум численности и биомассы олигохет наблюдался в зимне-весенний период, снижение — к лету и осени.

Амфиподы в Тилигульском лимане представлены 11 видами (*C.orientalis*, *C.bonelli*, *Microdeutopus gryllotalpa*, *Microprotopus minutus*, *Dexaminea spinosa*, *Ampelisca diadema*, *Gammarus aequicaudatus* и др.). В основном это средиземноморские иммигранты. Их средняя численность в годы исследований колебалась от 590 до 2012 экз/м², биомасса — от 0,23 до 1,44 г/м². Наиболее многочисленны они были в 1983 г.

В общей биомассе бентоса их доля незначительна. В сезонной динамике численности и биомассы наблюдалась следующая зависимость: максимум численности — летом, минимум — в зимне-весеннее время.

Наиболее многочисленны амфиподы в северной части, где предпочитают заиленные пески с ракушей. Существенную роль среди них играют корифиды, представленные двумя видами, где *C.orientalis* доминирует (за исключением 1980 г., когда доминировал *C.bonelli*).

Из других ракообразных наиболее широкое распространение имели кумовые, представленные одним видом *Ipliinoe maeotica*. Этот вид наиболее часто встречался на чистом и заиленном пг "е в южной части, хотя отмечен во всех частях. На илах кумовых рачков нет. Численность рачков возрастала от 38 в 1980 г. до 518 экз/м² — в 1983 г. *I.maeotica* наиболее многочислен осенью, наименее — летом. Предпочитает пески на глубине 2,5 м, оптимальные глубины 1-1,5 м. Ареал распространения этого вида в лимане ограничен песчаной полосой. Максимальные разовая численность (6240 экз/м²) и биомасса (3,32 г/м²) отмечены весной 1983 г. на глубине 2,5 м.

Из изопод встречены 2 вида. Наиболее широкое распространение имел *Idotea baltica basteri*, который отмечен во всех частях на всех типах грунтов, но предпочтение отдавал южной части и заиленному песку. Численность этого вида колебалась в пределах 5-27 экз/м². В сезонной динамике просматривалась следующая закономерность: максимум численности летом, минимум — осенью. Максимальные разовая численность (560 экз/м²) и биомасса (4,34 г/м²) зафиксированы в приплотином участке на песке летом 1983 г. на глубине 2,2 м.

Усоногие раки, представленные одним видом — *Balanus improvisus*, широко распространены в лимане. Их частота встречаемости колебалась от 21,6 до 50%. Наиболее многочисленны баланусы были осенью 1980 г. Их численность составила 600 экз/м², биомасса — 13,72 г/м². Они предпочитают южную часть лимана, ее пески с ракушей. Максимальные разовая численность (12440 экз/м²) и биомасса (217,56 г/м²) зафиксированы весной 1983 г. на заиленной ракушке южной части на глубине 4,5 м.

Из декапод в лимане отмечены 3 вида: *Palaeomon elegans*, *P.adspersus* и голландский крабик *Rhithropanopeus harrisi fridentana*. Последний широко распространен: встречается в обеих частях лимана на всех типах грунтов.

Личинки хирономид представлены 11 видами, относящимися к 3 Подсемействам: *Chironominae*, *Orthocladinae*, *Tanytoidinae*. Они отмечены во всех частях лимана на всех типах грунтов. Частота встречаемости колебалась от 50 до 67 %. Наиболее многочисленны хирономиды были осенью 1980 г. Их доля в общей биомассе бентоса незначительна. Преимущественное развитие они получают в южной части, где предпочитают серые илы с примесью ракушки. Наиболее широко распространены среди хирономид *Chironomus f.l. salinarum*, *Ch. f. l. halophilus* и *Orthocladus*.

Моллюски — одна из основных групп бентоса Тилигульского лимана. Их частота встречаемости колебалась от 90,0 до 94,0 %. Они являются доминирующей группой в лимане по численности и биомассе,

составляя 93—95 % общей биомассы бентоса. Представлены 17 видами. Это морские средиземноморские иммигранты. Наибольшего видового (10) разнообразия достигают моллюски семейства Hydrobiidae. Наибольшая численность и биомасса моллюсков наблюдались в весенне-летний период.

В 1980, 1983 гг. моллюски наиболее многочисленны в южной части, в 1981 г. — в северной. Они отмечены в лимане на различных типах грунтов, но предпочитают заиленные пески с ракушей.

Из крупных моллюсков наиболее широкое распространение получили *Mytilaster lineatus*, *Abra ovata* и *Cerastoderma clodiense*. В 1980 г. был наиболее многочислен (1166 экз/м²) и часто (60%) встречался *Mytilaster lineatus*, в 1981 г. его численность снизилась до 269 экз/м², а в 1983 г. составляла уже 149 экз/м². По биомассе это доминирующий вид: в 1980 г. он составлял 77,7 %, в 1981 г. — 25,4, в 1983 — 51,8 % общей биомассы бентоса. В сезонной динамике четкой зависимости установить не удалось. Этот вид сосредоточен в основном в южной части и лишь изредка встречается в северной. Максимальная численность (3220 экз/м²) и биомасса (1689,4 г/м²) наблюдались осенью 1980 г. на заиленном песке с ракушей в приморской части. В 1981 г. индивидуальная масса моллюсков *Mytilaster lineatus* была равна 0,49 г, в 1983 г. она была больше и составляла 1,02 г, причем, масса моллюсков была одинакова во все сезоны в 1981 и 1983 гг. *Abra ovata* широко распространена в лимане, ее численность составляла 38 экз/м² осенью 1980 г., а в 1981 — 680 экз/м². Вид примерно равномерно распределен по лиману, но наибольшие показатели численности отмечены в северной части. Он встречался на всех типах грунтов с незначительным преобладанием на илистых. Максимальная разовая численность (5060 экз/м²) и биомасса (293,6 г/м²) отмечены осенью 1981 г. на сером иле с ракушей на глубине 2,5 м.

Cerastoderma clodiense более эвригалинный вид, чем *Mytilaster lineatus*, отмечен во всех частях лимана. Численность его колебалась от 126 до 506 экз/м², а биомасса — от 90,95 до 182,65 г/м². В 1983 г. эти показатели значительно снизились по сравнению с 1981 г. Вид был наиболее многочислен в весеннее время 1981 г., затем численность его снижалась от сезона к сезону, от года к году и минимальна была осенью 1983 г. Средняя индивидуальная масса моллюсков во все годы исследований увеличилась от весны к осени. Вид более распространен в северной части. Отмечен на всех типах грунтов, но предпочитает илистые с примесью ракушки на глубине 0,6—14 м.

Моллюски семейства Hydrobiidae широко распространены в обеих частях лимана на разных типах грунтов, но предпочитают серые илы и заиленные пески. Особенно многочисленны они были в 1981 г., в 1983 г. их численность снизилась. Наиболее распространенными из них в 1983 г. были *Hydrobia salinasi*, *Samisalsa moitessieri*, *H. aciculina*, *H. procerulla paladilphe*. Наиболее многочисленны *H. aciculina* и *H. sali-*

лялі [11]. Четкой закономерности в сезонной изменчивости установить не удалось.

Анализ развития моллюсков показал, что условия для существования их в 1983 г. ухудшились по сравнению с 1981 г., наблюдалось снижение численности и биомассы всех видов моллюсков.

Сравнивая развитие бентоса в 1980–1983 гг. с данными исследований С.Б.Гринбарта [42] (1947–1952), установили, что разница в фаунистическом плане между северной и южной частями стала менее резкой. Увеличилась численность nereid, олигохет и амфипод. Изменился видовой состав моллюсков. *Hymanis colorata*, когда-то широко распространенный в лимане, исчез. Увеличилась численность *Cerastoderma clodiense*, *Mytilaster lineatus*, *Abra ovata* и *Gastropoda*, а также голландского крабика. Изменился видовой состав личинок хирономид, уменьшилась их численность.

Из изложенного выше можно сделать вывод, что по сравнению с 1947–1952 гг. фауна Тилигульского лимана стала более морской, практически выпали понтокаспийские виды и уменьшилась численность пресноводных. Повысилась общая биомасса бентоса за счет увеличения численности моллюсков. В связи с различными условиями обитания бентоса в лимане формировались различные биоценозы.

В 1980 г. в приплотинном участке доминировал биоценоз *Mytilaster lineatus* + *Rhithropanopeus harrisi fridentata*, в северной и центральной частях – *Cerastoderma clodiense* + *Nereis diversicolor*.

Анализируя развитие биоценозов в 1981 г., отметим, что основным биоценозом во все сезоны был *Cerastoderma clodiense* в различных вариантах, сосредоточенный в основном на серых илах с ракушкой центральной части, занимающий большие площади и определяющий основные запасы бентоса. Церастодермовый биоценоз обусловил высокую биомассу бентоса и обеспечил большие кормовые запасы. Поэтому условно в 1981 г. мы называли лиман "церастодермовым". В приплотинном участке также доминировал биоценоз *Mytilaster*. В 1983 г., по-видимому, условия на илах центральной части ухудшились, особенно летом, стабильные биоценозы распались и отмечались только на мелководьях, превратившись из церастодермовых в гидробиумные.

Сравнение биоценозов 1980–1983 гг. в Тилигульском лимане с биоценозами, наблюдаемыми С.Б.Гринбартом в 1947–1952 гг., показало, что биоценоз *Monodacna colorata* + *Cardium* исчез, на его месте преимущественное развитие получил биоценоз *Cerastoderma* в различных вариантах.

Биоценоз серого ила остался почти таким же, с руководящими формами *Hydrobiidae*, *Abra ovata* и *Mytilaster lineatus*. Увеличились качественная и количественная характеристики.

Хаджибейский лиман. В Хаджибейском лимане встречено 36 видов и форм донных беспозвоночных. По экологическому составу фауна гетерогалинна и состоит из морских (47,0 %), солоноватоводных (26,5%)

и пресноводных (26,5 %) видов. Морская фауна составляет чуть меньше половины, что почти вдвое ниже, чем наблюдал С.Б.Гринбарт [40, 45] в 1946-1947 гг., когда морские виды составляли 80-90 %.

По зоогеографическому составу фауна также разнородна и состоит из видов широкого распространения (23,5 %), средиземноморско-атлантическо-бореальных (44,1 %), палеарктических (14,7 %), арало-азово-черноморских, средиземно-черноморских и черноморских эндемиков (11,8%).

Понтокаспийские *Hypaniola kowalewskii* и *Shizorhynchus scabriusculus* были встречены единственный раз по 1 экземпляру. Наблюдаемый в лужах в районе Холодной балки среди водной растительности на песчаном грунте близ района заплеска *Dikeiogammarus haemobaphes* в значительных количествах в лимане не был обнаружен.

Несмотря на относительно большое количество видов и форм, отмеченных в Хаджибейском лимане, только 17 из них являются постоянными обитателями лимана: *Nereis diversicolor*, *N. succinea*, *Paranais litici*, *P. simplex*, *Tubificidae* sp. N 1, *Rnithropanopeus hanisi tridentata*, *Balanus improvisus*, *Chironomus* f. l. *halophilus*, *Pi* l. 1. *salinarius*, *Cryptotendipes nigronitens*, *Procladius*, *Tanytargui zemovi*, *Hidrobia salinasii*, *Nasiculii*, *N. acuta*, *Abra ovata*, *Mytilastei lineatus*. Остальные виды встречены в единичных экземплярах.

Наиболее разнообразны в видовом отношении моллюски и хирономиды (9 и 8 видов соответственно), им немного уступают олигохеты (7 видов). Остальные группы организмов представлены незначительным количеством видов. Наиболее часто встречаемой и многочисленной группой во все годы исследований и сезоны наблюдений были хирономиды. По численности они составляли от 87 до 66 % общей численности бентоса соответственно году исследований.

По биомассе в 1980 и 1981 г. доминировали моллюски и баланусы, в 1983 баланусы и хирономиды. Сезонная динамика численности и биомассы общего бентоса такова: максимум численности и биомассы отмечались в осенне-весенний период, минимум — в летний.

Средневзвешенная биомасса бентоса в лимане в 1980 г. составляла 27,6 г/м² в 1981 — 64,38, в 1983 — 19,39 г/м². Наиболее благоприятные условия для развития бентоса наблюдались в 1981 г.

По распределению бентоса лиман удобно разделить на 2 части: северную и южную. Северная — мелководная, дно покрыто в основном серыми илами, составляющими 69,4 % общей площади. Южная — более глубоководная, занимает большую площадь, чем северная, и илы составляют уже 82,2 % всей южной части. Представлены они в основном черными илами с запахом сероводорода.

И каждой часе выделено по 2 участка в зависимости от характера грунтов: илы глинистые и песчаные, заиленные пески и заиленная ракушка. В дальнейшем будем характеризовать каждый участок отдельно.

Таблица 42. Средние показатели численности (числитель, экз/м²) и биомассы (знаменатель, экз/м²) основных групп донных беспозвоночных в различных частях Хаджибейского лимана в 1980–1983 гг.

Группа	1980 г.		1981 г.		1983 г.	
	Южная	Северная	Южная	Северная	Южная	Северная
Полихеты	$\frac{236}{4,76}$	$\frac{375}{4,56}$	$\frac{197}{2,86}$	$\frac{108}{2,29}$	$\frac{33}{0,14}$	$\frac{71}{1,53}$
Олигохеты	$\frac{1944}{0,22}$	$\frac{937}{0,10}$	$\frac{559}{0,13}$	$\frac{70}{0,02}$	$\frac{1221}{0,18}$	$\frac{1299}{0,17}$
Моллюски	—	$\frac{55}{17,01}$	$\frac{232}{29,4}$	$\frac{94}{15,09}$	—	$\frac{7}{0,21}$
Амфиподы	$\frac{32}{0,08}$	$\frac{46}{0,09}$	$\frac{93}{0,47}$	$\frac{73}{0,44}$	$\frac{4}{0,01}$	$\frac{5}{0,01}$
Усложные	—	$\frac{46}{14,19}$	$\frac{36}{16,6}$	$\frac{300}{41,13}$	$\frac{4}{1,57}$	$\frac{97}{21,97}$
Хиროномиды	$\frac{34572}{11,36}$	$\frac{4401}{4,80}$	$\frac{4261}{11,25}$	$\frac{11771}{16,82}$	$\frac{1705}{6,86}$	$\frac{3536}{4,28}$
Прочие	$\frac{4}{0,01}$	$\frac{2}{0,002}$	$\frac{2}{0,04}$	$\frac{1}{0,28}$	$\frac{15}{1,46}$	$\frac{21}{4,34}$
Итого	$\frac{36788}{16,42}$	$\frac{5862}{40,75}$	$\frac{5380}{60,75}$	$\frac{12414}{75,87}$	$\frac{2982}{10,22}$	$\frac{5036}{32,52}$

Развитие бентоса по годам очень варьирует что, по-видимому, обусловлено в основном различной величиной стока с водосбора. Осенью 1980 г. донная фауна в фаунистическом плане и по биомассе наиболее богата была на заиленных песках и ракушке в северной части, хотя общая плотность беспозвоночных больше на илах южной части за счет массового развития личинок хиროномид.

На заиленных песках и заиленной ракушке северной части отмечены все группы беспозвоночных, тогда как на илах наблюдались лишь хиროномиды. В южной части на илах, кроме хиროномид, отмечались олигохеты, полихеты и ракообразные. Общая численность беспозвоночных на илах в южной части составляла 36 788 экз/м², в северной — 4080.

В 1981 г. в фаунистическом плане также наиболее богатой была северная часть, где отмечены большие показатели численности и биомассы бентоса по сравнению с южной (табл. 42). Здесь максимальные показатели численности бентоса были отмечены на илах, где основу составляли хиროномиды, максимальные показатели биомассы — на заиленных песках и заиленной ракушке. На заиленных песках и ракушке вся донная фауна, за исключением хирономид, богаче количественно и качественно.

На илах южной части обитают те же группы организмов, что и на илах северной. Хиროномиды здесь также доминируют и составляют 87,2 % общей биомассы бентоса, тогда как на заиленных песках и ракушке они составляют всего 1,6 %. На заиленных песках и заиленной ракушке

ше развивался бентос с большой биомассой, в отличие от аналогичных грунтов северной части, за счет более интенсивного развития моллюсков, которые составляли 59,4 % общей биомассы бентоса.

В 1983 г. более многочислен и богат был бентос в северной части, где развивались все группы организмов. В южной части бентос практически был представлен только хирономидами, олигохетами и полихетами в основном на заиленных песках и заиленной ракушке. Самые низкие показатели численности и биомассы бентоса отмечались летом во всех частях лимана. К осени в северной части показатели численности и биомассы бентоса несколько возросли, а в южной — уменьшились. Осенью бентос южной части практически был представлен лишь 2 группами организмов: хирономидами и олигохетами; полихеты были в минимуме, а ракообразные не встречались вовсе.

Анализируя развитие бентоса в различных частях, видим, что фаунистически наиболее богата северная часть, ее заиленные пески и ракушка, но количественное развитие варьирует по годам. Наибольшие показатели биомассы бентоса отмечаются в северной части, однако четкой разницы в количественных показателях бентоса между южной и северной частями не установлено (см. табл. 42).

Основные количественные показатели бентоса в той или иной части определяются хирономидами как основной группой в лимане, развитие которой зависит от гидрологического и гидрохимического режимов водоема. Хирономиды предпочитают илы, их больше в южной части, но гидрологические и гидрохимические условия там не всегда благоприятны для их развития.

Проанализировав развитие бентоса в лимане в целом в различные годы, установили, что для развития бентоса условия неоднородны и не всегда благоприятны. Так, в 1983 г. в лимане отмечено лишь 17 видов и форм донных беспозвоночных. В количественных дночерпательных пробах не было моллюсков, а те, которые встречались в тралловых пробах, находились в угнетенном состоянии, створки их раковин рассыпались от легкого прикосновения. Резко снизилась по сравнению с 1981-г. численность амфипод (в 35 раз), баланусов (в 6), полихет (в 5), хирономид (в 2,5 раза) и возросла лишь численность олигохет (в 3,5 раза), а осенью 1983 г. в зоне поступления сточных вод бентос не встречался вовсе. Все это говорит о заморе в лимане.

В летнее время в 1983 г. условия для существования бентоса ухудшились по сравнению с зимой и весной за счет интенсивного развития водорослей. Исчезли все амфиподы, резко снизилась численность полихет, олигохет, баланусов, декапод, лишь хирономиды остались примерно на том же уровне. К осени обстановка в северной части несколько улучшилась, а в южной — ухудшилась.

Остановимся кратко на развитии каждой фаунистической группы в отдельности.

По частоте встречаемости полихеты в лимане занимают 2–3-е мес-

го, уступая хирономидам и иногда олигохетам. В 1980–1983 гг. фауна полихет была представлена двумя средиземноморскими видами: *Nereis virens* и *N. diversicolor*. Наиболее многочисленны они были осенью 1980 г. На их долю в общей биомассе бентоса в 1980 г. приходилось 14,2 %, в 1981 – 3,5, в 1983 – 3,8 %. За годы исследований полихеты были отмечены в обеих частях, с преобладанием то в северной (в 1980), то в южной (в 1981); в 1983 г. были распределены равномерно. Они встречались на всех типах грунтов, предпочитая заиленную в различной степени ракушу и глины, избегая черных илов с запахом сероводорода. Максимальные разовая численность (3840 экз/м²) и биомасса (33,5 г/м²) *N. virens* наблюдались осенью 1980 г., в последующие годы подобные величины отмечены не были. В 1980–1981 гг. в пробах преобладал *N. virens*, а в 1983 г. его численность снизилась в 25 раз по сравнению с 1980 и в 12 раз по сравнению с 1981 г. Полихета *N. diversicolor* во все годы исследований развивалась примерно одинаково, но в небольшом количестве (30–70 экз/м²).

Анализируя количественную изменчивость полихет по годам исследований, отметим, что наиболее многочисленны они были осенью 1980 г., затем их количество неизменно снижалось: в 1981 г. их уже в среднем было в 1,5 раза меньше, а в 1983 г. – в 10 раз. Это свидетельствует о резком ухудшении условий обитания их в 1983 г.

Олигохеты – довольно распространенная группа организмов в лимане. Встречались они во всех частях лимана, на всех глубинах, на всех типах грунтов, избегая лишь черных илов. Наиболее многочисленны они были осенью 1980 г., в 1981 г. их численность в лимане была невелика [11, 14]. В 1983 г. плотность олигохет по сравнению с 1981 г. была больше зимой, а к весне и особенно к лету их численность резко снизилась и возросла лишь к осени. Среднегодовая численность олигохет в 1983 г. была меньше осенней 1980 г.

Численность олигохет в различных частях колебалась от 115 до 347 экз/м². В общей биомассе бентоса они играют незначительную роль, составляя десятые и сотые доли грамма на 1 м². Олигохеты представлены 6 видами и формами, из которых наиболее широкое распространение получили лишь 3 вида: *Paranais simplex*, *P. litoralis* и *Tubificoides* sp. N 1. В 1980–1981 гг. доминировал *Tubificoides* sp. N 1, в 1983 – *Paranais simplex*.

Распространения и состав моллюсков в Хаджибейском лимане заслуживают особого внимания. За годы исследований встречались следующие виды: *Mytilaster lineatus*, *Cerastoderma clodiense*, *Abra ovata*, *Hydrobia aciculina*, *Nacuta*, *N. salinasi*, *N. procerula paladilphe*, *Samisals antessleri* и *Lymnaea psilia*. Так как развитие моллюсков в различные годы очень различалось, охарактеризуем каждый год в отдельности.

Осенью 1980 г. моллюски были встречены лишь в северной части лимана на песке и ракуше. Были отмечены средиземноморские *Cerastoderma*

toderma clodiense, *Abra ovata*. В 1980 г. моллюски составляли 37,8 % г щей биомассы бентоса и были доминирующей группой в лимане.

В 1981 г. фауна была представлена теми же видами моллюсков. Они были широко распространены в лимане и встречались на всех типах грунтов на глубине 1–9 м. Численность моллюсков в разные сезоны в различных частях колебалась в широких пределах (см. табл. 42). В 1981 г. они доминировали по биомассе, составляя 38,5 % общей биомассы бентоса. Максимальные разовые численность моллюсков в 1981 г. (4740 экз/м²) и биомасса (454,4 г/м²) были отмечены на заиленной ракушке весной на глубине 2,2 м. Доминирующим видом по численности и биомассе был *Mytilaster lineatus*. Этот моллюск отмечался в обеих частях лимана на всех грунтах, за исключением черных илов, на глубине 1,4–9 м. *Cerastoderma clodiense* также был распространен по всему лиману, но его встречаемость и численность были невелики (3–12 экз/м²), предпочтение отдавал южной части. *Abra ovata* встречалась также в течение всего года во всех частях лимана, в северной была более многочисленна, и численность ее увеличивалась от весны к осени. Моллюски семейства *Hydrobiidae* примерно равномерно были распространены по всему лиману на всех типах грунтов, за исключением черных илов, во все сезоны года.

В 1983 г. количество моллюсков было минимальным, отмечались они лишь в северной части (см. табл. 42).

Усоногие раки, представленные одним видом — *Balanus improvisus*, в 1980 г. были отмечены лишь в северной части на заиленном песке. В 1981 г. они встречались во всех частях лимана на глубинах 1,6–6,0 м на заиленных песках и илах с ракушкой, уссивая битую ракушку, шибенку. На глубоких илах не встречались, плотность их поселений в среднем колебалась в различные сезоны в пределах 3–91 экз/м² биомасса 3,22–77,37 г/м. Средние показатели численности и биомассы баланусов значительно возросли к осени, они были более многочисленны в северной части. В 1983 г. плотность и биомасса их снизились по сравнению с 1981 г.

Амфиподы в 1980 г. были представлены лишь одним видом *Gammarus asquicauda*. Они встречались во всех частях лимана, но предпочтение отдавали заиленным пескам и заиленной ракушке северной части.

В 1981 г. амфиподы были представлены также одним этим видом и отмечались во всех частях лимана на заиленном песке и сером иле с ракушкой. Глубины обитания 1,6–6,0 м. В дночерпательных пробах они были немногочисленны.

В 1983 г. ракообразные были в минимальных количествах, но видовое разнообразие их было больше: кроме *Gammarus asquicauda*, отмечены *Iphinoe macrotica*, *Corophium orientalis* и *C. bonelli*. Ракообразные встречались в основном в северной части зимой и весной, летом и осенью они в пробах не встречались.

Декаподы в Хаджибейском лимане представлены двумя видами:

Rhithropanopeus harrisi tridentata и *Palaeomon elegans*. В 1980 г. они в пробах не обнаружены.

В 1981 г. декаподы также были немногочисленны и отмечены только осенью в обеих частях на всех типах грунтов, но предпочитали заиленные пески и илы с ракушей.

В 1983 г. голландский крабик был более многочислен, чем в предыдущие годы, и отмечен в обеих частях лимана во все сезоны, но доминировал в зимне-весеннее время, в летне-осенний период количество его резко уменьшилось. Максимальные численность (240 экз/м^2) и биомасса (2068 г/м^2) этого вида наблюдались весной в южной части на заиленной ракушке на глубине 3 м.

Хирономиды являются доминирующей группой в Хаджибейском лимане. Они встречались во все сезоны года практически на всех станциях, на всех типах грунтов и на всех глубинах. К общей численности донных беспозвоночных они в 1980 г. составляли 86,9 %, в 1981 — 84,4, в 1983 — 66,3 %, а к общей биомассе соответственно 15,8, 10,1 и 23,4 %. Как видим, в отдельные годы они играют существенную роль в общей биомассе бентоса, а среди "мягкого" — доминирующую.

Хирономиды представлены 8 видами, но доминирующее положение среди них во все годы исследований по частоте встречаемости занимал *Chironomus f. l. salinarum*, по численности — *Tanytarsus zernovi*, по биомассе — в 1980—1981 гг. *Chironomus f. l. salinarum*, в 1983 г. — *Ch. f. l. halophilus*.

Сравнивая развитие донной фауны в Хаджибейском лимане в 1980—1983 гг. с последними данными С.Б.Гринбарта за 1960—1963 гг. [45, 49], видим, что фауна стала беднее, условия существования для морских видов ухудшились, уменьшилась общая биомасса бентоса. Благоприятные условия для развития здесь находят лишь хирономиды (виды, наиболее устойчивые к загрязнению).

Основными биоценозами в Хаджибейском лимане были *Chironomidae* и *Balanus* [105]. На серых и черных илах с глубины 3—4 м и глубже развивался биоценоз *Chironomidae*, где доминантным видом на более мелких и чистых участках является *Chironomus f. l. salinarum*, а на более глубоких и загрязненных — *Ch. f. l. halophilus*. На глубине 2—3 м на заиленном ракушке развивался биоценоз *Balanus*, где субдоминантными видами выступали поочередно *Mytilaster lineatus* и *Chironomus f. l. halophilus*. Границы биоценозов в течение года изменялись незначительно и определялись в основном характером грунта и глубиной.

В 1983 г. баланусовые биоценозы были утнетены и лиман был практически чисто "хирономидным", где доминирующим видом был *Chironomus f. l. halophilus*.

Увеличивающееся загрязнение лимана не способствует формированию стабильных биоценозов.

Комплекс донных грунтов как часть водоема и его экосистемы, несомненно, играет важную роль в процессах формирования качества воды и биопродуктивности. Она заключается не только в функционировании донных отложений как абиотической среды обитания бентического населения водоемов. Не менее существенное значение имеют донные отложения, особенно иловые, в качестве своеобразного регулятора процессов миграции вещества между дном и водными массами. Внутроструктурная трансформация веществ и соединений постоянно направлена на поддержание равновесия между твердой и жидкой фазами системы. Жидкая фаза донных отложений находится в постоянном контакте с водными массами. При этом если химический состав донных отложений реагирует на изменение в гидрохимическом режиме водоема, то их водно-физические свойства и гранулометрический состав отражают действие гидродинамических процессов. Поэтому не удивительно, что илы озер и морей нередко используются в качестве индикатора, слои которого могут дать сведения об истории водоема [114].

Исследования донных отложений причерноморских лиманов, в том числе Хаджибейского, Куяльницкого и Инлигульского, начались еще в дореволюционный период, но акцентировались на бальнеологических и солепромысловых проблемах. Сохраняется этот акцент и в исследованиях, проводившихся в послереволюционный и послевоенный периоды [16, 25, 61, 94, 145], но постепенно область исследований распространялась и на вопросы стратиграфии, геохимии, а также на экологическое значение данного субстрата [31, 44, 161]. Предпринимаются попытки использовать донные отложения в качестве индикатора времени образования лиманов [83, 139, 141, 158, 159]. Обобщение геологических и геохимических материалов по донным отложениям причерноморских лиманов проведено в коллективной монографии, вышедшей в 1984 г. [30]. Вместе с тем распределение донных отложений по площади дна, особенности их химического состава и водно-физических свойств, потенциальное взаимодействие с водными массами, взаимосвязи с биотой оставались из-за генных недостатков.

Детальные грунтовые съемки лиманов Причерноморья, выполненные в 1979 г., как и последующие исследования, проводившиеся лабораторией гидрологии Института гидробиологии АН УССР, существенно

пополнили сведения о донных отложениях Хаджибейского, Тилигульского и Березанского лиманов. Эти сведения состоят из результатов определения водно-физических свойств, данных детального, включая водорастворимые компоненты, анализа химического состава и картирования распределения отложений по площади дна. Образцы для анализа на лиманах отбирались без нарушения естественной структуры как из верхнего 10-20 см слоя, так и глубже, в пределах 1,0-1,5 м слоя. Подробное изложение методики анализа химического состава отложений приведено в [108]. При картировании распределения донных отложений по площади станции исследований намечались на разрезах, проведенных по береговым ориентирам, а положение станции на разрезе определялось по времени движения плавсредств. При этом предусматривалось равномерное перекрытие акватории сеткой станций съемки.

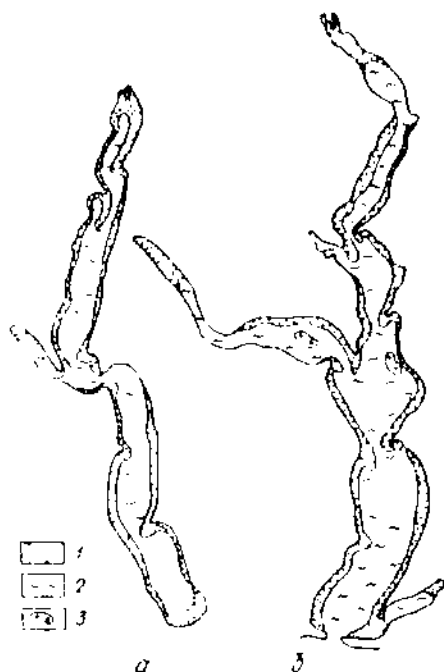


Рис. 24. Распределение донных отложений в Хаджибейском (а) и Березанском (б) лиманах

1 — чистые и тонкие пески, 2 — илы песчаные и глинистые, 3 — ракушечник

Образование лиманов путем затопления речных долин наложило отпечаток и на особенности процесса формирования донных отложений. Подпор речного русла привел к седиментации взвешенных наносов, которых в тот период поступало, вероятно, намного больше, поскольку многоводнее были впадающие реки. По мере подъема уровня и увеличения площади акватории лимана развивалась абразия берегов, состоящих преимущественно из непрочных лессовых пород. В зоне смешивания морских и пресных вод происходила хемотропная седиментация. До отделения от моря в Хаджибейском и Тилигульском лиманах могли аккумулироваться и морские взвеси. Несомненно, большую роль вносил склоновый смыл с прилегающего водосбора. Устье Березанского лимана расположено всего в 8 км от Днепровско-Бугского и в него поступали взвешенные наносы Днепра, что было особенно заметно в период до его зарегулирования. Дальнейшая судьба наносов различ-

ной крупности и генезиса определялась уже внутриводоемными процессами, восстановить ход которых сейчас невозможно.

В современных условиях преобладающая площадь дна лиманов занята илами: 77 % — в Хаджибейском, 64 — в Тилигульском и 69 — в Березанском. Песчаные отложения с большим количеством ракушечного детрита протянулись узкой полосой вдоль берегов, отступая от них в виде кос. Отдельными участками залегает ракушечник, на долю которого приходится 2–3 % площади дна. Лишь в верхней части обнаруживаются песчаные отложения речного генезиса (рис. 24). Сопоставление этих данных с результатами стратиграфических исследований [30] показало, что древние речные долины, в которых возникли лиманы, заполнены слоем донных отложений, преимущественно илов, со средней мощностью 9–10 м. Вследствие этого объем чаши Хаджибейского лимана в границах древних аллювиальных пород на 58 % заполнен илами, а 42 % приходится на водные массы. В Тилигульском лимане это соотношение составляет 65 и 35 %, в Березанском — 74 и 26.

Анализ морфометрических особенностей древних речных долин, прежде всего уклонов дна, вместе с данными о стратиграфии донных отложений позволяют, учитывая известные закономерности седиментации вещества, сделать некоторые заключения о темпах накопления донных отложений в лиманах и о времени образования их современных очертаний.

Формирование слоя илов на поверхности аллювиальных пород, слагающих долины, началось в конце плейстоцена, т.е. около 12 тыс. лет назад. Так как подпор морскими водами не мог возникнуть мгновенно, то седиментация илов началась прежде всего в устьевой части. Однако спустя 2–3 тыс. лет фаза регрессии привала к смыву части иловых отложений преимущественно в русловом участке и устойчивое ил накопление возобновилось 8–9 тыс. лет назад. Наконец, последняя трансгрессия, сохраняющаяся и в современный период, началась 2–3 тыс. лет назад и во время нее условия накопления илов оставались практически неизменными. Приведенная геохронология опирается на данные изотопных, геологических и фаунистических определений возраста различных слоев ила [30]. Исходя из нее, можно рассчитать средние темпы накопления иловых отложений в разные периоды существования лиманов. До начала последней трансгрессии они составляли (без учета регрессионных фаз) в устье Березанского лимана 1,8 мм/год, Тилигульского — 3,1, Хаджибейского — 2,2 мм/год. В период последней трансгрессии средние темпы илонакопления оказались заметно ниже: 1,4 мм/год в Березанском и Хаджибейском и 0,8 — в Тилигульском. Снижение темпов накопления хорошо согласуется с известной тенденцией спада абразионной активности во времени, а также уменьшением притока речных наносов под влиянием антропогенного фактора — безвозвратного водопотребления. Исходя из мощности слоя ила в верховьях и указанных темпов илонакопления, можно пред-

Таблица 43. Гранулометрический состав донных отложений различного типа, %

Лиман	Тип отложения	Фракция, мм					
		>0,25	0,25–0,10	0,10–0,01	0,01–0,005	<0,005	<0,01
Кажихайский	П+ПР	25,0	55,0	12,5	4,2	3,3	7,5
	ИП	5,0	48,0	30,0	3,0	14,0	17,0
	ИГ	1,0	3,0	45,0	23,0	27,0	50,0
Тилигульский	П+ПР	40,5	42,5	5,5	5,5	3,5	9,0
	ИП	5,0	48,0	30,0	3,0	14,0	17,0
	ИГ	3,0	22,0	45,0	9,0	21,0	30,0
Березанский	П+ПР	79,0	10,4	7,4	0,8	1,0	1,4
	ИП	10,0	48,0	21,0	3,0	8,0	11,0
	ИГ	3,0	1,1	33,9	14,0	39,0	53,0

Примечания. П+ПР – песок и ракушечный песок; ИП – ил песчанистый; ИГ – ил глинистый.

положить, что современные очертания лиманов существовали 300–600 лет назад.

Комплекс источников вещества, из которого формируются донные отложения лиманов, характеризуется общим качеством – преобладанием глинистых пород неогена с содержанием тонкодисперсных частиц 30 % и более. Гидродинамическая сортировка довольно четко распределяет частицы различной крупности по отложениям разных типов. Пелитовая фракция (частицы диаметром менее 0,01 мм) составляют лишь 3–5 % сухой массы песков, но более 30 % – в глинистых илах. Так как в периоды регрессий состав отложений пополнялся крупной фракцией, то гранулометрический состав существенно меняется по глубине слоя даже в однотипных отложениях [30]. Анализ верхнего слоя постоянной толщины 10–20 см (табл. 43) дает возможность сравнивать лиманы между собой. Наибольшее содержание пелитовой фракции отмечено в глинистых илах Березанского лимана, наименьшее – Тилигульского. В последнем большая длина разгона волн может обеспечить транспорт песчаных частиц в зону формирования илов. Таким образом, закрытость лиманов не является определяющим фактором формирования гранулометрического состава донных отложений. Анализ верхнего (2–4 см) слоя илов Тилигульского лимана, выполненный в 1987 г., показал, что до начала осенних штормов содержание пелитовой фракции в верхнем слое ила достигает 80–60 %.

Содержание пелитовых или глинистых (диаметром менее 0,001 мм) частиц в донных отложениях водоемов замедленного стока нередко используется в качестве показателя, с которым связано содержание органических веществ, в том числе органического углерода и гумуса. Такая зависимость получена и для изучаемых лиманов [30]. Возможность сорбирования тонкодисперсными минеральными частицами растворенных форм органических веществ не вызывает сомнения. Однако, по нашему мнению, существование такой зависимости обусловле-

но низкой (иногда меньше единицы) плотностью органических взвесей, в результате чего они седиментируют, независимо от геометрических размеров, на тех же участках водоема, где пелитовые и глинистые частицы. В этом случае анализ вещества донных отложений в их естественном состоянии обеспечивает в сущности установление зависимости части (количества органических частиц) от целого (суммы органических и тонкодисперсных минеральных частиц), что заметно уменьшает значимость таких данных для познания внутрискелетных связей.

Вместе с гранулометрическим составом варьируют и водно-физические свойства донных отложений, что хорошо прослеживается по двум основным показателям: влажности, измеряемой в процентах массы твердой фазы, и объемной массы скелета (табл. 44). В песках содержание поровых вод не превышает 1/3 массы твердой фазы вещества, но уже в илах песчанистых приравнивается к ней, а в глинистых — 1,5–2,5 раза превышает ее по массе. По мере углубления в слой ила растет его объемная масса скелета и снижается влажность. Обобщение данных об этой тенденции по всем лиманам Причерноморья позволило разработать эмпирическую зависимость, которая хорошо аппроксимируется частью кривой гиперболического тангенса:

$$\delta = \arctg h, \quad (1)$$

где h — мощность слоя ила, м.

Зависимость опирается на результаты исследований слоев ила мощностью 1,0–1,5 м. По данным геологических исследований, в более глубоких слоях ила встречаются аномально жидкие прослои, перемежающиеся с более плотными [30]. Как правило, эти аномалии связаны с колебаниями содержания органического вещества. Но их наличие свидетельствует о своеобразном "капсулировании" поровых вод в глубинных слоях, что затрудняет миграцию солей к поверхности раздела "дно — вода". В песках эффект уплотнения практически не прослеживается.

Таким образом, в процессе формирования донные отложения лиманов как бы поглощают вещества самого различного происхождения. При этом в состав илов поступают преимущественно тонкодисперсные частицы: минеральные, органические и хемотропные. В результате на дне возникает сложная физическая структура, которая существенно отличается от лессовых пород, являющихся основным источником осадкообразующего материала, но не похожа по физическим свойствам и на древние осадочные породы — глины. Верхний слой илов вообще является квазижидким образованием, естественная влажность которого почти на порядок выше, чем у лессовых пород и глин. В 4 раза выше и коэффициент пористости, причем на глубине 1,5 м превышение этих показателей остается значительным (табл. 45). Между тем если воспользоваться приведенными выше данными о темпах илообразования в лиманах, то слой в 1,5 м мог сформироваться за 100–1800 лет.

ю и этого срока недостаточно для существенного изменения физических свойств иловых отложений, в первую очередь степени их консолидации (уплотнения). Очевидно, для этого необходимы глубокие диагенетические преобразования, затрагивающие непосредственно само вещество отложений, в том числе его химический состав.

Своеобразен минералогический состав иловых отложений лиманов. Преобладание гидрослюд, как показано для Хаджибейского лимана [26], сочетается с наличием большого количества глинистых минералов смешанного монтмориллонито-гидрослюди-стого состава, 2- и 3-слойных [30]. В составе илов отмечены также каолинит и эпидиот. Из этого можно сделать вывод, что минеральная структура отложений давно уже прошла не только раннюю стадию диagenеза, при которой сохраняется преобладание монтмориллонита, но и глубоко вошла в следующую стадию этого процесса, когда наблюдается деградация гидрослюды.

Формирование химического состава донных отложений протекало более сложным путем. Материал, поступающий с речным стоком, обычно имеет достаточно длительный период взаимодействия с водой [53]. Кроме того у продуктов склонового смыва и размыва берегов, еще короче — у продуктов хемогенной седиментации. Так, изучение формы частиц илов в днепровских водохранилищах под электронным микроскопом [108] показало, что на участках дна с преимущественной седимен-

Таблица 44. Влажность (W, %) и объемная масса скелета (σ , г/см³) верхнего (0–5 см) слоя донных отложений лиманов

Тип отложения	Лиманы					
	Хаджибейский		Тилигульский		Березанский	
	W	σ	W	σ	W	σ
Песок	28	1,38	29	1,20	27	1,22
Песок ракушечный	40	1,10	39	1,09	32	0,90
Ил. песчаный	99	0,64	56	0,95	115	0,51
Ил глинистый	158	0,44	186	0,39	264	0,34

Таблица 45. Основные показатели физических свойств лессовых пород (I), лиманских илов (II) и глин палеогена (III)

Показатель	Тип грунта			
	I	II		III
		в слое 0–5 см	в слое 145–150 см	
Естественная влажность, %	24	203	105	24
Удельная масса, г/см ³	—	2,66	2,70	2,73
Объемная масса скелета, г/см ³	1,53	0,39	0,96	1,63
Коэффициент пористости	0,78	2,23	1,31	0,69

Примечание. Данные для I и III приведены по [13], для II — приняты значения, осредненные для трех лиманов по данным грунтовых съемок.

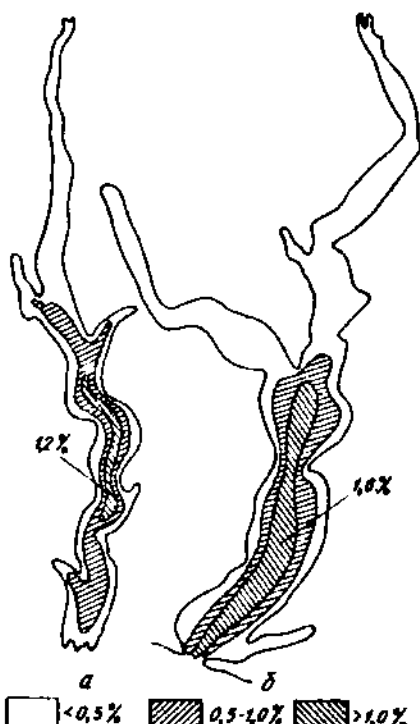


Рис. 25. Распределение содержания хлор-Иона по площади донных отложений Тилигульского (а) и Березанского (б) лиманов

тащей продуктов размыва берегов эти частицы имеют остроугольную форму, а органический детрит сохраняет мозаику поверхности. Консолидация в единой структуре минеральных, хемотропных и органических частиц, дополняемая присутствием воды в поровом пространстве, делает донные отложения конгломератом, способным активно обмениваться веществом и энергией с водными массами через границу раздела дно вода. Механизм этого обмена достаточно сложен, так как в него входит целый комплекс физических и химических процессов, Происходящих на границе раздела твердой и жидкой фаз. Не вдаваясь в детали этого механизма, обратимся к конечным результатам его действия, которые отражены в данных анализа химического состава отложений лиманов.

Химический состав донных отложений всех лиманов Северного Причерноморья

формировался при участии морских вод. В Березанском лимане влияние этих вод сохраняется, но в остальных оно заметно ослаблено. Тем не менее это влияние наложило отпечаток в виде комплекса солей морского генезиса, вошедших в состав поровых вод и в твердую фазу донных отложений. Для оценки содержания этих солей воспользуемся хлором как наиболее типичным компонентом комплекса. Наибольшая его концентрация отмечена в глинистых илах глубоководных участков, Так, в илах Хаджибейского лимана содержание хлор-иона в 3, а выше, чем в песках, а Березанского - в 10. В этом лимане зона илов с повышенным содержанием хлор-иона выклинивается в море, а в Тилигульском четко соответствует границам глубоководной средней части (рис. 25). Сходное распределение по дну лиманов обнаружено и для валового содержания натрия второго типичного компонента морских солей. Однако при анализе соотношения их в одних и тех же пробах выяснилось, что только в илах Березанского лимана количество натрия с

Таблица 46. Валовое содержание (% сухой массы) компонентов химического состава в донных отложениях лиманов Сиверного Причерноморья и Каховского водохранилища (I – пески, II – илы глинистые)

Компонент	Хаджибейский		Тилигульский		Березанский		Каховское водохранилище	
	I	II	I	II	I	II	I	II
SiO ₂	82,8	58,6	87,7	57,4	78,5	57,8	83,8	66,4
Al ₂ O ₃	3,80	9,17	2,06	9,07	1,54	8,97	4,42	9,22
Fe ₂ O ₃	0,55	2,32	0,34	2,26	0,14	2,24	0,72	2,48
FeO	1,16	1,37	2,04	1,69	2,06	2,16	1,62	1,80
CaO	4,23	9,58	3,10	9,75	8,70	9,45	2,48	4,08
MgO	0,62	1,77	0,36	1,64	0,50	1,60	0,58	1,81
Na ₂ O	0,81	1,26	0,56	1,56	0,37	1,28	0,45	0,53
K ₂ O	1,23	2,02	0,74	1,87	0,42	1,78	1,23	1,64
TiO ₂	0,39	0,60	0,28	0,47	0,21	0,43	0,46	0,57
ППП	4,14	12,6	2,58	13,8	7,28	13,7	3,80	11,1
С _{общ}	1,00	3,28	2,46	3,40	1,96	3,94	1,12	3,47
С _{орг}	0,14	1,34	0,94	1,51	0,66	2,30	0,70	2,44
С _{карб}	0,86	1,82	1,52	1,89	1,30	1,64	0,42	1,03
В _{общ}	0,08	0,32	0,07	0,32	0,09	0,62	0,06	0,15
В	0,02	0,21	0,02	0,27	0,07	0,51	0,01	0,04
HCO ₃ ⁻	0,07	0,12	0,08	0,11	0,09	0,13	0,08	0,12
Cl ⁻	0,12	0,34	0,12	0,71	0,06	0,62	0,01	0,01
P ₂ O ₅	0,09	0,26	0,05	0,18	0,07	0,19	0,08	0,20

избытком в 19 % эквивалентно количеству хлор-иона, в Тилигульском и Хаджибейском лиманах дефицит эквивалентности составляет соответственно 14 и 35%. Следовательно, если в донных отложениях Березанского лимана могут существовать и другие соли натрия (например, сернокислый натрий), то в остальных двух лиманах возможно существование других форм хлоридов (магния, кальция). Подобное различие можно объяснить специфичностью процессов метаморфизма в донных отложениях каждого из этих водоемов [30]. Для илов лиманов характерно повышенное (по сравнению с песками) содержание не только хлора и натрия, но и ряда других минеральных компонентов, исключая кремнезем, входящий в состав частиц песка (табл. 46). Во всех типах отложений лиманов обнаруживается примесь ракушечного детрита. В больших количествах (до 50 %), современный и реликтовый, он содержится в песках пляжей [26]. Дробление волнами, смыв и трансседиментация распространяют детрит по всей площади дна. Соответственно в илах лиманов содержание кальция оказалось в 2,3–3,5 раза выше, чем в пресноводных отложениях (см. табл. 46). Этот факт отчетливо выделяется на фоне близкого содержания в них магния. С влиянием морских вод связано и повышенное (в 1,1–1,2 раза) содержание калия. Расстановка щелочных металлов в ряды по их содержанию показала существенное расхождение между лиманными и пресноводными илами. Во первых, ряд имеет вид: Ca > K > Na > Mg, во вторых,

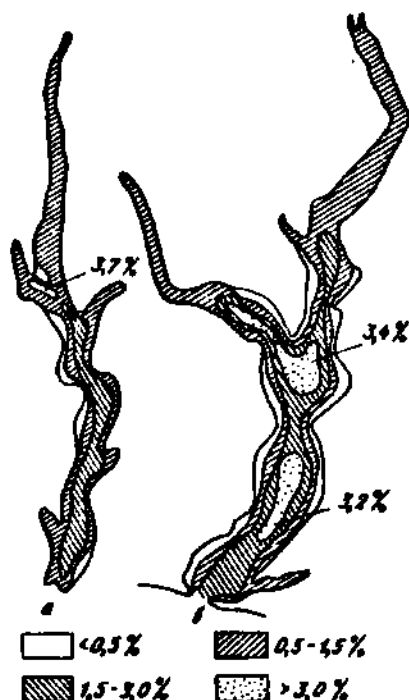


Рис. 26. Распределение содержания $C_{орг}$ (%) в донных отложениях Тылъ-гульского (а) и Березанского (б) лиманов

ды обитания гидробионтов является содержание органического вещества. В методическом отношении валовое содержание его, определяемое по органическому углероду ($C_{орг}$), всегда дает некоторое завышение. Это связано с тем, что в него включаются не только пищевые запасы, но и сами организмы. Тем не менее широкое использование органического углерода ($C_{орг}$) в качестве показателя продуктивности донных отложений дает основание применить его и в настоящей работе.

Осредненные содержания $C_{орг}$ по всей площади залегания илов выводит на первое место Березанский лиман (см. табл. 46). Однако в каждом из трех исследуемых водоемов существуют довольно заметные колебания этого показателя по участкам. В Хаджибейском лимане максимум (2,2 % сухой массы ила) обнаружен в южной части, причем практически все илы, залегающие в ней, содержат $C_{орг}$ от 2 % и более. Илы северной части (в этом лимане нерационально выделять среднюю акваториальную часть) значительно беднее органическим веществом

$Ca > Mg > K > Na$, т.е. в илах лимана магний смещен на последнее место. Это, несомненно, результат процесса метаморфизации, когда через поровые воды из донных отложений выводится сульфат магния, замещаясь хлоридом кальция [30]. Тем не менее основная часть кальция поступает с детритом раковин, т.е. является, в сущности, биогенной. Очевидно, в ходе такого процесса реализуется избыток хлор-иона, образованный поступлением морских вод и переходом части натрия в сульфатную форму. Приведенные гидрогеохимические подробности имеют значение прежде всего для оценки влияния донных отложений лиманов на биоту, поскольку многие виды донных организмов используют в своей жизнедеятельности некоторые щелочно-земельные элементы [128]. Более важным показателем состава донных отложений как сре-

Сходная картина выявлена в Тилигульском лимане (рис. 26, а), или которого в северной части содержат до 1,5 % $C_{орг}$, в то время как в средней и в южной — до 3,7 %. Высокое содержание $C_{орг}$ (3,1–3,7 %) обнаружено в бухтах и заливах средней части лимана. Сравнительно много (3,2–3,4 %) органического углерода содержат глубоководные илы южной и средней частей Березанского лимана (рис. 26, б), но по мере приближения к устью содержание $C_{орг}$ снижается до 1,5 %. Что же касается песчаных отложений, то в них содержание $C_{орг}$ редко превышает 1 %. Таким образом, темпы накопления органического вещества на дне исследуемых лиманов в значительной степени определяются гидроморфометрическими особенностями отдельных участков, главным образом степенью глубоководности. Интенсивность накопления в этом случае обусловлена седиментацией органических частиц из толщи воды, в меньшей мере — смывом их с мелководных участков дна, определенная доля поступает путем сорбции илами растворенной органики. В заливах, прилегающих к средней и нижней частям лиманов, в пополнении запасов органического вещества на дне принимают участие и местные факторы, в том числе смыв с полей и сточные воды. На участках илов с высоким содержанием $C_{орг}$, как правило, отмечается и повышенное содержание общего фосфора, представленного в химическом составе донных отложений в форме ангидрида (P_2O_5). Это отчетливо прослеживается по проводимым ниже данным о содержании $C_{орг}$ и P_2O_5 (в % массы сухого вещества) в одних и тех же пробах илов двух лиманов:

$C_{орг}$	P_2O_5
Тилигульский лиман	
3,24	0,21
3,72	0,23
3,19	0,24
Березанский лиман	
3,21	0,26
3,43	0,23
3,40	0,24

При сопоставлении распределения общего фосфора по дну Тилигульского лимана с данными о среднегодовом содержании минерального фосфора в водных массах [57] оказалось, что водные массы с повышенным содержанием минерального фосфора (более 0,13 мг/л — в южной части, более 0,15 — в средней и более 0,14 мг/л — в северной) территориально соответствуют участкам залегания илов с содержанием P_2O_5 0,16–0,18 % — в южной части, 0,20–0,21 — в средней и 0,22–0,24 % — в северной. Это позволяет сделать вывод, что процессы деградации органического вещества илов обеспечивают постоянное поступление фосфора в водные массы, а седиментация органических частей не менее постоянно возобновляет запасы фосфора в составе иловых отложений. Расчеты показывают, что в верхнем (5 см) слое ила на-

ходится запас общего фосфора 935 т. Его достаточно, чтобы довести концентрацию фосфора в водных массах в среднем до 1,7 мг/я. Следовательно, в миграционных процессах в виде минерального фосфора участвует менее 10 % этого запаса, а остальное представляют собой формы, прочно связанные с твердой фазой донных отложений или участвующие в биологическом круговороте вещества.

Содержание органического вещества, наличие мигрирующего фосфора и другие показатели все же недостаточны для определения реальной биопродуктивности донных отложений. Это связано с тем, что на дне глубоководных участков, особенно в лиманах закрытого типа, нередко возникают анаэробные условия и формируется зона сероводородного заражения. В литературе имеются сведения, что сероводородная зона в Хаджибейском лимане существует постоянно, а в Тилигульском образуется лишь весной и осенью, причем концентрация сероводорода может достигать 29 мг/л, а площадь зоны занимает более половины акватории Хаджибейского лимана и 6 % — Тилигульского (его южную часть) [124]. Не располагая прямыми определениями концентрации сероводорода в образцах отложений, поднятых при проведении съемок, отметим, что и в Хаджибейском, и в Тилигульском лиманах при опускании грунтоотборников в глубоководных участках наблюдалось бурное газовыделение, а поднятые пробы имели специфичный запах. Поэтому можно полагать, что сероводородная зона в донных отложениях Тилигульского лимана может существовать и в летний период (съемка проводилась в августе), т.е. имеет более устойчивый характер, чем в водных массах. Можно ожидать также, что именно с помощью сероводорода илов происходит восстановление такой зоны в водных массах после снижения активности ветро-волнового перемешивания. Таким образом, глубоководные участки лиманов, формируя на дне иловые отложения с высоким содержанием органических веществ, могут оказывать отрицательное влияние на развитие в их пределах водных организмов, особенно бентических.

В общей гидрогеохимической структуре донных отложений особое место занимают водорастворимые компоненты, наиболее чутко реагирующие на любые нарушения равновесного состояния в системе "дно - вода". Более того, процесс различных диагенетических преобразований химического состава донных отложений отражается прежде всего на составе и концентрации водорастворимых веществ, и они могут сами нарушать существующее равновесие. В результате постоянно идет миграция водорастворимых веществ через границу раздела "дно — вода", способная оказывать существенное влияние на гидрохимический режим, особенно придонных слоев воды.

Данные грунтовых съемок (анализ водорастворимых солей выполнялся лишь в образцах отложений Тилигульского и Березанского лиманов) показали, что и в этих компонентах химического состава преимущество принадлежит калий-натрий-хлоридно-сульфатному комплек-

Таблица 47. Содержание водорастворимых солей в илах Тилигульского и Березанского лиманов (% массы сухого вещества)

Ионы водорастворимых солей	Тилигульский лиман			Березанский лиман		
	Среднее	Наибольшее	Наименьшее	Среднее	Наибольшее	Наименьшее
Катионы						
Ca^{2+}	0,07	0,10	0,01	0,12	0,17	0,03
Mg^{2+}	0,08	0,11	0,01	0,09	0,17	0,01
$\text{K}^+ + \text{Na}^+$	0,63	1,41	0,15	0,46	1,27	0,10
Анионы						
Cl^-	1,04	2,31	0,22	0,78	2,20	0,15
SO_4^{2-}	0,32	0,5	0,03	0,47	0,72	0,07
HCO_3^-	0,09	0,11	0,05	0,11	0,15	0,07
Сумма солей	2,18	4,71	0,39	1,98	4,53	0,43

су (табл. 47). При этом в илах закрытого Тилигульского лимана содержание хлор-иона в среднем в 3,3 раза больше, чем сульфат-иона, в то время как в Березанск м лимане это превышение составляет лишь 1,7 раза. Хотя часть водорастворимых солей может ассоциироваться с твердой фазой отложений, основное их количество находится в поровых водах. Следовательно, указанные особенности солевого комплекса, качественные и количественные, свойственны и минерализации поровых вод. Гидрогеохимические исследования поровых вод [30] лиманов позволяют расширить представление о формировании и распределении по участкам водорастворимых солей. Так, указанное выше различие в содержании хлор- и сульфат-иона в илах Тилигульского и Березанского лиманов объясняется слабой степенью метаморфизации (и сульфатредукции) поровых вод первого, обусловленной его закрытостью и более высокой суммой солей (см. табл. 47). Кроме того, повышенное содержание сульфатов, очевидно, связано с поступлением речных и подземных вод, что может проявляться и на отдельных участках водосма. В частности, по составу поровых вод в 25-сантиметровом слое отложений в северной и южной частях Хаджибейского лимана преобладают сульфаты, в средней — хлориды. В Тилигульском хлориды преобладают в поровых водах практически всей площади иловых отложений, в Березанском аналогично распределены сульфаты, а преимущество хлоридов отмечено лишь в самой северной части. Таким образом, кроме общего осредненного состава водорастворимого комплекса, налицо влияние местных факторов. Водорастворимые соли представляют собой часть валового содержания тех или иных химических веществ и соединений. В этом плане полезно рассмотреть соотношение этих форм для хлор-иона. Статистическая обработка данных о содержании валовой и водорастворимой форм элемента (каждая пара определялась в одной и той же пробе) выявила достаточно четкую зависимость, общую для всех-лиманов, согласно которой количество водо-

Таблица 48. Стратификация содержания хлор-иона (%) в илах различных участков Тилигульского и Березанского лиманов

Слой, см от поверхности дна	Участок					
	северный	средний	южный	северный	средний	южный
	Тилигульский лиман			Березанский лиман		
0-10	1,1	0,9	0,6	1,3	1,2	0,4
20-30	1,0	0,8	0,4	1,3	1,2	0,4
40-50	0,9	0,7	0,3	1,3	1,2	0,5
60-70	0,8	0,6	—	1,3	1,2	0,5
80-90	0,7	—	—	1,4	1,2	0,6
100-110	—	—	—	1,4	1,1	0,6
120-130	—	—	—	1,5	1,1	0,7
140-150	—	—	—	1,5	1,1	0,7

растворимого хлор-иона составляет 36 % валового его содержания (в % к массе сухого вещества), т.е. большая часть элемента находится в ассоциации с твердой фазой отложений. С общим количеством водорастворимых солей ($M_{вр}$) содержание хлор-иона связано зависимостью, общей для донных отложений всех лиманов:

$$M_{вр} = 1,724 Cl_{вр} - 0,358... \quad (2)$$

Коэффициент корреляции зависимости равен 0,99, размерность — в % к массе сухого вещества. Приведенное уравнение весьма сходно с разработкой А.М.Алмазова [3], который установил зависимость между общей минерализацией и содержанием хлор-иона в водных массах лиманов и северо-западной части Черного моря. Это сходство указывает на общность процессов формирования качественного состава поверхностных и поровых вод лиманов и достаточно активное взаимодействие между ними, направленное на установление равновесного состояния.

Своеобразный характер имеет стратификация хлор-иона, исследованная в Тилигульском лимане в слое ила до 1,0 м, в Березанском — до 1,5 м (табл. 48). Отмечено заметное повышение солености верхнего слоя илов в закрытом Тилигульском лимане на всех его участках. В Березанском лимане (открытом) выявлена слабо выраженная обратная стратификация в илах южного и северного участков и также слабо выраженная, но прямого типа — в среднем участке. Очевидно, эта двойственность обусловлена влиянием поверхностных вод, приходящих в верхний участок со стоком р. Березань, а в южный — из Днепровско-Бугского лимана, в то время как средний участок остается, вероятно, под влиянием внутриводоемных процессов. Следовательно, в Тилигульском лимане наблюдается процесс повышения солености верхнего слоя донных отложений. Это соответствует состоянию его водного баланса. Постоянное превышение испарения над осадками, составляющее в среднем за год более 40 млн м³, усугубляется почти полным забором на орошение поверхностного стока в бассейне, что вместе способствует

повышению минерализации вод и поступления солей через поровые воды и с вновь осаживающимся осадком. Сложнее выделить эту тенденцию в Березанском лимане. Но при сокращении стока речных вод из Днепровско-Бугского лимана, периодически "заходящего" в Березанский, засоление верхнего слоя илов возможно и в нем, причем даже быстрее,

чем в Тилигульском, так как оно будет осуществляться совместным действием дефицита осадков (23 млн м^3 в год) и поступлением морских вод. В Хаджибейском лимане тенденцию изменения солёности донных отложений выявить не удалось прежде всего вследствие постоянного поступления сточных вод в южную и центральную части, где и производился отбор проб. Завершая анализ изменений, которые могут произойти в солевом комплексе донных отложений, отметим, что и в нынешнем состоянии они аккумулировали довольно значительные запасы различных химических веществ (табл. 49). Дальнейшее функционирование лиманов в естественном, т.е. нерегулируемом, режиме, несомненно, значительно увеличит запасы солей в донных отложениях. Однако для экосистемы водоемов подобного типа, кроме степени засоленности донных отложений, важное значение имеет накопление в них органических веществ. Выше уже указывалось, что кроме естественных внутриводоемных источников (планктона и бентоса) на отдельных участках заметно влияние внешних локальных факторов, прежде всего сточных вод с мелиорируемых полей, ферм и населенных пунктов. На этих участках содержание органического углерода и общего фосфора значительно выше среднего для лимана в целом. В последние годы расширилось рекреационное использование лиманов, причем значительные масштабы приняла его нерегулируемая, "стихийная" форма. Если под влиянием антропогенного фактора произойдет увеличение запасов органических веществ в илах глубоководных участков лимана (по предварительным расчетам в Тилигульском лимане запасы органики могут увеличиться за 5 лет в 1,7 раза), то это может привести не к повышению биопродуктивности водоемов, а к ее ухудшению вследствие расширения зоны сероводородного заражения и обострения в ней неблагоприятных для биоты условий.

Донные отложения водоемов — не только компонент экосистемы, активно участвующий в формировании качества вод, но и среда обитания многочисленных донных организмов. В этом качестве приобретают

Таблица 49. Запасы (10^3 т) различных веществ в верхнем 10-сантиметровом слое донных отложений лиманов Северного Причерноморья

Вещество	Лиман		
	Хаджибейский	Тилигульский	Березанский
Хлориды	16,6	39,3	13,9
Сульфатиды	14,8	11,7	7,0
Сумма солей	52,4	99,6	36,5
Углерод органический	56,2	91,0	59,3
Фосфор общий	5,5	4,7	2,2

особую роль свойства донных отложений. Анализ литературы выявил многочисленные работы, в которых раздельно исследовались биоченозы донных грунтов различных типов, но выделение этих типов не опиралось на какие-либо количественные критерии и часто носило субъективный характер. Тем не менее на основе этого анализа можно прийти к следующему выводу: доминирующие виды бентоса определяются физико-химическими свойствами донных грунтов, а биомасса — степенью дисперсности. Количественная оценка последней основывается чаще всего на содержании тонкодисперсных частиц (например, в [13] частиц диаметром менее 0,2 мм). Большой объем исследований посвящен установлению зависимости между биомассой различных видов морских донных организмов (по особенностям питания) и фракционным составом отложений [161]. Но ни одно из полученных уравнений регрессии не отличается плотностью корреляции. Очевидно, содержание частиц различной крупности недостаточно характеризует степень дисперсности донных отложений, которая зависит также от гидродинамических условий в придонном слое и может изменяться в результате самоуплотнения и метаморфизма структуры. При исследованиях распределения биомассы микро- и мезобентоса в пресноводном Кременчугском водохранилище степень дисперсности донных отложений характеризовалась объемной массой скелета. В результате получена двухфазовая зависимость [38] с максимумами на заиленных песках и глинистых илах. Но при объемной массе скелета последних меньше 0,2 г/см³ отмечалось заметное уменьшение биомассы. Некоторое совпадение с этими данными можно найти в [44], где приводятся сведения, что биомасса зообентоса на серых илах Тилигульского лимана (вероятно, это обычные глинистые илы) в 7 раз больше, чем на илах черных. По нашим данным (1987), последний тип отложений характеризуется очень низкой объемной массой, но в нем заметно наличие сероводорода. Исследования Т.Г. Мороз в 1981–1983 гг. [102] также свидетельствуют о сравнительной обедненности жизнью черных сероводородных илов. Выяснилось, что доминирующие в Тилигульском и Хаджибейском лиманах виды моллюсков *Mytilaster* и *Cardium* (*Cerastoderma*) плохо развиваются в условиях глубоководных черных илов, о загрязнении которых сероводородом говорилось выше.

Отрицательное влияние на донные организмы пересыщения органическим веществом донных отложений и возникновения анаэробных условий присуще и водохранилищам [9] и, вероятно, типично для водоемов замедленного стока. Тем не менее оно не противоречит выводу о влиянии водно-физических свойств донных отложений на биомассу бентоса. Механизм этого влияния можно представить, если рассматривать донные отложения как среду или поверхность, в которой (на которой) происходят передвижение (или прикрепление) отдельных особей и потребление ими органического детрита. Естественно, что жидкий слой ила — неблагоприятная среда для прикрепления и раз-

ития моллюсков. Так, в водохранилищах Днепра ил с объемной массой скелета $0,10-0,20 \text{ г/м}^3$ "поглощает" раковины дрейссены, и нормальная ее жизнедеятельность начинается лишь после заполнения этого слоя мертвыми особями. Но на участках дна с такими илами происходит интенсивная седиментация органического детрита. Жидкий ил не препятствует передвижению и питанию грунтоедов, но для неподвижных форм, фильтрующих ил, особенно для ожидающих [161], повышенная интенсивность седиментации может привести только к погребению организмов. Процесс самоуплотнения илов под давлением вновь седиментирующего вещества выражается в уменьшении объема пор. Так, в колонках ила Тилигульского лимана (съемка 1987) пористость от слоя 0–5 см к слою 20–25 см уменьшилась с 87 до 76 % объема. Как следует из [30], это уменьшение связано не столько с сокращением количества, сколько с уменьшением размеров пор. Естественно, это последнее может отразиться на размерах особей донных организмов, но оба явления способны существенно затормозить аэрацию их местообитания.

В целом нельзя не признать, что ряд процессов, составляющих механизм взаимодействия донных отложений и донных организмов, еще недостаточно изучен, особенно с количественной стороны, хотя наличие такого механизма и его значимость уже достаточно обоснованы материалами исследований.

Современное состояние донных отложений лиманов Северного Причерноморья, характеристика которого приведена выше, отражает достаточно длительный (несколько сот лет) период существования экосистемы каждого водоема. Лишь в конце этого периода лиманы начали испытывать все возрастающее антропогенное воздействие. Изменения, происходящие в донных отложениях как компоненте экосистемы под влиянием этого воздействия прослеживаются еще не очень резко. Это вполне объяснимо инерционностью донного комплекса, напоминающего слабочувствительную фотопластинку, на которой проявляются или резкие (даже кратковременные) воздействия, или слабые, но долговременные. Однако эти свойства донных отложений обратимы, т.е. уже возникшие изменения в их основе или распределении, в том числе и отрицательные для водоема, не сразу исчезают даже при устранении влияния негативных факторов. Эта особенность донных отложений оказывает влияние на формирование качества воды и биопродуктивность донной фауны, что необходимо учитывать при прогнозировании состояния экосистемы водоемов.

Научно-технический прогресс позволил резко увеличить использование природных ресурсов, следствием чего явилось усиление воздействия человека на окружающую среду, в частности на эколого-санитарное состояние континентальных водоемов и качество воды в них. Возрастание водопотребления промышленными и сельскохозяйственными предприятиями, а также в быту приводит к увеличению количества сточных вод, с которыми в водоемы поступают загрязняющие вещества. В результате в природных водах снижается количество растворенного кислорода, ухудшаются условия разложения органических веществ и происходит интенсивное их накопление, увеличиваются концентрации азота, фосфора, различных металлов [82].

В последние десятилетия в загрязнении стремительно возрастает доля сельскохозяйственных сточных вод, что связано с бурным развитием химизации сельского хозяйства, с применением во все возрастающих объемах удобрений и разнообразных химикатов.

Поступающие в водоемы загрязняющие вещества, безусловно, являются одной из главных причин изменения численности и видового состава флоры и фауны, развитие которых оказывает прямое воздействие на качество воды.

В Березанском, Тилигульском и Хаджибейском лиманах уровни антропогенного воздействия на экосистемы не одинаковы. Наиболее интенсивному влиянию антропогенных факторов подвержен Хаджибейский лиман, в который сбрасываются промышленные и бытовые стоки г. Одессы, а также попадают сельскохозяйственные стоки. На экосистему Березанского лимана и формирование качества воды в нем большое влияние оказывает водообмен с морем, поступление воды из рыбноводных прудов. Тилигульский лиман менее других подвержен антропогенному воздействию. В него попадают в основном сельскохозяйственные стоки животноводческих и птицеферм. По имеющимся в литературе данным о фито- и зоопланктоне [37, 149], зообентосе [50], а также по результатам исследований, проведенных Херсонской гидробиологической станцией в 1981—1983 гг.; была дана оценка качества воды Березанского лимана по комплексу абиотических и биотических компонентов его экосистемы на основе эколого-санитарной классификации качества поверхностных вод суши [29, 50, 56, 85] с использованием метода биоиндикации Р.Пантле и Г.Букка [97, 162].

Было показано [115], что качество воды Березанского лимана по отдельным гидрохимическим, бактериологическим и гидробиологическим показателям в разные сезоны года изменяется в пределах классов "удовлетворительной чистоты" — "грязная", а по комплексу показателей в среднем за год соответствует классу "удовлетворительной чистоты" — 0-мезосапробной зоне. Отдельные части лимана отличаются по качеству воды незначительно. По показателям БПК, по растворенному кислороду, содержанию биогенных элементов и индексам самозагрязнения — самоочищения (A/R) отмечено улучшение качества воды в направлении от северных отрогов и центральной части к южной, непосредственно соединяющейся с Черным морем.

По большинству показателей в Березанском лимане наблюдается улучшение качества воды осенью, по содержанию аммонийного азота и фосфатов, а также по индексам A/R — ухудшение до класса "грязных" вод в связи с преобладанием процессов минерализации над образованием органических веществ при фотосинтезе. Наиболее значительное ухудшение качества воды осенью по указанным показателям — в отдаленных от моря центральной и северной частях лимана.

На формирование качества воды в Березанском лимане решающее влияние оказывают органические вещества автохтонного происхождения, аллохтонные органические вещества существенного влияния на водоем не оказывают.

Что касается Тилигульского и Хаджибейского лиманов, то настоящая работа является первой попыткой анализа абиотических и биотических факторов экосистемы указанных водоемов с целью оценки качества воды по эколого-санитарной классификации качества поверхностных вод суши. Основой для такой оценки послужили материалы сезонных комплексных исследований, проведенных с 1979 по 1983 г., а также материалы летне-осенних экспедиций 1984 г.

В результате анализа гидрохимических показателей по Тилигульскому лиману установлено, что за период исследований величина pH воды (по среднегодовым значениям) колеблется в пределах 8,35–8,42, т.е. соответствует разряду качества воды "слабо загрязненная". В сезонном аспекте диапазон изменения pH более широкий — от 8,20 осенью и зимой ("слабо загрязненная") до 8,70 летом и в начале осени ("сильно загрязненная"). Наблюдения за динамикой растворенного кислорода показали, что насыщение им водной толщи зависит от ряда факторов, среди которых важнейшими являются температура и уровень "цветения" воды, гидрометеорологические условия. Весной и летом, в период активного фотосинтеза фитопланктона, насыщение воды кислородом в поверхностных слоях достигает максимальных величин — более 100 % — и качество воды оценивается как "предельно чистая". В это же время в придонных слоях насыщение воды кислородом гораздо ниже — 40–70 %, а на отдельных участках ниже 20 %, и качество воды оценивается как "умеренно загрязненная" — "весьма

грязная" Понижение температуры воды в осенний период и наступление гомотермии способствуют вертикальному перемешиванию ее и более равномерному распределению кислорода на глубине. Насыщение воды кислородом колеблется от 60 до 102 %, что соответствует разрядам "слабо загрязненных" и "предельно чистых" вод. Примерно таким же разрядам соответствует качество воды, в зимний период. Среднегодовые показатели насыщения воды кислородом находятся в пределах 64-83 %, качество воды оценивается разрядами "слабо загрязненная" "вполне чистая"

В Хаджибейском лимане среднегодовые величины pH более высокие, чем в Тилигульском, 8,47-8,52, и качество воды по этим показателям оценивается разрядом "умеренно загрязненная" Пределы колебания pH в разные сезоны также более широкие от 8,20 до 8,90 (качество воды колеблется в пределах разрядов "слабо загрязненная" "весьма загрязненная"). Максимальные величины pH характерны для весенне-летнего периода, минимальные - для зимы, хотя в отдельных участках лимана pH может достигать зимой 8,70, а летом в южной части лимана, подверженной влиянию сточных вод, отмечалось снижение pH до 8,20.

Режим кислорода в Хаджибейском лимане зависит главным образом от двух основных внутриводоемных процессов: гидродинамического (физического), определяющего вертикальное перемешивание слоев воды под влиянием продолжительных северных и южных ветров, и биохимического, обусловленного жизнедеятельностью растительных и животных организмов [57]. Распределение растворенного кислорода по акватории и глубине зависит от интенсивности и продолжительности этих процессов [176].

В зимний период вода под действием ветров (при отсутствии ледяного покрова) достаточно интенсивно перемешивается, насыщение ее достигает 57-75 %, качество воды соответствует разрядам "умеренно загрязненная" "достаточно чистая" Весной и летом в условиях маловетренной погоды сточные воды как более теплые и легкие растекаются по поверхности южной и центральной частей водоема, при этом растворенный кислород интенсивно потребляется на окисление органических веществ, поступивших со стоками. Вместе с тем растительные организмы (фитопланктон) получают со сточными водами достаточное количество биогенных элементов, что способствует интенсивному фотосинтезу. В результате в поверхностных слоях насыщение воды кислородом достигает 100-155 %, в придонных оно в 2-3 раза ниже

В наиболее глубоких участках возникают анаэробные зоны. Поэтому в одной и той же части лимана в поверхностных слоях вода по показателям насыщения кислородом может соответствовать разряду "предельно чистая", а в придонных слоях, где возникла анаэробная зона, "предельно грязная" Подобная картина распределения кислорода может возникнуть и в условиях ветреной погоды. Продолжитель-

ное воздействие ветра вдоль продольной оси лимана приводит к интенсивному перемешиванию воды; глубинные слои, обогащенные биогенными элементами, поднимаются к поверхности и вызывают вспышку развития водорослей, которые в процессе фотосинтеза увеличивают насыщение воды кислородом до 150 % и более. При стабилизации гидродинамических процессов количество биогенов в поверхностных слоях воды резко уменьшается, интенсивность "цветения" воды также снижается, а это влечет за собой ухудшение кислородного режима во всей толще воды, причем в результате оседания в придонные слои воды отмирающего фитопланктона возрастает потребление кислорода на окислительные процессы, что приводит к его дефициту.

Таким образом, кислородный режим тесно связан с уровнем биопродуктивности лиманов, а поэтому является хорошим индикационным признаком эвтрофирования водоемов [152, 178, 179, 184]. По мере роста уровня трофности увеличивается пересыщение кислородом верхних слоев воды и усиливается дефицит кислорода в придонных слоях, что четко просматривается при сравнении распределения кислорода в Тилигульском более эвтрофированном Хаджибейском лиманах.

Минеральные формы фосфора и азота являются жизненно важными элементами, потребляемыми растительными и животными организмами. От содержания их в воде зависит уровень развития и жизнедеятельности планктонных сообществ [11, 39, 86, 93, 119, 165], функционирование которых является важнейшим фактором формирования качества воды.

Основными источниками поступления фосфора и азота в Тилигульский и Хаджибейский лиманы являются поверхностный сток, разложение взвешенного и растворенного органического вещества, имеющегося в толще воды и донных отложениях, сточные воды промышленных и сельскохозяйственных предприятий, а в Хаджибейском и бытовые, стоки.

В Тилигульском лимане ветровое вертикальное перемешивание воды, хорошо выражено лишь в южной части, а в остальных очень слабое. Так как конфигурация береговой линии препятствует развитию гидродинамических процессов, то содержание фосфора в поверхностных и придонных слоях воды различно во все сезоны года. Особенно существенны эти различия в зимний период, когда в поверхностных слоях воды содержится от 0,073 до 0,268 мг Р/л (качество воды соответствует разрядам "слабо загрязненная" — "сильно загрязненная"), а в придонных его в 1,2-2,4 раза больше (вода соответствует разрядам "умеренно загрязненная" — "весьма грязная"). Весной концентрация фосфатов в толще воды несколько выравнивается, причем максимальные показатели концентрации наблюдаются в поверхностных слоях воды, что обусловлено поступлением фосфора со стоками во время весеннего паводка. Содержание его в воде лимана колеблется по всей

глубине в пределах 0,042-0,229 мг/л, качество воды оценивается разрядами "достаточно чистая" — "сильно загрязненная"

В летний период содержание фосфора в воде минимальное в связи с утилизацией его фитопланктоном, однако полного потребления фосфора не наблюдается даже в период интенсивного развития фитопланктона [20]. В поверхностных слоях воды количество его колеблется от 0,030 до 0,128 мг/л, в придонных - от 0,015 до 0,159, т.е. в пределах разрядов качества воды "очень чистая" "умеренно загрязненная"

В осенний период содержание фосфора возрастает прежде всего в связи с отмиранием и разложением фитопланктона, а следовательно, снижением интенсивности утилизации биогенных элементов. Количество фосфора колеблется в поверхностных слоях воды в пределах 0,055-0,444 мг/л, в придонных 0,109-0,410, качество воды ухудшается до разрядов "умеренно загрязненная" "весьма грязная"

По многолетним данным (1979-1987), содержание минерального фосфора в толще воды Тилигульского лимана колеблется в пределах 0,015-0,462 мг/л, а средний показатель составляет 0,139 мг/л. Следовательно, качество воды изменяется от "очень чистая" до "весьма грязная", а по среднему показателю вода "умеренно загрязненная",

Динамика аммонийного азота в Тилигульском лимане так же, как и фосфора, подчинена особенностям гидрометеорологических условий каждого сезона и года, поэтому определенные закономерности его распределения не установлены (гл. 3). Однако наименьшие концентрации аммонийного азота наблюдаются чаще всего в весенний период, а также в летние месяцы, когда после ветреной погоды устанавливается штиль и в результате интенсивного потребления азота водорослями концентрация его может снижаться до нуля, при этом качество воды по данному показателю соответствует "предельно чистой". К осени количество аммонийного азота, как правило, возрастает и качество воды ухудшается до разряда "сильно загрязненная"

В сезонной динамике содержание нитратного азота прослеживается следующая тенденция: минимальная концентрация (снижение до нуля) наблюдается весной и осенью, максимальная — летом, особенно при наличии анаэробных зон (до 1,035 мг N/л). Качество воды по содержанию нитратного азота колеблется в течение года от "предельно чистой" до "слабо загрязненной"

В Хаджибейском лимане на режим биогенных элементов решающее влияние оказывают сточные воды, а затем гидрометеорологические условия и функционирование гидробионтов.

Сезонная и годовая динамика минерального фосфора а, следовательно, и качество воды, оцененное по этому показателю, в большей мере зависит от ветрового и температурного режимов, поскольку они влияют на распределение сточных вод, а также от распределения и уровня развития фитопланктона. Максимальные концентрации фосфора на-

блюдаются в южной части лимана и достигают почти 2 мг/л, что свидетельствует о высокой степени загрязнения данной части коммунальными стоками, качество воды здесь очень низкое, соответствует разряду "предельно грязных" вод. В центральной и северной частях, где в весенне-летний период наблюдается интенсивное развитие фитопланктона, содержание минерального фосфора уменьшается в поверхностных слоях до 0,020 и ниже, качество воды улучшается до разряда "вполне чистая". В отдельные годы уровень развития фитопланктона в летний период значительно ниже, чем весной (гл. 4, 1981), и содержание фосфатов в этих условиях может превышать 0,800 мг P/л, качество воды при этом ухудшается до "предела чистоты"

В сезонном аспекте увеличение концентрации фосфатов происходит в основном от лета к осени, качество воды при этом колеблется в пределах "вполне чистая" - "предельно грязная", а по средним показателям для разных сезонов, изменяющимся от 0,652 до 1,520 мг P/л, соответствует разряду "предельно грязная"

Наибольшие концентрации аммонийного азота, так же, как и фосфатов, характерны для южной, загрязняющейся сточными водами части лимана. Повышенное содержание его наблюдается также вдоль продольной оси лимана и у правого его берега, что связано с особенностями течений (гл. 2, рис. 7, а). Количество аммонийного азота в указанных частях в летне-осенний период колеблется от 0,520 до 1,339 мг N/л, качество воды изменяется от "умеренно загрязненной" до "сильно загрязненной". Минимальные показатели количества аммонийного азота отмечены в августе 1984 г. (0,130 мг N/л) во время интенсивного "цветения" воды, качество которой улучшилось по содержанию данной формы азота до разряда "вполне чистая"

Судя по средним показателям, увеличение концентрации аммонийного азота происходит от весны (0,787 мг N/л) к лету (0,813 мг N/л). Это дает основание заключить, что качество воды лимана в течение года по содержанию аммонийного азота соответствует разряду "умеренно загрязненная"

Нитратный азот почти постоянно содержится в воде лимана в сравнительно небольших количествах (до 0,40 мг N/л), однако отмечены случаи, когда его концентрация снижалась до нуля. Максимальное содержание нитратов характерно для южной части водоема, где качество воды по данному ингредиенту оценивается как "вполне чистая", а в центральной и северной частях его количество колеблется чаще всего от 0,05 до 0,20 мг/л, т.е. в пределах разрядов "очень чистая" - "вполне чистая". Содержание органических веществ в воде и их качественный состав характеризуют интенсивность продукционно-деструкционных процессов в водоеме, отражают степень влияния поступающей из водосбора воды на формирование ее качества в водоеме. В связи с этим оценку динамики органических веществ по величине ПО и БПК, целесообразно производить, исходя из данных по уровню развития фито-

планктона и его продукционных характеристик, тем более что в исследованные лиманы основное количество органических веществ поступает в результате их новообразования при фотосинтезе фитопланктона, а также погруженной водной растительности. В толще воды основная роль в образовании органических веществ принадлежит фитопланктону [160], поэтому сезонная динамика их содержания, а также распределение по акватории лимана и глубине находится в тесной связи с динамикой биомассы фитопланктона. Следует также учитывать, что в Хаджибейском лимане важным источником поступления органических веществ являются коммунальные стоки.

Колебания биомассы фитопланктона в разных частях Тилигульского лимана происходят в широких пределах: от 0,01 до 8,10 мг/л, на отдельных участках эти колебания гораздо шире (гл. 4). В северной части лимана пределы колебания биомассы фитопланктона самые узкие (0,01–3,20 мг/л), в центральной – наиболее широкие (0,10–8,10 мг/л). По этим показателям качество воды в северной части оценивается разрядами "предельно чистая" – "слабо загрязненная", в центральной – "очень чистая" – "умеренно загрязненная". В южной части колебания качества воды происходят в пределах "вполне чистая" – "умеренно загрязненная". По средним показателям качество воды ухудшается от северной части ("вполне чистая") к центральной и южной ("слабо загрязненная"). В таком же направлении изменяется качество воды, оцененное по показателям валовой первичной продукции (табл. 50), ухудшение происходит от "предельно чистой" до "вполне чистой", а пределы колебания разрядов качества воды в разных частях – от "предельно чистой" до "достаточно чистой".

Качество воды, оцененное по индексам самозагрязнения – самоочищения (A/R), значительно хуже, чем по валовой первичной продукции, и изменяется в более широких пределах – от "слабо загрязненной" до "весьма грязной". В южной и северной частях лимана средние показатели индекса A/R ниже 1,0, что свидетельствует о преобладании процессов самоочищения (разрушения органических веществ) над их новообразованием. В связи с этим показатели БПК₅ в этих частях водоема в летний период могут превышать 21,0 мг O_2 /л. В центральной части лимана средняя величина A/R выше 1,0 и максимальные показатели БПК₅ не превышают 17,5 мг O_2 /л. Ниже в этой части и средний показатель БПК₅ (3,97 мг O_2 /л по сравнению с 4,78 в южной и 5,02 в северной). Качество воды, оцененное по предельным показателям БПК₅, изменяется от "предельно чистой" до "предельно грязной", а по средним показателям в северной и южной частях лимана вода "сильно загрязненная", в центральной – "умеренно загрязненная".

Наиболее широкий диапазон колебания ПО (3,2–38,0 мг O /л) отмечен в южной части лимана, где в летне-осенний период высокие показатели биомассы фитопланктона. Согласно этим показателям ПО качество воды изменяется в пределах разрядов "очень чистая" – "предельно

Таблица 50. Качество воды Тилигульского и Хаджибейского лиманов, оцененное по уровню разрядов фитопланктона и содержания органических веществ в 1980—1984 гг.

Часть лимана	Фитопланктон		Валовая первичная продукция		Индекс A/R		БПК ₅		ПО		
	мг/л	разряд	г O ₂ · м ⁻² · х сут ⁻¹	разряд	показатель индекса	разряд	мг O ₂ /л	разряд	мг O/л	разряд	
Тилигульский лиман											
Северная	0,9	2б	0,87	1	0,85	3б	5,02	4б	21,9	5а	
Центральная	2,8	3б	3,81	2б	1,69	4а	3,97	4а	17,2	4б	
Южная	2,3	3б	3,65	2б	0,95	2б	4,78	4б	17,2	4б	
В среднем по лиману	2,2	3б	3,12	2б	—	—	4,38	4б	18,1	4б	
Хаджибейский лиман											
Северная	3,5	3б	7,61	4а	1,30	3б	7,87	5а	19,7	4б	
Центральная	5,4	4а	6,71	3б	1,61	4а	7,16	5а	15,7	4б	
Южная	2,3	3б	1,72	2а	0,60	4а	7,50	5а	17,8	4б	
В среднем по лиману	2,9	3б	4,28	3а	—	—	7,51	5а	17,7	4б	

но грязная". В центральной и северной частях ПО изменяется от 10,4 до 38,0 мг O/л, т.е. в пределах разрядов "умеренно загрязненная" — "предельно грязная". Таким образом, ухудшение качества воды по показателям ПО происходит от южной части к северной и по средним показателям оценивается разрядами "сильно загрязненная" — "весьма грязная".

В Хаджибейском лимане биомасса фитопланктона выше, чем в Тилигульском, и колеблется в более широких пределах: в южной части от 0,10 до 11,70 мг/л, в центральной от 0,20 до 34,00 мг/л и в северной — от 0,30 до 15,00 мг/л. Хотя увеличение биомассы происходит от южной части к центральной, а в северной она снижается, колебания ее во всех частях наблюдаются в пределах разрядов "очень чистая" — "сильно загрязненная", а по средним показателям в южной и северной частях вода "слабо загрязненная", в центральной — "умеренно загрязненная". Показатели валовой первичной продукции увеличиваются от южной части к центральной и далее к северной. В южной части уровень валовой первичной продукции самый низкий (1,06—2,85 г O₂ · м⁻² · сут⁻¹), что соответствует разрядам "предельно чистая" — "очень чистая" (вода) в связи с тем, что сточные воды имеют высо-

кую степень мутности и угнетают фотосинтез фитопланктона несмотря на наличие достаточного количества биогенных элементов. В центральной и северной частях показатели первичной продукции изменяются от 0,79 до 13,88 г $O_2 \cdot m^2 \cdot сут^{-1}$, или в пределах разрядов "предельно чистая" — "предельно грязная". По средним показателям качество воды ухудшается от "очень чистой" в южной части до "слабо загрязненной" в центральной и "умеренно загрязненной" в северной.

Наиболее широкий размах колебания индекса A/R от 0,13 до 0,97 в пределах разрядов "вполне чистая" — "предельно грязная" характерен для южной части лимана. Это обусловлено поступлением органических веществ со сточными водами, низким уровнем фотосинтеза фитопланктона и высокой интенсивностью деструкционных процессов. Средний показатель индекса A/R — 0,60. Он показывает, что в данной части лимана происходит интенсивное самоочищение воды. Соответствует этот индекс разряду "умеренно загрязненных" вод.

В центральной и северной частях лимана средний показатель индекса A/R выше 1,0, т.е. здесь происходит накопление органических веществ (самозагрязнение). Колебание индекса A/R в этих частях происходит от 0,32 (соответствует разряду "весьма грязная" вода) до 1,98 (разряд "умеренно загрязненная"). В отличие от Тилигульского лимана улучшение качества воды наблюдается в направлении от южной части к северной (см. табл. 50).

Показатели БПК₂ изменяются примерно в одинаковых пределах во всех частях от 0,6 (разряд "очень чистая вода") до 27,3 мг O_2/l (разряд "предельно грязная" вода). Средние показатели в каждой части лимана также очень близкие и соответствуют разряду "весьма грязной" воды.

Подобно БПК₂ изменяется и ПО. Средние показатели ее во всех частях очень близки (15,73–19,70 мг O/l) и соответствуют разряду "сильно загрязненных" вод. Следует отметить, что максимальные величины ПО отмечены в южной части лимана (37,60 мг O/l), что является следствием поступления в эту часть органических веществ со сточными водами.

Микробиологические показатели качества [129] воды Тилигульского лимана отражены в табл. 51. В 1979 г. качество воды в центральной части лимана было ниже, чем в южной и северной, особенно в придонном слое, соответствуя разрядам "сильно загрязненная" — "весьма грязная" вода. Весной и осенью качество воды в лимане было выше, чем летом, соответствуя разрядам "слабо загрязненная" — "умеренно загрязненная". По средним показателям, в 1979 г. вода соответствовала разрядам "слабо загрязненной" в поверхностном слое и "умеренно загрязненной" — в придонном. В 1981 г. качество воды в Тилигульском лимане улучшилось до разрядов "вполне чистая" — "достаточно чистая". Наиболее низким, как и в 1979 г., качество воды было в придонном слое южной части, соответствуя разрядам "достаточно чистая" — "сла-

бо загрязненная". В поверхностном слое качество воды в разных частях водоема существенно не различалось. В 1983 г. качество воды в лимане было наиболее высоким и во всех частях соответствовало разряду "достаточно чистая".

В Хаджибейском лимане в 1981 г. в южной части качество воды было ниже, чем в северной, соответствуя разрядам "умеренно загрязненная" — "сильно загрязненная". По среднегодовым показателям качество воды в лимане соответствовало разряду "умеренно загрязненная". В 1983 г. качество воды лимана было выше, чем в 1981 г., в южной части оно соответствовало разрядам "слабо загрязненная" — "умеренно загрязненная", в северной — "достаточно чистая" — "слабо загрязненная". В среднем за год вода в лимане оценивалась как "слабо загрязненная" (см. табл. 51). Сравнение индексов сапробности, определенных по фитопланктону и бентосным организмам в Тилигульском и Хаджибейском лиманах, показывает, что в последнем они существенно выше, особенно по зоопланктону и донной фауне.

В Тилигульском лимане из водорослей — индикаторов сапробности — в южной части встречаются главным образом α-олигосапробы (*Cocconeis placentula*) и β-мезосапробы (*Amphora ovalis*, *Euglena granulata* и др.). В центральной и северной частях часты β-мезосапробы *Dictyosphaerium pulchellum*, *Coelastrum microporum* и *E. gra-*

Таблица 51. Средние микробиологические показатели и разряды качества воды Тилигульского и Хаджибейского лиманов

Лиман, год	Бактериопланктон, млн кл/мл		Разряд		Гетеротрофы, тыс. кл/мл		Разряд		Коэффициент тыс. кл/л		Разряд качества воды по микробиологическим показателям	
	у поверхности	у дна	у поверхности	у дна	у поверхности	у дна	у поверхности	у дна	у поверхности	у дна		
Тилигульский												
1979	3,2	4,2	36-36		8,6	15,1	46-5а		1,0	26	36-5а	"слабо загрязненная" — "сильно загрязненная"
1981	2,0	1,4	3а-26		3,0	2,7	3а-3а		1,0	26	26-3а	"вполне чистая" — "достаточно чистая"
1983	3,0	2,9	3а-36		0,8	1,2	26-3а		3,6	3а	3а	"достаточно чистая"
Хаджибейский												
1981	5,3	5,6	4а-4а		6,8	5,6	4а		28,4	4а	4а	"умеренно загрязненная"
1983	4,8	4,7	36		3,2	3,2	36		6,2	36	36	"слабо загрязненная"

Таблица 52. Средние показатели индексов сапробности в Тилигульском и Хаджибейском лиманах

Часть лимана	Фито- планк- тон	Зоо- планк- тон	Зоо- бентос
Тилигульский лиман			
Северная	2,2	1,9	2,0
Центральная	1,9	2,5	—
Южная	1,6	1,6	2,1
В среднем по лиману	1,9	2,0	2,1
Хаджибейский лиман			
Северная	2,0	2,4	2,6
Центральная	2,0	2,5	—
Южная	2,1	2,5	2,8
В среднем по лиману	2,0	2,5	2,7

mulata и α -мезосапроб *Oscillatoria tenuis*. Индексы сапробности в южной части самые низкие и изменяются от 1,40 до 1,60 в пределах α -олиго- β -мезосапробной зон. В центральной и северной частях они несколько выше — 1,6—2,4 и соответствуют β -мезосапробной зоне. Этой же зоне сапробности соответствует средний по лиману индекс (1,9). Состав организмов — индикаторов зоопланктона — в Тилигульском лимане очень ограничен. По всему водоему встречаются

β -мезосапробы *Keratella quadrata* из коловраток и *Boatina longirostris* из ветвистоусых, а α -мезосапроб *Moina brachiata* отмечена только в центральной части. Самые низкие индексы сапробности (1,5—1,6), как и по фитопланктону, характерны для южной части, наиболее высокие (1,6—3,4) — для центральной. Средние показатели по южной, центральной и северной частям составили соответственно 1,6, 2,5 и 1,9, что отвечает β -мезосапробной зоне. Индексы сапробности, определенные по бентосным организмам-индикаторам, изменяются во всех частях лимана от 1,9 до 2,3, а средний показатель составил 2,1, что соответствует β -мезосапробной зоне сапробности вод (табл. 52).

Таким образом, оценка качества воды биологическим методом (по Пантле и Букку) показала, что в Тилигульском лимане вода соответствует β -мезосапробной зоне, классу "удовлетворительной чистоты".

В Хаджибейском лимане водоросли-индикаторы представлены β -мезосапробами (*Coelastrum microporum*, *Microcystis aeruginosa*, *E. granulata* и др.). Индексы сапробности, определенные по фитопланктону, изменяются от 1,6 до 2,2, причем в южной части они обычно выше, чем в остальных частях. Средние величины индексов сапробности увеличиваются от северной части (1,9) к южной (2,1) и находятся в пределах β -мезосапробной зоны.

В зоопланктоне Хаджибейского лимана набор организмов-индикаторов более широк, чем в Тилигульском. Они представлены α -олигосапробами (*Diaphanosoma brachyulum* встречается зимой в северной части), β -мезосапробами (*Keratella quadrata*, *Chydorus sphaericus*, *Brachionus quadridentatus*, встречающимися летом и осенью главным образом в северной и центральной частях лимана), β -мезосапробами (*Brachionus angularis* и *Filinia longiseta*, встречающимися в основном осенью в цен-

Таблица 53. Предельные и средние показатели качества воды Тилигульского и Хаджибейского лиманов

Показатель	Тилигульский лиман			Хаджибейский лиман		
	Средний ранговый показатель	Разряд каче- ства	Зона сапро- бности	Средний ранговый показатель	Разряд каче- ства	Зона сапро- бности
Мини- мальный	2,2	2а	β -Олиго- сапробная	3,0	2б	α -Олигоса- пробная
Макси- мальный	6,8	4б	α -Мезо- сапробная	7,4	4б-5а	α -Мезоса- пробная- β -по- лисапробная
Средний	5,0	3б	β -Мезо- сапробная	5,5	3б-4а	β - α -Мезо- сапробная

тральной части), α -мезосапробами (*Moina brachyata*, встречающаяся во все сезоны, кроме зимы, по всему лиману). Индексы сапробности изменяются в северной части от 1,4 до 3,4 (α -олиго- α '-мезосапробные зоны), в центральной и южной — от 1,6 до 3,5, т.е. от β '-мезосапробной до α '-мезосапробной зоны. Средний по лиману показатель (2,5) соответствует β '-мезосапробной зоне. Индексы сапробности по бентосным организмам-индикаторам изменяются в северной части от 2,5 до 2,9 (β '- α '-мезосапробные зоны), в центральной и южной — от 2,6 до 3,5 (α -мезосапробная зона).

В целом, качество воды Хаджибейского лимана оценивается по организмам-индикаторам зонами β '-мезосапробная — α '-мезосапробная или "слабо загрязненная" — "умеренно загрязненная".

Оценивая качество воды лиманов по комплексу гидрохимических, гидробиологических и бактериологических показателей [111], можно сделать вывод, что в Тилигульском лимане качество воды выше, чем в Хаджибейском, и соответствует разряду "слабо загрязненная" (табл. 53). По максимальным показателям в данном лимане наблюдается ухудшение качества воды в периоды интенсивного "цветения" до класса "грязная" по содержанию органических веществ (ПО, БПК₅), количеству гетеротрофных бактерий; индексу *A/R*, содержанию кислорода и pH. По средним показателям сдвиги в класс "грязных" наблюдаются по БПК₅ и ПО.

В Хаджибейском лимане качество воды соответствует разрядам "слабо загрязненная" — "умеренно загрязненная". Ухудшение качества воды (по максимальным показателям) до класса "грязная", разряда "предельно грязная" наблюдается здесь по показателям валовой первичной продукции и индексам *A/R*, БПК₅, ПО, содержанию фосфатов и растворенного кислорода. Даже по средним показателям качество воды в данном лимане соответствует разряду "предельно грязная" по содержанию фосфора и "весьма грязная" по содержанию органических веществ (ПО), что обусловлено постоянным загрязнением его сточными водами. По этой причине санитарное состояние Хаджибейского лимана хуже (вода "слабо загрязненная" — "умеренно загрязненная"), чем Тилигульского (вода "достаточно чистая" — "слабо загрязненная").

Первое упоминание о рыбах лиманов, расположенных между Днепром и Днестром, относится к концу XVIII ст. [19] Основоположником исследований жизни лиманов Северо-Западного Причерноморья был П.Н.Бучинский [18, 19], а в начале нынешнего века успешно их продолжали Н.А.Загоровский [60–64] и А.К.Макаров [95]. Н.А.Загоровскому мы обязаны первым списком рыб Березанского и Тилигульского лиманов. Н.А.Загоровский [63], Е.А.Невинская [107] и А.П.Квинтилионов [84] много внимания уделяли вопросам выращивания в лиманах молоди кефали, развитию кефалевыростных хозяйств, Ф.Великохатко — миграции рыб [21].

После Великой Отечественной войны ихтиологические исследования на лиманах проводили А.И.Амброз [4] и Ф.С.Замбриборш [65–73]. Последним впервые приведен полный список рыб лиманов и лагун Северо-Западного Причерноморья, указаны источники ихтиофауны каждого лимана [74].

В настоящей работе предпринята попытка сравнительно-временных ихтиологических исследований лиманов междуречий Березанского, Тилигульского и Хаджибейского. А так как постоянными источниками пополнения рыбного населения лиманов являются Днепровско-Бугский и Днестровский эстуарии, то в работе рассматриваются частично и они.

В открытых Днепровско-Бугском и Днестровском лиманах в 1960–65 гг. насчитывалось 85 видов рыб, принадлежащих к 26 семействам, 17 из которых представлены по одному виду¹. Сходство ихтиофауны (табл. 54) двух эстуариев исключительно высоко. Коэффициент общности Серенсена выше 87 %, наибольшим видовым составом представлены семейства карповых (30 %) и бычковых (20 % общей ихтиофауны), что свидетельствует о высокой адаптации видов этих семейств к неустойчивым гидрологическим условиям, а первую очередь к нагулу, а бычковых — к размножению в солоноватой воде.

Среди рыб открытых лиманов — жилые, т.е. постоянно живущие в лиманах, и иммигранты, проходившие через лиманы (проходные), при

¹ Кроме перечисленных видов, для Днепровско-Бугского лимана указаны: *Acipenser nudiiventris*, бобырец — *Leuciscus borysthenicus*, шемая — *Chalcoburnus chalcoides*, быстрянка — *Alburnoides bipunctatus*, синца — *Abramis bairdii*, берш — *Stizostedion volgensis*, скумбрия — *Scomber scombrus* и бенитофилоидес *Benthophiloides braueri*.

Таблица 54. Динамика ихтиофауны лиманов Северо-Западного Причерноморья

Семейство и вид рыб	Лиман							
	Днепр-овско-Буг-ский	Днестров-ский			Бережан-ский		Тилигуль-ский	
		1964	1964	1975	1986	1930	1964	1964
Осетровые — Acipenseridae								
Белуга <i>Huso huso</i> (L.)	К	К	К	К	К	К	—	—
Русский осетр <i>Acipenser guldensmidtii</i> Brandt	К	К	К	—	К	К	—	—
Севрюга <i>A. stellatus</i> Pallas	К	К	К	К	К	К	К?	—
Стрелка <i>A. ruthenus</i> L.	К	К	К	—	—	—	—	—
Сельдевые — Clupeidae								
Сельдь <i>Alosa kessleri pontica</i> (Eichwald)	К	К	К	К	К	К	К	К
Пузанок — <i>A. caspia nordmanni</i> Antipa	К	К	К	К	К	К	К	К
Тюлька — <i>Chipeonella cultriventris cultriventris</i> (Nordmann)	К	К	К	К	К	К	К	К
Минор — <i>Sprattus sprattus phalericus</i> (Risso)	МБ	?	—	—	МБ	МБ	МБ	
Анчоусовые — Engraulidae								
Анчоус — <i>Engraulis encrasicolus ponticus</i> Aleksandrov	—	МС	—	—	МС	МС	МС	—
Лососевые — Salmonidae								
Черноморский лосось — <i>Salmo trutta labrax</i> Pallas	МБ	—	—	—	МБ	МБ	—	
Щуковые — Esocidae								
Щука — <i>Esox lucius</i> L.	Р	Р	Р	Р	—	Р	Р	Р
Умбровые — Umridae								
Умбра — <i>Umbrina arameri</i> Walbaum	—	Р	Р	—	—	—	—	—
Карповые — Cyprinidae								
Плотва — <i>Rutilus rutilus</i> (L.)	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
Вырезуб — <i>R. frisii frisii</i> (Nordmann)	К	К	К	—	К	К	К	—
Елец — <i>Leuciscus leuciscus</i> (L.)	Р	Р	—	—	—	—	—	
Головань — <i>L. cephalus</i> (L.)	Р	—	Р	—	—	—	—	—
Язь — <i>L. idus</i> (L.)	Р	Р	Р	Р	—	Р	Р	—
Краснопёрка — <i>Scardinius erythrophthalmus</i> (L.)	Р	Р	Р	—	Р	Р	Р	
Белый амур — <i>Ctenopharyngodon idella</i> (Valenciennes)	—	—	Р	—	—	—	—	—
Жерех — <i>Aspius aspius</i> (L.)	Р	Р	Р	Р	—	Р	Р	
Окунь — <i>Leucaspis delineatus</i> (Heckel)	Р	Р	Р	—	—	Р	Р	—

Семейство и вид рыб	Лиман							
	Днепр-ско-Буг-ский	Днестров-ский			Березан-ский		Тилигул-ский	
		1964	1973	1986	1930	1964	1964	1980
Линь — <i>Tinca tinca</i> (L.)	Р	Р	—	Р	Р	Р	Р	—
Нодуст — <i>Chondrostoma toxostoma</i> (L.)	Р	Р	Р	—	—	—	—	—
Чебучек — <i>Pseudorasbora parva</i> (Schlegel)	—	—	Р	Р	—	—	—	—
Пескарь — <i>Coblo gobio</i> (L.)	Р	Р	Р	Р	—	—	Р	—
Усач — <i>Barbus barbus</i> (L.)	Р	Р	—	—	—	—	—	—
Уклея — <i>Alburnus alburnus</i> (L.)	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	—
Густера — <i>Blicca blicca</i> (L.)	Р	Р	Р	Р	—	—	—	Р
Лещ — <i>Abramis brama</i> (L.)	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
Белоглазка — <i>A. sapa</i> (Pallas)	К	К	К	К	—	—	—	—
Рыбец — <i>Vimba vimba n. carinata</i> (Pallas)	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	—
Чехонь — <i>Pelecus cultratus</i> (L.)	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	—
Горчак — <i>Rhodeus sericeus amarus</i> (Bloch)	Р	Р	Р	Р	—	—	—	Р
Карась золотой — <i>Carassius auratus</i> (L.)	Р	Р	—	—	Р	—	—	—
Карась серебряный — <i>Carassius gibelio</i> (Bloch)	Р	—	Р	Р	—	Р	Р	Р
Сазан — <i>Cyprinus carpio</i> L.	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
Белый толстолоб — <i>Hypophthalmichthys molitrix</i> (Val.)	—	—	Р	Р	—	—	—	—
Пестрый толстолоб — <i>Aristichthys nobilis</i> (Rich)	—	—	Р	Р	—	—	—	—
Вьюновые — <i>Cobitidae</i>								
Вьюночка — <i>Cobitis taenia</i> L.	—	—	Р	Р	—	—	—	—
Вьюн — <i>Misgurnus fossilis</i> (L.)	Р	Р	Р	Р	—	Р	Р	—
Сомовые — <i>Siluridae</i>								
Сом — <i>Silurus glanis</i> L.	Р	Р	Р	—	—	Р	Р	—
Угревые — <i>Anguillidae</i>								
Угерь — <i>Anguilla anguilla</i>	МБ	МБ	МБ	—	—	МБ	МБ	—
Саргановые — <i>Belontiidae</i>								
Сарган — <i>Belone belone cuxini</i> Günther	—	МБ	—	—	—	—	—	—

Семейство и вид рыб	Лиман							
	Днепр- ровско- Буг- ский	Днестров- ский			Березан- ский		Тилигуль- ский	
		1964	1975	1986	1930	1964	1964	1980
Тресковые – Gadidae								
Мерлянка – <i>Merlangius merlangus euxinus</i> (L)	–	МБ	–	–	–	–	–	–
Колосиковые – Gasterosteidae								
Трехиглая колосика – <i>Gasterosteus aculeatus</i> L.	МБ	МБ	МБ	МБ	МБ	МБ	МБ	МБ
Малая южная колосика – <i>Pungitius platigaster platigaster</i> (Kessler)	К	К	К	–	К	К	К	К
Пучкохвостые – Syngnathidae								
Пухлощекая игла – <i>Syngnathus abaster</i> Risso	МС	МС	МС	МС	МС	МС	МС	МС
Длиннорылая игла – <i>S. typhle</i> L.	МС	МС	МС	–	МС	МС	МС	МС
Змеевидная игла – <i>Necorhinus orphidion</i> (L)	МС	–	–	–	МС	МС	МС	МС
Кефаловые Mugilidae								
Сингиль – <i>Liza (Liza) aurata</i> (Risso)	МС	МС	МС	МС	МС	МС	МС	МС
Остронец – <i>L. (Protomugil) callens</i> (Risso)	–	МС	МС	МС	МС	МС	МС	МС
Лобан – <i>Mugil cephalus</i> L.	МС	МС	МС	МС	МС	МС	МС	МС
Атериновые – Atherinidae								
Атерина – <i>Atherina boyeri</i> Risso	МС	МС	МС	МС	–	МС	МС	МС
Ушастые окуни – Centrarchidae								
Солнечная рыба – <i>Lepomis gibbosus</i> (L)	–	Р	–	–	–	Р	–	–
Окуновые – Percidae								
Судак – <i>Stizostedion lucoperca</i> (L)	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
Морской судак – <i>Stizostedion marinus</i> (Cuvier)	К	–	–	–	К	К	–	–
Окунь – <i>Perca fluviatilis</i> L.	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
Перкарка – <i>Percarina demidoffi</i> Nordmann	К	К	К	К	К	К	К	К
Чоп – <i>Aspro cingel</i> (L)	–	–	–	–	–	–	–	–
Ерш посарь – <i>Acerina acerina</i> (Guldenstadt)	Р	Р	–	–	–	–	–	–
Ерш обыкновенный – <i>A. cernua</i> (L)	Р	Р	Р	Р	–	–	–	–

Семейство и вид рыб	Пиман							
	Днепр-ско-Буг-ский	Днестров-ский			Бережан-ский		Тилигуль-ский	
		1964	1975	1986	1930	1964	1964	1980
Луфаревые — Pomatomidae								
Луфарь <i>Pomatomus saltatrix</i> (L.)	MC	MC	—	—	—	—	—	—
Спаровые — Sparidae								
Морской карась — <i>Diplodus annularis</i> (L.)		MC	—	—	—	—	—	—
Барбульковые — Mullidae								
Султанка — <i>Mullus barbatus ponticus</i> Esipov	—	MC	MC	—	—	MC	—	—
Губановые — Labridae								
Зеленушка — <i>Symphodus (Crenilabrus) ocellatus</i> (Forsskal)	—	—	—	—	—	—	—	MC
Бычковые — Gobiidae								
Блаикет — <i>Aphia minuta</i> (Risso)	—	MC	MC	—	—	—	—	—
Поматосхистус — <i>Pomatoschistus marmoratus</i> (Risso)	MC	MC	MC	—	MC	MC	MC	MC
Бубырь поматосхистусский — <i>P. caucasicus</i> (Kawrsky)	К	К	—	—	К	К	К	К
Киповичка — <i>Knipowitschia longicaudata</i> (Kessler)	К	К	К	К	—	—	—	К
Травяник — <i>Gobius ophiocephalus</i> Pallas	MC	MC	MC	—	—	MC	MC	MC
Черный бычок — <i>Gobius niger</i> L.	—	—	—	—	—	—	—	MC
Ротан — <i>Neogobius ratan</i> (Nordmann)	К	—	К	—	—	К	—	К
Крутляк — <i>N. melanostomus</i> (Pall.)	К	К	К	К	К	К	К	К
Рыжик — <i>N. cephalargus</i> (Pallas)	К	К	К	К	—	К	К	К
Сарман — <i>N. syrtan</i> (Nordmann)	К	К	К	К	—	К	К	К?
Головач — <i>N. kessleri</i> (Günther)	К	К	К	К	—	—	—	—
Песчанник — <i>N. fluviatilis</i> (Pallas)	К	К	К	К	К	К	К	К
Голец — <i>N. gymnotracheus</i> (Kessler)	К	К	К	К	К	К	К	К
Кнут — <i>Mesogobius batrachocephalus</i> (Pallas)	К	К	—	—	К	К	К	К
Иудиц — <i>Proterorhinus marmoratus</i> (Pallas)	К	К	К	К	К	К	К	К

Семейство и вид рыб	Лиманы							
	Днепр-ско-Буг-ский	Днестров-ский			Березин-ский		Тилигуль-ский	
		1964	1975	1986	1930	1964	1964	1980
Пуголовка — <i>Benthophilus stellatus</i> (Sauvage)	К	К	К	К	К	К	К	К
Каспийская — <i>Caspionoma caspium</i> (Kessler)	К	—	К	—	—	—	—	—
Калужские — <i>Scophthalmidae</i>								
Котик — <i>Psetta maculosa</i> (Pallas)	МС	МС	МС	—	МС	МС	—	—
Камбаловые — <i>Neuronectidae</i>								
Глосса — <i>Platichthys flesus</i> (Pallas)	МБ	МБ	МБ	МБ	МБ	МБ	МБ	МБ
Тригловые <i>Trigidae</i>								
Морской петух — <i>Trigla lucerna</i> L.	—	—	—	—	—	МС	—	—
Σ	67	68	64	44	41	55	49	38
В том числе: К	25	22	22	16	16	20	16	16
МБ	5	4	3	2	4	4	4	2
МС	10	15	11	5	8	13	10	11
Р	27	27	28	21	13	18	19	9
Общих видов — 58								
К (Сереженка) = $\frac{2c}{a+b} = \frac{116}{133} \cdot 100 = 87,2\%$, где c — число общих видов, a — 67, b — 68								
К	25,3	32,3	34,4	36,4	39,0	36,4	32,6	42,1
МБ	7,5	6,0	4,7	4,5	9,8	7,3	8,2	5,8
МС	14,9	22,0	17,2	11,4	19,5	23,6	20,4	28,9
Р	40,3	39,7	43,7	47,7	31,7	32,7	38,8	23,7

Обозначение комплексов: К — каспийский, МБ — бореальный, МС — средиземноморский, Р — пресноводный.

ходящие сюда для нагула или размножения. Среди проходных, совершающих анадромную миграцию, — белуга, осетр, севрюга, сельдь, пузанок, черноморский лосось и катадромную — речной угорь. Взрослые, а тем более половозрелые особи этих видов редко задерживаются в лиманах, молодь же их здесь нагуливается, особенно в приморских частях, а подрастая, уходит в море.

К иммигрантам относятся пришлые сюда для нагула как из реки (реофили), так и из моря. Некоторые из последних (атерина) здесь успешно размножаются.

В составе ихтиофауны рассматриваемых лиманов четыре фаунистических комплекса: пресноводный (около 40 % видов), каспийский (25–32 %), морской средиземноморский (15–22 %) и морской бореальный (6–7,5 %).

Бореально-атлантический комплекс, за исключением трехитлой колюшки, использует для нагула лишь приморские, осолоненные части лиманов и только при низкой температуре.

Морской теплолюбивый комплекс, кроме иммигрантов, представлен постоянными обитателями лиманов. Среди них толстокрылая, пухлошекая и змеевидная иглы — они успешно размножаются в лиманах, вынашивая потомство в выводковых сумках. К жилым видам этого комплекса относятся также бубырь мраморный, отчасти бычок-травяник, охраняющие икру в гнездах.

К иммигрантам, главным образом для летнего нагула, следует отнести три вида кефали, луфарю, морского карася и барабулю (редких здесь), афию и калкана, саргана и атерину. Последняя успешно здесь размножается, откладывая икру на растительный субстрат. Ни бореальный, ни средиземноморский комплексы, за редким исключением существенного значения в промысле не имеют.

В каспийском комплексе 22-25 видов, в том числе 13 (54 %) видов бычков. Все бычки размножаются в лиманах, проявляя заботу о потомстве. К постоянным обитателям лиманов, кроме бычков, относятся тюлька, откладывающая пелагическую икру.

Морской судак представлен только в Днепровско-Бугском, отчасти в Березанском лимане, изредка заходит в реки Днепр и Южный Буг, размножается, откладывая икру в гнезда, охраняемые самцом. И выреуб, и белоглазка для размножения входят в реки, первый поднимается вверх дальше белоглазки и откладывает икру на камни (литофильный), тогда как белоглазка — фитофил и высоко вверх не идет. Выреуб, белоглазка, морской судак являются промысловыми, но встречаются редко. Тюлька и перкарина — массовые виды и служат объектами промысла. Это относится и к бычкам. Из 13 понтических видов 8 промысловые, важнейшими из них следует считать песчаника, кругляка, сирмана.

Оба лимана являются эстуариями. Поэтому в них преобладают пресноводные виды рыб (27-29; 40 %), среди них карповые — 28 видов, окуневые — 4 вида. Умбра встречалась только в вершине Днепровского лимана, куда попадает весной из пойменных озер. Обычна щука, которая предпочитает вершинные части лиманов.

Из карповых — елец, голавль, подуст, пескарь и усач — реофилы и попадают в лиман в половодье. Они относительно редки в лиманах, хотя обычны в средних течениях рек. Типичны для лиманов лещ, карась серебряный, жерех, укля, сазан, отчасти чехонь и рыбец, самой массовой является плотва (тарань). Красноперка, овсянка, укля, горчак попадают в лиманы из дельтовых водоемов, где и размножаются. Подавляющее большинство видов лимнофильного комплекса по экологии размножения относятся к фитофильным. Жерех, рыбец и отчасти язь — литофильные. Растительного покрова, тем более твердого грунта в лиманах практически нет (а если и есть, то подвергаются осолонению),

поэтому фитофилы и литофилы для размножения уходят. Первые в дельтовые водоемы, вторые в реки, составляя грушу полуироходных рыб. На большее или меньшее расстояние от лимана уходит чехонь, выметывая придонно пелагическую икру. Некоторая часть лимнофилов, в том числе сазан, карась серебряный, плотва, размножается в придельтовых участках лиманов.

Из окуневых рыб постоянными обитателями лиманов являются судак, окунь, ерш. Могут размножаться в лиманах, в дельтовых водоемах и в самой реке, строя и охраняя гнезда. Судак и окунь - ценные промысловые виды.

Солнечная рыба была зарегистрирована однажды в Днестровском лимане, а позже в дельте Днестра. Случайным компонентом в лиманах может быть назван выюн, который обычен в дельтах рек. Молодь сома, в отличие от взрослых рыб, здесь нередка.

Такова в общих чертах характеристика фауны рыб открытых лиманов (эстуариев). Ее следует признать исходной для закрытых и полукрытых лиманов. Но прежде чем перейти к описанию ихтиофауны лиманов, расположенных между Днепром и Днестром, рассмотрим ее изменения в Днестровском лимане за последние 20 лет. За своеобразную точку отсчета мы условно приняли 1964 г. К этому времени накопилось достаточно данных по ихтиофауне рассматриваемых лиманов.

Отметим, что приводимый нами список рыб Днепровско-Бугского лимана для 1961-1964 гг. сходен со списком А.Ц.Амброза [4], а Днестровского лимана с нашим списком 1953 г. Изменения в составе ихтиофауны до 1964 г. происходили не столь контрастно. Это естественно.

Период с 1949 по 1964 г. характеризуется маловодностью рек Северо-Западного Причерноморья, а следовательно, слабым опреснением лиманов. В Днестровском лимане в это время пресноводный комплекс составлял около 40 % фауны рыб, а морские (бореальный и средиземноморский) 30 %. Заметные изменения в составе ихтиофауны произошли после 1964 г., когда среднегодовой сток Днестра возрос до 12,3 км. Так как при этом проточность лимана усилилась, а соленость понизилась, то заход морских рыб в лиман ослаб. Возросла относительно численность видов пресноводного комплекса. Начиная с 1983 г. сток Днестра вновь сократился (до 7,48 км³), но численность рыб продолжала уменьшаться. Выпало 6 видов каспийского комплекса. В их числе каспиосома, стерлядь, вырезуб, осетр, бычки ратан и кнут. Первые три вида редки в устьевой области Днестра, последние три стали редкими в прибрежье северо-западной части Черного моря и не заходили в лиман. Конечно, здесь не исключен элемент случайности. Из морских рыб выпадение в 1986 г. трнкорылой иглы, бычка зеленчака и бычка лысуна случайно. Остальные виды стали редкими, в северо-западной части Черного моря. Отсутствие в лимане головля и подуста, а также белого амура естественно это рыбы текучих вод. Умбра,

красноперка и овсянка — рыбы дельтовых водоемов, а при слабом речном стоке попадание их в лиман сокращается. Необъяснимо выпадение из состава фауны сома.

Между Днепром и Днестром находится ряд лиманов, бывших много лет назад эстуариями степных, ныне пересыхающих рек: Березанский (р.Березань и Сасык), Тилигульский (р.Тилигул), Григорьевский (р.Малый Аджалык), Дофиновский (р.Большой Аджалык), Куяльницкий (р.Большой Куяльник), Хаджибейский (р.Малый и Средний Куяльники), Сухой (три балки). За исключением Березанского лимана, все они в прошлом раньше или позже потеряли естественную связь с морем. Эта связь периодически восстанавливалась или естественным путем вследствие наводнения и размыва песчаных пересыпей, или вследствие строительства искусственных каналов для выпуска молли рыб из моря.

После Великой Отечественной войны в Сухом лимане построен крупнейший на Черном море порт Ильичевск с паромной переправой и рыбным портом, а недавно на Григорьевском лимане создан порт Южный с припортовым заводом. Теперь эти лиманы широко соединены с морем и состав их фауны не отличается от такового прибрежных районов моря, морских заливов. Особое положение занимает Березанский лиман. По длине его водосборной площади и по количеству воды, приносимой его реками, он уступает Тилигульскому лиману, однако остается открытым. Это объясняется тем, что мощное Днепроовско-Бугское течение препятствует образованию сплошной пересыпи и опресняет его. Деятельностью южных ветров можно объяснить осолонение придонных его слоев воды.

Близость к Днепроовско-Бугскому лиману и связь с морем определили состав ихтиофауны этого лимана. Как в типично солоноватом водоеме в нем сохраняется реликтовый (каспийский) комплекс (36—39 %). Через гирло в него проникают морские виды. Треть ихтиофауны составляют пресноводные. Об устойчивости этого фаунистического комплекса можно судить из сравнительной таблицы. Н.А.Загоровский [63] насчитывал здесь 41 вид рыб. Мы дополнили его список 11 видами: 5 пресноводных, 4 — каспийских и 4 морс их. По-видимому, щука, жерех, овсянка, вьюн и сом не попали в список Н.А.Загоровского случайно. Наверное, они были в опресненном Бейкушском заливе и в двух, тоже опресненных, вершинах. Бычки (сирман, ратан и рыжик) в то время плохо идентифицировались. Что касается морского компонента (барабули, триглы), то они очень редки в северо-западном углу Черного моря. Труднее объяснить отсутствие в списке массовой здесь атерины и бычка зеленчака.

Ихтиофауна остальных лиманов периодически изменялась коренным образом. Как можно судить из работы А.Мейера [98], 150-170 лет назад в Тилигульский лиман заходили "красная" рыба, скумбрия, ставрида и даже тунец. А сто лет спустя П.Н.Бучинский [19] от-

мечает, что в южной части лимана обитали бычки кнут, рыжик и зеленчак, глосса, игла; в северной — плотва, сазан, судак. Поскольку в перечне нет средиземноморских иммигрантов, то можно заключить, что лиман был закрыт.

Продолжительная изоляция лимана от моря и наступивший засушливый период привели к значительному его усыханию. По данным Н.А.Загоровского [61], длина лимана сократилась до 30 км. Выше с.Калиновка дно лимана было покрыто солончаком. В это время пресноводные рыбы вымерли, остались лишь бычок зеленчак, глосса и игла рыба. К 1933 г. за счет осадков лиман опреснился и уровень его поднялся настолько, что весной 1934 г. произошел прорыв пересыпи и лиман соединился с морем. С этого периода началась регенерация его фауны как за счет днепровско-бугской и морской, так и реки Тилигул.

В 1953 г. в составе его ихтиофауны мы отмечали 34 вида, в 1960 — 45, в 1964 - 49. В их числе 16 (32,6 %) каспийских, 14 (28,6 %) морских и 19 (38,8 %) пресноводных. Наличие морских видов — показатель связи лимана с морем (искусственный канал). В 80-х годах по сравнению с 60-ми нами не обнаружены 16 видов, в том числе севрюга и речной угорь, ставшие редкими в северо-западной части Черного моря. Отсутствие массовых видов (шпрота и анчоуса) связано со временем функционирования искусственного канала и температурой воды в нем. Вырезуб редко выходит за пределы Днепровско-Бугского и Березанского лиманов. Одиннадцать пресноводных видов с перекрытием Днепра у Каховки стали редкими в северо-западном углу и, естественно, в лиман заходят редко.

В конце 20-х годов Н.А.Загоровский [62] писал, что лет 50-60 тому назад в Хаджибейском лимане водилась еще морская рыба (глосса, бычки). К 1896 г. лиман значительно усох, уровень его стал ниже морского, а концентрация ионов хлора превысила 35 г/л. К концу 30-х годов за счет поверхностного стока лиман вновь опреснился (до 16,7 г/л ионов хлора). В это время А.К.Макаров [95] предпринял успешную попытку интродукции в лиман креветок. Перед самой войной (1941) уровень лимана оказался выше морского на 2 м 17 см. Во время военных действий при взрыве дамбы лиман соединился с морем. Такая связь, продолжавшаяся вплоть до 1946 г., способствовала заходу в лиман морских рыб: атерины, трех видов кефалей, бычков (зеленчака и поматошистера черного) и др. После войны безуспешно вселяли в лиман бычков кнута и кругляка. Последующая изоляция лимана от моря и постепенное осолонение привели к вымиранию морских вселенцев, за исключением трех видов бычков и глоссы. Последняя при солёности 35-37 ‰ стала весьма многочисленной и давала высокие уловы. В начале 50-х годов в лиман вселяли молодь кефали, сеголетков камбалы, калкана для летнего нагула. Возрастающий сброс в лиман воды с полей фильтрации сопровождался постепенным опреснением и повышением уровня лимана, вымиранием глоссы, зеленчака и чер-

ного бычка. К 1974-75 гг. этих рыб не стало. Когда соленость снизилась до 8-11 ‰ (1978-1980), в лимане появились серебряный карась, окунь, плотва, укляя, проникшие сюда, по-видимому, из прудов, расположенных в долине р.Малый Куяльник. Это послужило поводом для активного вселения в лиман пресноводных рыб. В 1980 Г двумя рыбколхозами (им.Шмидта и "Черноморец") в лиман было пересажено из прудов около 2 млн сеголеток серебряного карася, а спустя год лиман зарыбляли молодь из Днестровского лимана. В настоящее время в лимане зарегистрированы следующие виды рыб: плотва, густера, белый амур, сазан (и карп), белый толстолобик, пестрый толстолоб, судак, окунь, бычки поматошистус и песчаник. Особенно многочисленны серебряный карась, окунь, бычок песчаник. Появилась молодь их, а также судака. После взрыва дамбы вода из Хаджибейского лимана попала в Куяльницкий лиман, последний сильно опреснился (до 19-35 ‰). С 1945 по 1953 г. в этом лимане жила глосса. После восстановления Хаджибейской дамбы Куяльницкий лиман быстро осолонился, глосса перестала размножаться и погибла.

"Современный гидролого-гидрохимический режим эстуарисв и лиманов закрытого типа благоприятен для жизни лишь некоторых эвригалинных пресноводных, эвригалинных морских и каспийских видов. В эстуариях стеногалинные виды рыб в период зимнего охлаждения воды (до 0,5-1,3 °С) уходят для зимовки в реки (пресноводные) или в море (морские). В закрытых лиманах такие миграции невозможны, поскольку реки, питающие их, пересыхают, а связь с морем прервана (даже в случаях, если она была установлена весной для запуска рыб).

Летний перегрев воды в мелководных лиманах неблагоприятен для морских бореально-атлантических видов (глоссы, мерланга, шпрота). Лишь первая не только бои'е или менее успешно летует, но и успешно размножается при солености, близкой и выше черноморской.

Ограничивают численность пресноводных видов рыб условия для воспроизводства, в первую очередь соленость. Для подавляющего большинства пресноводных видов она слишком высока. Мест выхода подпочвенных вод, где обычно складываются благоприятные условия солености и имеется необходимый нерестовый субстрат (пресноводные виды в основном фитофилы), очень мало. Именно это вынуждает рыб ценой жизни проникать на бывшее, но теперь уже пересыхающее нерестилище (перекат в вершине Тилигульского лимана) или откладывать икру на камышовые ляссы (изгородь из тростника), препятствующие выходу рыб в пересыхающую реку.

Массовыми видами рыб лиманов, включая эстуарии, являются понтические реликты: тюлька, бычки, перкарина. Первая размножается в лиманах в солоноватой воде, икра пелагическая. Бычки также размножаются в лиманах, но являются литофилами, откладывают икру в гнезда, охраняемые самцами. У перкарины тоже донная икра, откладываемая рыбами непосредственно на грунт. Средиземноморские теплолю-

бывшие виды заходят в лиман в основном для летнего нагула (кефали), нагула и размножения (атерина и сарган). С наступлением холодов они покидают лиман, оставшиеся, как правило, гибнут зимой.

Условия, складывающиеся в лиманах, ограничивают не только видовой состав ихтиофауны, но и количество особей каждого приспособившегося к ним вида, за исключением, быть может, тюльки. Это, в свою очередь, не может не сказываться на рыбопродуктивности рассматриваемых водоемов, которая в общем остается низкой, не соответствующей потенциальным кормовой базы.

В разных лиманах она различна и изменяется во времени. Судя по уловам, на первом месте находится Днепровско-Бугский лиман. С 1951 по 1964 г. включительно (маловодный период) здесь вылавливалось в среднем 26283 ц (34 кг/га) рыбы. Основу промысла составляли пресноводный (52,2 %) и каспийский (47,0 %) комплексы. В Последний входят проходные осетровые, сельдь, пузанок и жилые тюлька (11,8 %) и бычки (3,8 %). С каждого гектара вылавливалось лишь 11 кг тюльки. Значение морских рыб в уловах ничтожно мало.

В многоводный период (1965-1982) уловы рыб возросли почти в 2 раза, достигли 50 678 ц (65,3 кг/га). Однако качественный состав заметно ухудшился. Резко снизилась в уловах роль пресноводных рыб (до 9483 ц; 18,7 %) и возросла - каспийского комплекса (41194 ц; 81,3 %)»причем преобладала тюлька, которую вылавливали по 52,9 кг/га. В наступившем последующем маловодном периоде (1983-1984) уловы еще больше возросли (до 60489 ц; 77,9 кг/га), причем 83,4 % их составляла тюлька (около 65 кг/га).

Еще контрастнее различия между уловами предвоенных (1931-1940) и последних лет (1977-1986). В первый период тюлька составляла только 20 %, бычки 13, а частичковые 55,5 % общего улова (88444 ц; 113,9 кг/га).

Приведенные показатели свидетельствуют о неустойчивости экосистем Днепровско-Бугского лимана. В настоящее время трудно определить причины такого сдвига экосистемы, но, несомненно одно: исчезли Бузувлюкские и Конкские плавни, что привело к уменьшению численности молоди рыб в лимане. До сооружения Каховского гидроузла молодь днепровских рыб была нередкой. Даже у берегов Одессы, а крупные рыбы встречались даже у филофорного поля. Несколько возросший сток Днепра и Южного Буга не изменил общей ситуации, так же, как и наступившее новое его сокращение: тюлька по-прежнему господствует в лимане.

Днестровский лиман уступает Днепровско-Бугскому по площади в 2 раза, по водному стоку в 6 раз. В 5-8 раз здесь ниже уловы рыб. Среднегодовой улов рыб за 1951-1964 гг. составил здесь только 5608 ц (14,2 кг/га). Как и в первом, преобладали виды пресноводного комплекса (53 %). Остальную массу уловов давали каспийские виды, в том числе тюлька (2,8 %) и бычки (30,3 %). И в Днестровском лима-

не уловы постепенно возрастали, изменилась их качественная характеристика. В многоводный период (1965—1982) при относительно небольшом росте среднегодового улова (6719 ц; 16,8 кг/га) резко возрос удельный вес в уловах пресноводных рыб (75,5 %) и сократилась роль каспийских видов (до 20 %), особенно бычков (до 6,9 %).

Последующее сокращение стока Днестра (1983-1986) не изменило общей положительной тенденции: еще больше возросли уловы (до 7516 ц; 18,8 кг/га), увеличился улов пресноводных рыб и главным образом регулируемых видов (крупного частика), продолжалось снижение уловов бычков (табл. 55). Судя по численности и распределению молоди бычков, а также молоди крупночастиковых рыб, можно констатировать начало расцвета первых и депрессии вторых.

При сравнении уловов в двух эстуариях обращает на себя внимание тот факт, что в Днепровско-Бугском лимане с сокращением стока уловы постепенно возрастали. В пересчете на 1 км стока приходилось в первый период 544 ц, во второй — 1089 и в третий — 1539 ц. Ведущую роль играла тюлька — свыше 81 % общих уловов.

В Днестровском лимане такой закономерности не наблюдалось. Возросший в 1,5 раза сток привел к сокращению относительного улова: в первый период на 1 км приходилось 709 ц; во второй 574, в третий 1003 ц. В обоих лиманах шло постепенное снижение численности и улова бычков.

На третьем месте по количеству добываемой рыбы стоит Тилигульский лиман, но по связи с морем — Березанский. Последний как бы полуоткрыт. Находясь под влиянием днепровско-бугского течения, он заселен как рыбами, выходящими из этого лимана, так и морскими иммигрантами.

В 1965—1982 гг. в нем вылавливалось в среднем 687 ц (14,3 кг/га) рыб. Больше половины их (57,8 %) дают каспийские виды. Уловы пресноводных рыб едва превышали 30 %, около 11 % уловов давали морские рыбы. По сравнению с предыдущими годами в последние пять лет (1983—1987) среднегодовой улов существенно возрос до 965 ц (20 кг/га). Основную массу дают пресноводные рыбы (859 ц; 89 %), около 11 % — морские рыбы, в основном атерина.

Из закрытых лиманов наиболее рыбопродуктивен Тилигульский. Перед Великой Отечественной войной официальные уловы здесь превышали 12 тыс. ц, или 77 кг/га. С 1949 по 1964 г. уловы заметно снизились вследствие осолонения лимана при впуске в него морской воды. Среднегодовой улов в этот период достигал лишь 7685 ц (48 кг/га). Преобладали в уловах виды каспийского комплекса (5217 ц; 67,9 %), в том числе тюлька (28,7 %) и бычки (29,1 %). При работе морского канала в лиман заходили морские рыбы, главным образом атерина и кефаль, однако их роль в уловах невелика (9,1 %).

Осолонение лимана до 16—17 %, несмотря на период многоводья, ухудшило обстановку; сазан и тарапугка, дававшие высокие уловы,

Таблица 55. Динамика улова рыб в ливневых и рыбопродуктивных

Группа рыб	Днепро-Бугский				Днепро-Бугский				Березинский				Тягунский			
	Среднегодовой улов, п	Процент в улове	Рыбопродуктивность, кг/га	Среднегодовой улов, п	Процент в улове	Рыбопродуктивность, кг/га	Среднегодовой улов, п	Процент в улове	Рыбопродуктивность, кг/га	Среднегодовой улов, п	Процент в улове	Рыбопродуктивность, кг/га	Среднегодовой улов, п	Процент в улове	Рыбопродуктивность, кг/га	Среднегодовой улов, п
1951-1964 гг.																
Общий улов	26283	-	33,9	5608	-	14,2	-	-	-	-	-	-	4685	-	-	48,0
пресноводные	13726	52,2	17,7	2974	53,0	7,4	-	-	-	-	-	-	1769	23,0	-	11,0
каспийские	12557	47,7	16,2	2634	47,0	6,6	-	-	-	-	-	-	5217	67,9	-	32,6
только бычки	9158	34,8	11,8	155	2,8	0,4	-	-	-	-	-	-	2208	28,7	-	13,8
морские	2933	11,2	3,8	1700	30,3	4,2	-	-	-	-	-	-	3008	39,1	-	18,8
иные-граммы	78	-	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	699	9,1	-	4,4
1965-1982 гг.																
Общий улов	50678	-	65,3	6719	-	16,8	687	-	-	14,3	-	-	3850	-	-	24,1
пресноводные	9483	18,7	12,2	5340	79,5	13,3	214	31,1	-	4,4	31,1	4,4	204	5,3	-	1,3
каспийские	41194	81,3	53,1	1379	50,5	3,4	397	57,8	-	8,3	57,8	8,3	1648	43,6	-	10,5
только бычки	41061	81,0	52,9	125	1,8	0,3	75	11,0	-	1,6	11,0	1,6	1341	34,8	-	8,4
морские	958	1,9	1,2	465	6,9	1,2	318	46,3	-	6,6	46,3	6,6	337	8,7	-	2,1
иные-граммы	3,0	-	-	-	-	-	78	11,1	-	1,6	11,1	1,6	1968	51,1	-	12,3
1983-1987 гг.																
Общий улов	60489	-	77,9	7516	-	18,8	965	-	-	20,1	-	-	3550	-	-	22,2
пресноводные	-	-	-	6766	90,0	15,9	859	89,0	-	17,9	89,0	17,9	927	26,1	-	5,8
каспийские	-	-	-	750	10,0	1,9	-	-	-	-	-	-	259	7,3	-	1,6
только бычки	50424	83,4	65	301	4,0	0,7	-	-	-	-	-	-	258	7,3	-	1,6
морские	-	-	-	107	1,4	0,3	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
иные-граммы	-	-	-	-	-	-	106	11,0	-	2,2	11,0	2,2	2364	66,6	-	14,8

исчезли; снизилась численность бычков, измельчала тюлька. В это время среднегодовой улов снизился до 3850 ц (24,1 кг/га). Свыше 43 % его приходилось на каспийский комплекс, в котором по-прежнему преобладала тюлька. Уловы бычков, по сравнению с предыдущим периодом, снизились в 2 раза. Так как работал морской канал, увеличился заход атерины и других морских рыб, которые в общем составили 51,1 % улова.

В 1983-1987 гг. соленость оставалась высокой (12—13 ‰), уловы снизились до 3550 ц (22,2 кг/га). Удельный вес пресноводных рыб несколько возрос (до 26,1 ‰) за счет сазана, плотвы, судака; каспийских, включая тюльку и бычков, — снизился. Заметно возросла роль морских рыб - атерины (66,6 ‰).

В соответствии с изменением солености изменилось и рыбохозяйственное значение Хаджибейского лимана. Как отмечалось выше, морские рыбы заходили в лиман после взрыва дамбы 1941 г., когда установилась связь лимана с морем. Уже в 1945 г. здесь существовал не официальный промысел глоссы и бычка зеленчака.

После восстановления дамбы связь лимана с морем прекратилась, поэтому предпринимались попытки активного зарыбления лимана моллюсками кефали и камбалы калкана. Нами в лиман было пересажено для летнего нагула молоди кефали в 1950 г. 15 тыс., в 1951 — 1 млн, 1955 г. — несколько тысяч. Кефаль хорошо росла и к осени ее масса достигала 130—150 г. К сожалению, промысловый лов не был организован, но любители ловили кефаль весьма успешно. Зимой невыловленная в лимане кефаль погибала, предпринимались безуспешные попытки выращивать в лимане камбалу калкана. Сеголетки калкана в лимане к февралю достигали 300—450 г, зимой погибали.

Первый официальный улов глоссы 380 ц зарегистрирован в 1953 г. С 1957 до 1964 г. на рыбоприемные пункты поступали глосса и бычок зеленчак. Максимум добычи глоссы (794 ц) приходится на 1960 г., бычка (1 1255) — на 1959. Затем добыча обоих видов постепенно снизилась и полностью прекратилась в начале 70-х годов. (В это же время велась добыча мидий, достигшая в 1962 г. 7890 ц). После исчезновения глоссы в 1971 г. начался промысел травяной креветки (в 1972 г. выловлено свыше 6400 ц.). Отметим, что с первых дней появления в лимане глосса начала болеть постодиплостомозом, причем интенсивность поражения была так велика, что слепая белая сторона ее стала коричнево-пятнистой. Суммарный улов глоссы и зеленчака колебался в значительных пределах (11-1440 ц). Если принять площадь лимана 8600 га, рыбопродуктивность максимальная будет 168 кг/га, по глоссе намного ниже — 9,2 кг/га.

С опреснением лимана коренным образом изменилась структура уловов. С 1980 г. здесь добыто 544 ц, в том числе серебряного карася 334 ц и окуня 210. Максимальный улов этих рыб получен в 1984 Г.—

1137 ц (132,2 кг/га), главным образом за счет вселения в лиман сеголетков серебряного карася (10362 ц; 120 кг/га). С 1980 по 1987 постепенно росли уловы окуня, максимум получен в 1986 г. (3744 ц; 43,5 кг/га).

В 1987 г. в официальных уловах появились судак (105 ц), белый толстолобик (48 ц), карп, а по неофициальным любительским данным в лимане ловятся пестрый толстолоб, белый амур, густера, плотва. Последующее снижение уловов объясняется слабым воспроизводством рыб: в лимане фактически нет благоприятных условий для нереста фитофильных рыб.

Принадлежность к одному физико-географическому и геологическому региону обуславливает сходство лиманов Северного Причерноморья по некоторым гидрологическим характеристикам. Так, сравнительно малая глубина, повышенный фон температуры воздуха и значительное поступление солнечной энергии являются причинами очень хорошей теплообеспеченности водных масс Березанского, Хаджибейского и Тилигульского лиманов. На большей части акваторий этих водоемов гидробиологические процессы практически не лимитируются температурным режимом.

Обладая сравнительно небольшими, точнее, неширокими водными пространствами, исследуемые лиманы отличаются умеренной реакцией внутриводоемной динамики вод на ветровой режим. В этом их сходство между собой, а также отличие от соседних крупных водоемов региона — Днепровско-Бугского и Днестровского лиманов. Именно данным качеством объясняется ряд сходных гидрофизических характеристик их вод: мутность воды, прозрачность, цветность и другие оптические свойства.

В то же время рассматриваемые водоемы имеют ряд существенных различий, обусловленных разными причинами. В первую очередь следует обратить внимание, что один из них — Березанский — в отличие от остальных имеет активную связь с морем. Этот фактор, по существу, является решающим в формировании не только гидрологического, но и гидрохимического, а также гидробиологического режима этого водоема.

Определенное влияние на формирование разных гидрофизических характеристик водных масс исследуемых лиманов отзывает различный уровень испытываемого ими антропогенного воздействия.

Особенно заметно оно на Хаджибейском лимане, где повышенный приток поверхностных вод из-за сбросов с орошаемых массивов и населенных пунктов обусловил не только опреснение вод, но и значительное насыщение их взвешенными веществами.

Общая минерализация воды Березанского лимана зависит от водообмена с Черным морем, поступления пресных вод из акватории водосбора, количества осолоненной речной воды, поступающей через пролив из Днепровско-Бугского лимана, и колеблется от 3—4 ‰ весной до 13—14 ‰ осенью. Преобладающим анионом являются СГ, затем сульфаты и гидрокарбонаты.

Режим растворенных газов и биогенных элементов формируется под влиянием гидрометеорологических условий, жизнедеятельности растительных и животных организмов, водообмена с Черным морем, сточных вод из населенных пунктов и ферм.

Максимальное содержание растворенного кислорода (9—17 мг/л) наблюдается в зимний период в связи с увеличением его растворимости и снижением интенсивности деструкционных процессов, а также весной и в начале лета (5—14 мг/л), когда возрастает интенсивность фотосинтеза фитопланктона, а деструкция еще невысока. Минимальное содержание кислорода отмечено летом (в придонных слоях появляются анаэробные зоны) в связи с возрастанием интенсивности процессов минерализации органического вещества и загрязнения лимана стоками.

Содержание двуокиси углерода колеблется в пределах 0—40 мг/л, максимальное количество его приурочено к периодам анаэробных зон. Величина рН 6,2—9,2. Наблюдается устойчивая стратификация ее: снижение происходит от поверхностных слоев ко дну.

Количество аммонийного азота подвержено большим колебаниям как во времени, так и в пространстве от 0 до 1,8 мг/л. Отсутствие его отмечалось при нагоне воды с моря в разные периоды года, максимальные концентрации — летом в период естественного развития окислительных процессов, в основном в придонных слоях воды. Концентрация нитритного азота колеблется от 0,003 до 0,036 мг/л, максимальные показатели наблюдаются летом и зимой при ухудшении кислородного режима.

Колебания концентрации нитратного азота происходят в пределах 0—3,0 мг/л. Минимальные ее значения зарегистрированы в основном в теплое время года при интенсивном потреблении нитратов планктоном, а также при образовании анаэробных зон. В сезонном аспекте нарастание количества нитратов происходит от весны к лету.

Количество минерального фосфора также подвержено широким колебаниям от 0 до 0,417 мг/л. Минимум его содержания наблюдается обычно весной в связи с интенсивным потреблением гидробионтами, максимум — в летний период в условиях развития в придонных слоях водоема восстановительных процессов. При продолжительных сгонах обратное компенсационное течение значительно осолоняет лиман, что приводит к снижению содержания фосфора. Накопление фосфора в лимане происходит от зимы к лету, а в разрезе нескольких лет (1979-1987) намечается тенденция постепенного увеличения его содержания.

Количество железа изменяется в пределах 0—1,0 мг/л. Минимальные концентрации его наблюдаются весной, максимальные — летом при сгонах, а также при образовании анаэробных зон. Отмечено значительное увеличение содержания железа в ночное время суток, что, очевидно, связано с увеличением вертикального перемешивания водной толщи. Количество кремния возрастает от весны к лету и осени и колеблется

в пределах 0—9 мг/л. Наиболее высокие его концентрации приурочены к мелководьям северной части, а также к периодам нагона морской воды.

В Тилигульском лимане основными факторами формирования гидрохимического режима являются поверхностный сток и гидрометеорологические условия в регионе. Соленость воды в лимане изменяется по сезонам и колеблется в пределах 5—17 ‰. Вода, по классификации

О.А.Апекина, является хлоридно-натриевой второго типа (Clj^2).

Газовый режим формируется под влиянием местных метеорологических и гидрологических условий, а также жизнедеятельности развивающихся в лимане растительных и животных организмов. В среднем содержание растворенного в воде кислорода довольно высокое и составляет 9,2 мг/л, или 91 % насыщения. Однако в летний период в теплые безветренные дни создается напряженный газовый режим с образованием анаэробных зон в глубинных придонных слоях.

Отсутствие в воде угольной кислоты в летний период обуславливается интенсивным ее потреблением растительными организмами. Об этом же свидетельствует и довольно высокая величина рН — в среднем 8,2—8,4.

Концентрации биогенных элементов и их колебания связаны с интенсивностью внутриводоемных процессов в лимане. В среднем за период исследований они составили, мг/л: аммонийного азота — 0,378, нитритного — 0,009, нитратного — 0,068, фосфора — 0,144, железа — 0,121, кремния — 1,0135.

На формирование гидрохимического режима Хаджибейского лимана указанных для Тилигульского факторов большое влияние оказывают поступающие сточные воды г.Одессы. Минерализация воды в нем составляет 4—9 ‰. В течение всего года вода хлоридно-натриевая второго типа (Clj^2). Концентрация растворенного в воде кислорода колеблется в пределах 2,76—18,9 мг/л, или 28—214 % насыщения. В летний период наблюдаются анаэробные зоны, вертикальные градиенты концентрации кислорода максимальны и достигают 10—15 мг/л. Величина рН колеблется в пределах 7,5—8,9 с минимальными значениями зимой и летом, максимальными — весной. Концентрация двуокиси углерода достигает максимальных величин в районе поступления сточных вод — до 40—70 мг/л.

Концентрация биогенных веществ в среднем за период исследований составила, мг/л: аммонийного азота — 0,822, нитритного — 0,040, нитратного — 0,092, минерального фосфора — 0,976, железа — 0,177, кремния — 0,185. Наиболее высокая концентрация органического вещества в Березанском лимане в зимне-весенний период, в Тилигульском — весной, в Хаджибейском она может быть максимальной и весной, и зимой. Летом, а иногда к осени концентрация ОВ в лиманах снижается до минимума.

Распределение ОВ по акватории лиманов и глубине неоднозначно и зависит от гидрологических условий (связь с морем, различие уровней, сложность рельефа дна). Как правило, максимальные концентрации ОВ наблюдаются в северной мелководной части лиманов. Исключение составляет Хаджибейский лиман, где высокие концентрации ОВ характерны для южной части, что связано с поступлением в него сбросных вод. В Березанском и Тилигульском лиманах наблюдается обратно пропорциональная связь между соленостью и количеством ОВ.

Концентрация органического углерода всегда выше ПО, поэтому соотношение t_4 — ниже 1,0, а это дает основание считать, что в лиманах орг

Северного Пгжчерноморья преобладает нетрансформированное ОВ. Соотношение d_e изменяется по сезонам: летом оно выше 1,0, весной и осенью не превышает 0,5, что свидетельствует о преобладании в летний период ОВ планктонного происхождения.

Фитопланктон Березанского лимана в основном пресноводный, морские и солоноватые формы составляют менее 1/3 общего состава. Численность его в различных частях водоема колеблется от 80—2555 тыс. кл/л зимой до 0,101—25,318 г/м³ летом. Самые высокие показатели первичной продукции характерны для южной части лимана (среднесезонные величины A колеблются от 2,44 до 7,36 г О. • м³ • сут⁻¹, а A/R — от 0,71 до 6,16 г О. • м³ • сут⁻¹), где в зонах контакта морских и опресненных вод фитопланктон обеспечивается биогенными элементами.

В центральной части среднесезонные показатели A колеблются в пределах 2,46–6,31, в северной — от 0,82 до 5,19 г О. • м³ • сут⁻¹. Чистая продукция в этих частях не превышает 1,21 г О. • м³ • сут⁻¹. Деструкция в южной части водоема ниже, чем в северной и центральной.

Коэффициент A/R в северной части и центральной осенью ниже 1,0, а в южной постоянно выше 1,0, т.е. процессы преобразования ОВ в этой, части лимана преобладают над процессами разрушения. Суммарная валовая первичная продукция за вегетационный период в разных частях лимана составляет 181–297 г С/м³ следовательно, лиман относится к типу эвтрофных водоемов. В фитопланктоне Тилигульского лимана пресноводные формы составляют 55 % общего состава, морские — 18, солоноватоводные и пресноводносолоноватоводные — 27%.

Численность фитопланктона колеблется зимой от 10 до 5220 тыс. кл/л, биомасса от 0,165 до 17,470 мг/л. Весной численность составляет 40–8360 тыс. кл/л, биомасса 0,001–7,250 мг/л, летом соответственно 60–7510 и 0,130–15,115, осенью 35–9620 и 0,059–20,115.

Наиболее интенсивное образование ОВ в процессе фотосинтеза происходит в южной и центральной частях лимана, где валовая первич-

пая продукция в летний период держится на уровне 0,57-13,02 г O_2 х x м² • сут⁻¹, а чистая продукция колеблется от +7,01 до -4,85 г O_2 х x м² • сут⁻¹. В центральной части валовая первичная продукция превышает деструкцию во все сезоны, в южной в осенний период процессы разрушения органических веществ преобладают над их образованием. В северной части валовая первичная продукция самая низкая — 0,15—1,98 г O_2 х x м² • сут⁻¹.

В течение вегетационного периода в лимане образуется ежедневно от 13,2 до 28,8 кг/га органического вещества, по уровню валовой первичной продукции за год (180 г O_2 /м²) Тилигульский лиман можно отнести к типу мезотрофных водоемов.

В фитопланктоне Хаджибейского лимана пресноводные формы составляют 79 %, пресноводно-соленоватоводные — 10, соленоватоводные — 6 и морские — 5 % общей численности (61 таксон). Наиболее массовыми являются зеленые (41 %) и диатомовые (28%); синезеленые, эвгленовые и пирокситовые составляют соответственно 11,10 и 8 % общего состава. Численность колеблется в очень широких пределах — от 640 тыс. кл/л в зимне-весенние периоды до 850095 весной, биомасса изменяется от 0,076 до 96,088 мг/л. Для лимана характерны вспышки развития отдельных видов зеленых и эвгленовых водорослей.

Валовая первичная продукция изменяется в летний период в центральной и северной частях лимана от 3,00 до 20,07 г O_2 х x м² • сут⁻¹, в южной — от 0,20 до 4,68. В осенне-летний период в лимане ежедневно образуется от 7,2 до 60,0 кг/га органического вещества. По уровню суммарной годовой валовой первичной продукции (свыше 300 г C /м²) лиман можно отнести к типу гиперотрофных.

В Березанском и Хаджибейском лиманах общая численность бактериопланктона по средним данным не превышает 4,0—6,0 млн кл/мл в поверхностном и придонном слоях воды, в Тилигульском она значительно ниже — 2,4—4,0 млн кл/мл. По уровню развития бактериопланктона исследованные лиманы относятся к высокопродуктивным эвтрофным водоемам.

Средние величины запасов бактериопланктона составили в Тилигульском лимане 1757,5 т, в Березанском — 1814,7, в Хаджибейском — 2390,8. Максимальные концентрации гетеротрофных бактерий наблюдались в Березанском, Тилигульском и в южном районе Хаджибейского лимана, они составили 27,8, 28,9 и 74,7-142,0 тыс. кл/мл соответственно. Минимальное их количество отмечено в Березанском и Тилигульском лиманах (0,8 тыс. кл/мл). Продукция бактериопланктона в Тилигульском лимане летом измеряется 2,8 млн кл/мл в сутки. Осенью продукция бактериопланктона снижается в 2—3 раза и составляет 0,9 млн кл/(мл • сут.).

Продукционные характеристики бактериопланктона гетеротрофных бактерий свидетельствуют, что воспроизводство и минерализация органического вещества протекают наиболее активно летом и весной, снижаясь к осени.

В зоопланктоне Березанского лимана преобладают эвригалинные и солоноватоводные формы (58 %). Наиболее интенсивное развитие его происходит в южной части лимана, в которой самые благоприятные биотические и абиотические условия. По многолетним данным, биомасса зоопланктона составляет в этой части зимой 0,378 г/м³, весной 3,392, летом 3,368 и осенью 0,648. В центральной и северной частях эти показатели равны соответственно 0,246, 4,434, 1,092 и 0,961 г/м³. Запасы по среднегодовым показателям колеблются от 1,089 до 8,055 г/м³.

В Тилигульском лимане солоноватоводных и эвригалинных организмов 33 %, столько же морских, а пресноводных всего 4 %. Биомасса зоопланктона распределяется по акватории лимана в различные сезоны не одинаково, средние показатели ее колеблются от 0,011 г/м³ (зимой в южной части) до 20,809 (весной в северной части), средние запасы по лиману составляют 4,728-8,491 г/м³.

В Хаджибейском лимане преобладают пресноводные (41 %) и солоноватоводные (18 %) формы. Довольно большую часть зоопланктона (23 %) составляют морские формы. Биомасса формируется за счет массового развития одного или нескольких видов организмов. В северной и центральной частях в разные сезоны она выше (0,215—16,610 г/м³), чем в южной (до 11,973 г/м³), средние запасы зоопланктона 11,299—24,651 г/м³. Общие запасы зоопланктона в Хаджибейском лимане (1061,0—2321,3 т) примерно в 2 раза выше, чем в Тилигульском, и более чем в 5 раз превышают запасы Березанского лимана.

На развитие макрозообентоса в лиманах лагунного типа (Березанском) основное влияние оказывает соленость, которая зависит от поступления осолоненных морских и опресненных вод Днепровско-Бугского лимана, в лиманах озерного типа (Тилигульском) — соленость, характер грунта и сток с водосборной площади, в Хаджибейском — качество воды. В связи с растущим загрязнением вод Хаджибейского лимана и снижением солености наблюдается обеднение донной фауны, снижение ее количественных показателей.

Донные отложения лиманов представлены илами (от 64 % в Тилигульском до 77 в Хаджибейском), на долю ракушечника приходится 2—3 % площади дна, а песчаные отложения речного генезиса имеются лишь в верхних частях водоемов.

Комплекс источников вещества, из которого формируются донные отложения лиманов, характеризуется общим качеством — преобладанием глинистых пород неогена с содержанием тонкодисперсных частиц 30 % и более. В иловых отложениях разных типов довольно четко распределены частицы разной крупности. Иелитовая фракция (частицы диаметром менее 0,01 мм) составляют 2-5 % сухой массы несков и более 30 % глинистых илов.

Водно-физические свойства донных отложений хорошо прослеживаются по показателям влажности и объемной массы скелета: в песчаных грунтах содержание поровых вод не превышает трети массы твер-

дой фазы вещества, а в глинистых в 1,5-2,5 раза превышает ее по массе. По мере углубления в слой ила растет объемная масса его скелета и снижается влажность. В минералогическом составе иловых отложений преобладание гидрослюд сочетается с наличием большого количества глинистых минералов смешанного монтмориллонито-гидрослюдастого состава.

Формирование химического состава донных отложений происходило при участии морских вод, что отложило отпечаток в виде комплекса солей морского генезиса, вошедших в состав поровых вод и твердую фазу донных отложений. Наиболее типичным компонентом этого комплекса является хлор, количество которого в илах Хаджибейского лимана в 3 раза, а в илах Березанского — в 10 раз выше, чем в песках. Самое высокое содержание углерода общего и органического — характерно для илов Березанского лимана. Органического углерода содержится 0,66-2,3 % сухой массы по сравнению с 0,14-1,34 в Хаджибейском и 0,91—1,51 — в Тилигульском.

Иловые отложения с высоким содержанием органического вещества могут оказывать отрицательное влияние на развитие водных организмов, особенно донных, в связи с тем что в глубинных участках лиманов, прежде всего закрытых, нередко возникают анаэробные условия и формируются зоны сероводородного заражения.

Формирование качества воды лиманов происходит под влиянием стоков с акватории водосбора, сельскохозяйственных стоков (из животноводческих и птицевферм), гидрометеорологических условий, влекущих за собой изменения режима биогенных элементов и уровня развития растительных и животных организмов. В Березанском лимане на формирование качества воды большое влияние оказывает водообмен с морем, в Хаджибейском — сброс коммунальных стоков г.Одессы. В последнем наиболее низкое качество воды, по комплексу показателей она соответствует разрядам "слабозагрязненная"—"умеренно загрязненная", по уровню первичной продукции, БПК, и ПО, а также коэффициенту самозагрязнения — самоочищения A/R — "предельно грязная". В Тилигульском лимане вода оценивается как "слабо загрязненная", а в Березанском — "достаточно чистая" — "слабо загрязненная".

Ихтиофауна лиманов бедна, а рыбопродуктивность низка, и судя по кормовым ресурсам, не соответствует потенциальной. При достаточно широкой и устойчивой связи с морем и слабом притоке вод лиман превращается в морской залив с морской и отчасти каспийской ихтиофауной (Григорьевский и Сухой лиманы). При слабой связи с морем и обильном стоке реки лиман становится миксогалинным с фауной пресноводной и каспийской (Тилигульский лиман), в настоящее время фауна и Хаджибейского лимана всецело обусловлена изоляцией как от реки, так и от моря, а миксогалинным он стал благодаря притоку сточных вод. Низкая продуктивность Березанского лимана объясняется особым гидрологическим режимом. Во-первых, подток морской воды

создает здесь градиент плотности. Отсюда периодическая гипоксия у дна, неблагоприятная для донных рыб. Во-вторых, открытость превращает его в морской залив, куда рыба свободно заходит и выходит.

Поскольку лиманы различаются по гидролого-гидрохимическим показателям, то при разработке рыбохозяйственных мероприятий необходим соответствующий подход. Одной из черт рыб лиманов, находящихся в длительной изоляции, является их измельчение как следствие инбридинга. Отсюда необходима периодическая подсадка рыб как из моря, так и из реки. Это можно проводить различными способами, включая пересадку молоди. Закрытые миксогалинные лиманы, в которых господствует пресноводный комплекс (Тилигульский, Хаджибейский), нуждаются в постоянном зарыблении их сеголетками полупроходных рыб, так как естественные условия размножения в них неблагоприятны: нет вообще или крайне малы площади нерестилищ, воспроизводство молоди в них возможно заводским способом. Высокие уловы серебряного карася в Хаджибейском лимане получены благодаря пересадке в него сеголетков карася из прудов.

Сравнительный анализ колебания уловов вскрывает весьма любопытный факт: устойчивые уловы бычков во всем регионе с 1973—1975 г. начали синхронно снижаться, вплоть до полного выпадения из уловов. Это произошло в Днепровско-Бугском лимане в 1975 г., в Днестровском в 1972, в Тилигульском в 1977, в Березанском в 1974. Несколько позже начала снижаться добыча бычков и в северо-западной части Черного моря. Также синхронно во всех водоемах в последние годы начали расти уловы судака и окуня на фоне крайне низких и нерегулярных уловов бычков.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

A	— валовая первичная продукция
БПК₅	— биологическое потребление кислорода
ОВ	— органическое вещество
ΠΟ	— перманганатная окисляемость
C_{орг}	— углерод органический
R	— деструкция

1. Алексин ОА. Основы гидрохимии. - Л.: Гидрометеониздат, 1970. - 440 с.
2. Алексин ОА; Семенов С.Д.; Скопинцев Б.А. Руководство по химическому анализу вод суши. - Л.: Гидрометеониздат, 1973. - 288 с.
3. Алмазов АМ. Методические указания и таблицы. - Киев Изд-во АН УССР 1962.- 37 с.
4. Амброс А.И. Рыбы Днепра, Южного Буга и Днепровско-Бугского лимана,- Киев Изд-во АН УССР, 1956. - 408 с.
5. Андрусов ММ. Террасы окрестностей Судака // Зап. Киев. о-ва естествоиспытателей. - 1912. - 12, вып. 2. - С. 2-5.
6. Архангельский АИ, Страхов НМ. Геологическое строение и история развития Черного моря. - м. Изд-во АН СССР, 1938. - 226 с.
7. Ашмарин ИМ., Васильев НМ., Амбросов ВА. Быстрые методы статистической обработки и планирование экспериментов. - Л. Изд-во Ленингр. ун-та, 1971.-75 с.
8. Бабинец А.Е., Рудн Н.И. О факторах метаморфизации нортовых вод в лиман-ных илах юга Украины на ранней стадии диагенеза // Докл. АН УССР. Сер. геол. химии и биологии. - 1977. - № 8. - С. 675-771.
9. Байдин С.С. Устьевая область реки как часть прибрежной зоны моря // Геоморфология и литология береговой зоны морей и других крупных водоемов. - М. : Наука, 1971. - С. 67-74.
10. Бану А.О. О возникновении и возрасте речных лиманов в нижнем течении Дуная и на его притоках // Лимнологические исследования Дуная. - Киев • Паук, думка, 1969. - С. 29-36.
11. Белинг Д.Е. Материалы по гидрофауне и ихтиофауне нижнего течения реки Днепр // Тр. Всеукр. гос. Черномор.-Азов. науч.-промысл. оныт, станции. - 1925.- 1, - С. 72.
12. Богучаровский В.Т., Иванов А.Л. Дельта Кубани. Ростов-на-Дону: Изд-во Рост. ун-та, 1979. - 109 с.
13. Браунер А.А. Происхождение лиманов // Сб. Херсон, земства. 1890. №2. - С. 1-5.
14. Брусилковский ЕМ. К вопросу о роли микроорганизмов в образовании лиманной грязи // Отчеты Одес. бальнеол. о-ва. - 1890. - Вып. 4.- 717 с.
15. Бульон В.В. Первичная продукция планктона внутренних водоемов. - Л. Наука, 1983. - 148 с.
16. Бурксер Е.С. Соленые озера и лиманы Украины. Киев Изд-во ВУАН 1928.- 338 с. .
17. Бурксер Е.С. Одесские лиманы (гидрохимические исследования). Сер. петрографии, минералогии и геохимии. Киев Изд-во АН УССР, 1953. - 143 с.
18. Бучинский П.Н. Краткий очерк фауны лиманов Новороссийского края // Зап. Новорос. о-ва естествоиспытат. - 1885. - 10, вып. 1. - С. 35-87.
19. Бучинский П.Н. Фауна Одесских лиманов // Там же. 1897. 21, № 1. С. 135-219.
20. Былинкина А.А., Генназ Л.Ф. Скорость оборота минерального фосфора и поглощение глюкозы в воде прибрежной и глубоководной части Рыбинского

- водохранилища // Тр. Ин-та биологии внутр. вод: - 1974. - Вып. 29/32. - С. 7-16.
21. Великохатко Ф. Миграционные пути проходных рыб Черного моря и их исторические причины // Зоол. журн. - 1938. - 27, № 5. - С. 16-21.
22. Вериге А.А. Исследования Одесских целебных лиманов и грязей // Приложение к отчету о деятельности Одесского бальнеологического общества. 1855.- 23 с.
23. Винберг Г.Г. Первичная продукция водоемов. Минск Изд-во АН БССР, 1960. - 326 с.
24. Винберг Г.Г. Сравнительная оценка некоторых распространенных методов расчета продукции водных бактерий // Гидробиол. журн. - 1971. - 7, № 4. - С. 86-97.
25. Воскобойников В.М. О роли биогенного материала в создании аккумулятивных форм на берегах Причерноморских лиманов // Геология побережья и дна Черного и Азовского морей в пределах УССР. 1969. Вып. 3. С. 191-201.
26. Воскобойников В.М., Коников Е.Х., Кофф Г.И., Коломенский Е.Н. О формировании строения и свойств лиманно-морских плов Северного Причерноморья в течение голоцена // Инж. геология. - 1980. - № 4. - С. 39-47.
27. Выржеиковский Р.Р. Предварительный отчет об изучении разведочных буровых скважин на дне Южно-Бугского лимана и некоторые заметки к геологии этого лимана // Изв. Укр. отделения геол. ком. >- 1925. Вып. 6. С. 25-50.
28. Гак Д.З. Бактериоглауктон и его роль в биологической продуктивности водохранилищ. - М. Наука, 1975. - 254 с.
29. Гапонов Е.А., Пазюк Л.И., Герун А.Ф. и др. Геологическая история накопления осадочных образований в долине р.Днепра по Каховскому поперечнику // Тр. Одес. ун-та. Сер. географии, геологии. 1955. 145, вып. № 3. - С. 7-23.
30. Геология шельфа УССР. Лиманы. Киев Наук. думка, 1984. 175 с.
31. Голубев В.С., Гаривянец А.А. Гетерогенные процессы геохимической миграции. - М. Недра, 1968. - 192 с.
32. Государственный водный кадастр. М. Гидрометеоиздат, 1978-1984. - Т. 2, вып. 1.- 2800 с.
33. Горейцкий Г.И. Аллювиальная лентонья великого Пра-Днепра. М. Наука, 1970. 492 с.
34. Горюнова С.В. Прижизненные выделения водорослей, их физиологическая роль и влияние на общий режим водоемов // Гидробиол. журн. - 1966. - 2, № 4. - С. 80-89.
35. Григорьев Б.Ф., Гильман Е.Ф., Гильман В.Л. и др. Итоги гидробиологических исследований устьевых областей Украины // Самоочищение, биопродуктивность и охрана водоемов и водотоков Украины. Киев : Наук. думка, 1975. - С. 39-42.
36. Григорьев Б.Ф., Гожик П.Ф. Геологическая история Черного моря и происхождения "каспийской" фауны открытых лиманов Северо-Западного Причерноморья // Гидробиол. журн. - 1976. - 12, № 5. - С. 5-12.
37. Григорьев Б.Ф., Иванов И.М., Журяева Е.В. Планктон Березанского лимана. Современное состояние и возможные изменения в связи с зарегулированием и сокращением стока Днепра // Вопросы рыбохозяйственного освоения и санитарно-биологического режима водоемов Украины. - Киев : Наук. думка, 1970. - Ч. 2. - С. 67-69.
38. Гурвич В.Д., Новиков Б.И. Зависимость развития микро- и мезобентоса Кременчугского водохранилища от глубины и характера донных отложений // Гидробиологическое исследование пресных вод. - Киев : Наук. думка, 1985. - С. 36-43.

39. Гусева А.К. Роль синезеленых водорослей в водоеме // Экология и физиология синезеленых водорослей. - М. Изд-во АН СССР 1965 С. 12-34.
40. Гринбарт СБ. Зообентос Одесских лиманов // Тез. доп. сесії Одес. УН-ТУ Одесса, 1947. - С. 83-85.
41. Гринбарт СБ. Зообентос Одеських лиманів // Ир. Одес. ун-ту. 1950, - 3 вип. 3/64. - С. 5-13.
42. Гринбарт СБ. К изучению зообентоса Тилигульского лимана и его кормовых ресурсов // Сб. биол. ф-та Одес. ун-та. - 1953. - 6. - С. 85-105.
43. Гринбарт СБ. Материалы к изучению зообентоса Березанского лимана // Тр. Одес. ун-та. Сер. биол. наук. - 1955. - Вып. 7. - С. 163-180.
44. Гринбарт СБ. Зообентос лиманов Северо-Западного Причерноморья как кормовая база промысловых рыб // Тр. 1-й ихтиол. конф. по изучению лиманов, - Кишинев, 1960. - С. 135-147.
45. Гринбарт СБ., Стахорская И.И. К изучению фауны Хаджибейского лимана // Науч. ежегодник Одес. ун-та. - 1960. - Вып. 2. - С. 151-154.
46. Гринбарт СБ. Изучение фауны причерноморских лиманов, ее генезиса и ирригирования новых элементов // Тр. Одес. ун-та. Сер. геол. и геогр. наук. - 1962. - Вып. 9. - С. 167-173.
47. Гринбарт СБ. Зообентос лиманов Северного Причерноморья, его кормовые ресурсы // Вопр. гидробиологии Тез. докл. I Всесоюз. гидробиол. о-ва. - М., 1965. - С. 110-111.
48. Гринбарт СБ. Состав, распространение и зоогеографические группировки малакофауны лиманов Северного Причерноморья // Тез. докл. 4-й междуз. зоогеогр. конф. - Одесса, 1966. - С. 65-66.
49. Гринбарт СБ. Зообентос лиманов Северо-Западного Причерноморья и смежных с ним участков моря : Автореф. дис.... д-ра биол. наук. - Одесса, 1967. - 52 с.
50. Гринбарт СБ. Итоги изучения донной фауны лиманов северо-западного Причерноморья // Биоокеанографические исследования южных морей. Киев : Наук. думка, 1969. - С. 107-121.
51. Дедю И.И. Амфиноды и мизиды бассейнов рек Днестра и Прута. - М. Наука, 1967. - 172 с.
52. Дедю И.И. Генезис фауны амфинод и мизид бассейнов рек Днестр и Прут // Зоол. журн. - 1967. - 47, № 4. - С. 495-499.
53. Демина Л.Л., Гордеева В.В., Фомина Л.С. Fe, Mn, Zn, и Si в речной воде и взвеси и их изменения в зоне смешения речных вод с морскими (на примере рек бассейнов Черного, Азовского и Каспийского морей). Геохимия, 1978. - № 8. - С. 1211-1229.
54. Дробкова В.Г. Зональное изменение интенсивности микробиологических процессов в озерах. - Л. Наука, 1981. - 212 с.
55. Есупов М. Серобактерии одесских лиманов. // Арх. биол. наук. 1894-1895. 3, вып. 4.
56. Жукинский В.Н., Оксикюк О.П., Олейник Г.Н., Кошелева СМ. Принципы и опыт построения экологической классификации качества поверхностных вод суши // Гидробиол. журн. - 1981. - 17, № 2. - С. 38-49.
57. Журавлева ЛА. Режим минерального фосфора в воде водоемов Северного Причерноморья // Гидробиология Дуная и лиманов Северо-Западного Причерноморья. - Киев Наук. думка, 1986. - С. 19-35.
58. Журавлева ЛА. Гидрохимия устьевой области Днепра и Южного Буга в условиях зарегулированного речного стока. Киев Наук. думка, 1988. 194 с.
59. Заботный Д.О. О свечении живых организмов (по поводу фосфоресценции Одесских лиманов) // Зап. Новорос. о-ва естествоиспытателей. 1892. 17, вып. 2. - С. 7-11.

60. Загоровский Н.А. Гидробиологические исследования лиманов север > идного побережья Черного моря // Всесоюз. науч.-орг. съезд по курорт, делу. - М., 1926. - С. 26-38.
61. Загоровский Н.А. Материалы к физико-географическому описанию лиманов северного Причерноморья // Укр. бальнеол. сб. 1927. - № 2/3. - С.89-96.
62. Загоровский М.О. Лимани, їхнє життя і значення // Тр. Одес. ун-ту. - 1930. - С. 2-3.
63. Загоровский Н.А. О некоторых особенностях фауны рыб Березанского лимана // Сб. по вопр. акклиматизации растений и животных. - 1930. - № 9. - С. 11-16.
64. Загоровский Н.А., Багдасарьянц Я., Окул А.В. О колебаниях гидрологических и биологических свойств Одесских лиманов // Тр. Всееукр. ин-та курортологии и бальнеологии. - 1933. - Вып. 2. - С. 37-44.
65. Замбриборц Ф.С. Опыт выращивания кефали в Хаджибейском лимане // Рыб. хоз-во. - 1952. - № 4. - С. 45-46.
66. Замбриборц Ф.С. Рекомендации по рыболовству в Тилигульском лимане // Тр. Одес. ун-та. - 1956. - Вып. 1. - С. 53-55.
67. Замбриборц Ф.С. Влияние условий жизни на возраст, рост и размножение камбалы-гlossы в Хаджибейском лимане // Докл. АН СССР. - 1956. - 109, № 5. - С. 1041-1044.
68. Замбриборц Ф.С. До питання про біологію тарані Тілігульського лиману // Пр. Одес. ун-ту. 1957. - 147, вни. 8. - С. 187-193.
69. Замбриборц Ф.С. Экологическая и рыбохозяйственная характеристика современного состояния лиманов Северо-Западного Причерноморья // Науч. ежегодник Одес. ун-та, биол. фак. - 1960. - Вып. 2. - С. 103-107.
70. Замбриборц Ф.С. Ихтиофауна лиманов Северо-Западного Причерноморья // Тр. I ихтиол. конф. по изуч. мор. лиманов сев.-зан. части Черного моря. - Одесса, 1960. - С. 186-196.
71. Замбриборц Ф.С. Рыбы низовьев рек и лиманов северо-западной части Черного моря и пути направленного изменения их численности // Вопр. экологии. - 1962. - 5. - С. 69-71.
72. Замбриборц Ф.С. Приморские водоемы, их современное состояние и пути рационального развития в них рыбного хозяйства // Межобл. науч. конф. по охране природы юга Украины. Тез. докл. - Одесса, 1962. - С. 51-53.
73. Замбриборц Ф.С. Сравнительные исследования размерновесового состава и роста рыб низовьев рек и лиманов северо-западной части Черного моря // Материалы I съезда Всесоюз. гидробиол. о-ва : Тез. докл. - М. : Наука, 1965. - С. 64.
74. Замбриборц Ф.С. Рыбы низовьев рек и приморских водоемов северо-западной части Черного моря и условия их существования. Автореф. дис. д-ра биол. наук. - Одесса, 1965. - 46 с.
75. Заморій П.К., Рамоданова А.П. До питання про час утворення Бузького лиману // Докл. АН УРСР. - 1949. - № 4. - С. 11-14.
76. Зелинский Н.Д., Брусилловский Е.М. О сероводородном брожении в Черном море и одесских лиманах // Южнорус. мед. газ. - 1893. - № 18-19.
77. Зенкович В.И. Морфология и динамика советских берегов Черного моря. - М. : Изд-во АН СССР, 1960. - Т. 2. - 215 с.
78. Знаменский В.А. Гидрологические процессы и их роль в формировании качества воды. - Л. : Гидрометеониздат, 1981. - 247 с.
79. Иванов А.И. Массовое развитие синезеленых водорослей в северо-западной части Черного моря и в лиманах Северного Причерноморья // Экология и физиология синезеленых водорослей. - М. : Наука, 1965. - С.128-132.
80. Иванов А.И. Фитопланктон устьевых областей рек Северо-Западного Причерноморья. - Киев : Наук. думка, 1982. - 212 с.

81. *Исследование течений в озерах и водохранилищах (практ. пособие) // Сост. Т.Н.Филатова. - Л. : Гидрометеиздат, 1972. - 320 с.*
- 4 2. *Иоселов Л.Г. Кохлюва М.В., Маркузе В.К. и др. Охрана природы Причерноморья. - М. : Лес. пром-сть. - С. 126-135.*
83. *Карлов Н.Н. О находке ископаемых раковин каспийских моллюсков в русловых отложениях нижнего Днепра и Ингульца // Докл. АН СССР. - 1954. - 95, № 6. - С. 1283-1285.*
84. *Квинциланов АМ. Выростные кефальные хозяйства в лиманах Северо-Западного Причерноморья Автореф. дис.... канд. биол. наук. - Одесса, 1952.- 50с.*
85. *Керш Л.Е., Артемюва Т.З. Ускоренные методы санитарно-бактериологического анализа вод. - М. : Медицина, 1978. - 101 с.*
86. *Киселева И.Л. Методы исследования фитопланктона // Жизнь пресных вод СССР. - М. : Изд-во АН СССР, 1956. - Т. 4. - С. 183-265.*
87. *Конайгородский ЕМ. Изменение водного баланса и солености Днепро-Бугского лимана в связи с зарегулированием стока реки Днепр // Тр. Гос. океанографии. - 1955. - Вып. 20. - С. 12-24.*
88. *Кожова ОМ., Мамонтова ЛМ. Бактериопланктон ангарских водохранилищ и статистические методы его анализа. - Л. : Гидрометеиздат, 1979. - 118 с.*
89. *Коляничин ММ. Гидрология устьевой области Днепра и Южного Буга. М. : Гидрометеиздат, 1964. - 336 с.*
90. *Крендовский М.Е. Исследования Бугского, Днепровского и других лиманов //Тр. о-ва естествоиспытателей природы при Харьк. ун-те.- 1985. - 18, № 1. - С. 49-200.*
91. *Крисе А.Е. Глубоководная микробиология. - М. : Изд-во АН СССР, 1959.- 450 с.*
92. *Крокос В.И. Предварительный отчет о геологических исследованиях Куяльницкого и Хаджибейского лиманов в 1920-1921 гг. // Журн. науч.-исслед. кафедр в Одессе. - 1924. - 1, № 5. - С. 56-61.*
93. *Кузнецов СИ. Микрофлора озер и ее геохимическая деятельность. Л. : Наука, 1970. - 440 с.*
94. *Курнаков СМ., Кузнецов В.Г. Дзенолитоуский АМ., Равич ММ. Соляные озера Крыма. - М.; Л. : Изд-во АН СССР, 1936. - 278 с.*
95. *Макаров А.К. Риби річок та лиманів північно-західної частини Чорного моря // Тр. Олес. ун-ту. Сер. Біологія. - 1937. - 2. - С. 63-82.*
96. *Марковский ЮМ. Фауна беснозвончатых низовьев рек Украины, условия ее существования и пути использования. Киев : Изд-во АН УССР, 1953. Ч. 1. - 196 с; 1954. - Ч. 2. - 208 с.*
97. *Макрушин А.В. Биологический анализ качества вод. - Л. : Изд-во АН СССР, 1974.-С. 8-11.*
98. *Мейер А. Повествовательное, землемерное и естественное описание Очаковской землн. - СПб, 1894. - 203 с.*
99. *Моляко Г.Г. Неоген півдня України. Киев : Изд-во УССР, 1960. 208 с.*
100. *Мордохай-Балтовской Ф.Д. Материалы по среднему весу водных беснозвончатых бассейна Дона // Тр. пробл. и темат. совеш. "Проблемы гидробиологии внутренних вод". - М.; Л. : Изд-во АН УССР, 1954. - С. 223-24*
101. *Мордохай-Балтовской Ф.Д. Каспийская фауна в Азово-Черноморском бассейне. - М. : Изд-во АН СССР, 1960. - 288 с.*
102. *Мороз Т.Г. Донная фауна лиманов Северного Причерноморья // Вопросы гидробиологии Нижнего Днепра и лиманов Северного Причерноморья. Киев : Наук. думка, 1987.-С. 104-121.*
103. *Мороз Т.Г. Олигохеты лиманов Причерноморья // Вести. зоологии. - 1987.- №2. - С. 3-7.*
104. *Мороз Т.Г. Олигохеты в солоноватых водоемах юга Украины // Водные ма*

лощетинковые черви. - Рига Изд-во Ин-та биологии ЛССР, 1987. С. Уо 100.

105. Мороз Т.Г., Борникевич Л.В., Соболенко А.З. и др. О доинных биоценозах Хаджибейского лимана и методах их выделения // Гидробиологические исследования ирених вод. - Киев Наук, думка, 1985. - С. 116-120.
106. Мороз Т.Г. Алексенко Т.Л., Борникевич Л.В. и др. Бентос Тилигульского лимана // Гидробиол. журн. - 1986. - 22, № 4. - С. 31-35.
107. Невинская Е.Л. О иродуктивности лиманов Одесской области // Рыб. хоз-во. - 1937. - № 4. - С. 21-22.
108. Новиков Б.И. Доинные отложения днеировских водохранилищ. Киев Наук, думка, 1985. 170 с.
109. Новиков Б.И. Доинные отложения лиманов Северо-Западного Причерноморья и их влияние на качество воды при ирениении // Гидробиология Дуная и лиманов Северо-Западного Причерноморья. Киев : Наук, думка, 1986. - С. 67-80.
- ПО. Одум Ю. Основы экологии. - М. Мир, 1975. - 740 с.
111. Оксикюк ОМ., Жукинский ВМ. Методические иренимы использования эколого-санитарной классификации ирерхностных вод суши // Гидробиол. журн. - 1983. - 14, № 5. - С. 63-67.
112. Оксикюк ОМ. Вивчения в установах АН УРСР водоростей як компонентів ирениоводних екосистем. // Укр. ботан. журн. 1985. - 42, № 6. С.64-71.
113. Остроумов А.Л. О гидробиологических исследованиях в устьях южно-русских рек за 1896 г. // Изв. Императ. АН. - 1897. - 6, № 1. - С. 343-362.
114. Перфильев Б.В. Изучение заиления водоемов и абсолютная геохронология // Изв. Всесоюз.геогр. о-ва. - 1952. - Вып. 4. - С. 333-349.
115. Полещук В.С., Александрова Н.Г. Мороз Т.Г., Россова О.Я. Комилексная эколого-санитарная оценка качества воды Березанского лимана // Вспрг. гидробиологии Нижнего Днеира и лиманов Северного Причерноморья. - Киев : Наук, думка, 1987. - С. 86-104.
116. Полещук В.С., Томницкий В.Л. Фитоиланктон и ирервичная иродукция Березанского лимана//Редкол. Гидробиол. журн. Киев, 1986. - 16 с. - Ден, в ВИНИТИ №5131.
117. Полещук В.С., Босакро Н.Ф., Самойленко ЛМ. Влияние некоторых экологических факторов на зооиланктон Березанского лимана // Редкол. Гидробиол. журн. - Киев, 1986. - 15 с. - Ден, в ВИНИТИ 11.06.86. № 4263-В86.
118. Полещук В.С. Ирервичная иродукция Хаджибейского лимана // Гидробиологические исследования на Украине в XI иятилетке : Тез докл. V конф" Укр. фил. ВГБО, 2-4 апреля 1987 г. - Киев, 1987. - С. 128-129.
119. Пугач В.И., Журавлева ЛА. Факторы, ирерделяющие развитие фитоиланктона мелководий Кременчугского водохранилища // Гидробиол. журн. 1980. - 16, № 15. - С. 31-37.
120. Пузанов ИМ. О иедавиим осолонении и иовышении уровня Черного моря // Значение биосферы в геологических ирерцессах. М. Госгеолтехиздат, 1962. - С. 214-219.
- III. Пузанов ИМ. Медитерранизация фауны Черного моря и иерспективы ее усиления // Зоол. журн. - 1967. - 66, № 9. - С. 1287-1297.
122. Разумов А.С. Ирермой метод учета бактерий в воде : Сравнение его с методом Коха// Микробиология. - 1932. - 1, вып. 2. - С. 134-146.
123. Ресурсы ирерхностных вод СССР // Под ред. М.С.Каганера. - Л. Гидрометеониздат, 1969. - Вып. 1. - 884 с.
- IIA. Розенгурт ММ., Бесфалмальная РМ., Людинский ВМ. О сероводородной зараженности Хаджибейского и Тилигульского лиманов // Гидробиол. журн. - 1965. - 1, № 5. - С. 9-14.
125. Розенгурт М.Ш. Гидрология и иерспектива реконструкции иреродных ресурсов одесских лиманов. - Киев Наук, думка, 1974. - 222 с.

126. Розенбург М.Ш. Органическое вещество в воде лиманов и лагуна Северного Причерноморья // Динамика вод и вопросы гидрохимии Черного моря. Киев : Наук, думка, 1967. - С. 167-175.
127. Романенко В.Д., Окснюк О.П., Жуковский В.Н. и др. Экологические проблемы межбассейновых переносов стока. — Киев : Наук, думка, 1984. - С. 114-128.
128. Романенко В.Д., Арсан О.М., Соломатина В.Д. Кальций и фосфор в жизнедеятельности гидробионтов. - Киев : Наук, думка, 1982. - 152 с.
129. Романенко В.И. Микробиологические показатели качества воды и методы их определения // Вод. ресурсы. - 1979. - № 6. - С. 139-153.
130. Россова Э.Л., Бурцева В.Е. Современное состояние бактериопланктона Хаджибейского лимана // Редкл. Гидробиол. журн. - Киев, 1982. - 16 с. - Дел. в ВИНТИ 30.07.86, №5511.
131. Россова Э.Л., Гаран Ю.С., Шахман Г.Н. Современное состояние бактериопланктона Березанского лимана // Гидробиологические исследования пресных вод. - Киев : Наук, думка, 1985. - С. 104-110.
132. Россова Э.Л., Гаран Ю.С. Продукция бактериопланктона в Тилигульском и Березанском лиманах // Структура и функционирование сообществ водных микроорганизмов. - Новосибирск : Наука, СО АН СССР, 1986. - С. 86-97.
133. Россова Э.Л., Гаран Ю.С. К методике количественного учета колоний сапрофитных бактерий // Гидробиол. журн. - 1982. - 18, № 4. - С. 93-95.
134. Россова Э.Л., Гаран Ю.С. Бактериопланктон Днепровско-Бугского лимана // Вопросы гидробиологии Нижнего Днепра и лиманов Северного Причерноморья. - Киев : Наук, думка, 1987. - С. 61-73.
135. Рубенчик Л.И. Микроорганизмы и микробные процессы в соляных водоемах УССР. - Киев : Изд-во АН УССР, 1940. - 116 с.
136. Рудский М.И. О происхождении лиманов Херсонской губернии // Зап. Новорос. о-ва естествоиспытат., 1895. - 20, № 1. - С. 1-12.
137. Рудский М.И. Изменения уровня лиманов // Там же. - С. 13-23.
138. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. Л. Гидрометиздат, 1977. - 536 с.
139. Рыбалко С.И., Ковалюх Н.Н. К вопросу о возрасте Бугского лимана на данных изотопных исследований // Вопросы геохимии, минералогии, петрологии и рудообразования. - Киев : Наук, думка, 1975. - С. 114-115.
140. Сальников Н.Е., Снагорская Н.И. Новые данные о зоопланктоне Тилигульского лимана // Тр. ВНИРО. - 1976. - 56. - С. 43-48.
141. Семенов В.М., Ковалюх Н.Н. Абсолютный возраст верхнечетвертичных отложений азово-черноморского бассейна по данным радиоуглеродного анализа // Геол. журн. - 1973. - № 6. - С. 89-95.
142. Сидерский А.В. Об ослаблении фитосинтетически активной радиации лиманов Северо-Западного Причерноморья // Гидробиол. журн. 1980. 11, № 3. - С. 43-49.
143. Симонов А.И. Гидрология и гидрохимия устьевых взморья. - М. : Гидрометиздат, 1969. - 229 с.
144. Скопинцев Б.А. Органическое вещество в природных водах (водный гумус) // Тр. океанограф. ин-та. - 1950. - 17. - 350 с.
145. Скуряк Д.И. Грязевые озера и лиманы Украинской ССР и их рекреационное использование // Використання природних лікувальних ресурсів України. - Киев : Изд-во АН УССР, 1959. - С. 152-170.
146. Современное состояние и прогноз гидрологического режима водной системы Дунай-Днепр. Отчет. - Киев, 1980. - 430 с. - Фонд Ин-та гидробиологии АН УССР.
147. Соколов Н.А. О происхождении лиманов Южной России // Тр. СПб о-ва естествоиспытат. - 1895. - 22, вып. 2. - С. 9-13.
148. Сорокин Ю.И., Павельева Е.Б., Васильева М.И. Продуктивность и трофиче-

- екая роль бактериопланктона в районе экваториальной дивергенции // Эко-система пелагиали Тихого океана. - М. Наука, 1975. - 102 с.
149. *Справочник по климату СССР* Украинская ССР. Ч. Ветер. - Л. Гидрометеоздат, 1967. - Вып. 10. - 696 с.
 150. *Стахорская Н.И.* Зоопланктон соленых лиманов и лагун северо-западной части Черного моря Автореф. дис. канд. биол. наук. - Одесса, 1970. - 30 с.
 151. *Степанов В.М.* Породы Куяльницкого яруса в Одесских лиманах // Тр. Одес. ун-та. Серия геологии и географии. - 1962. - 152, № 8. - С. 52-65.
 152. *Степанов В.В.* Моллюски речных и лиманно-морских отложений одесских лиманов // Вопросы стратификации континентальных толщ. - М. ; Л. Наука, 1959. - С. 64-70.
 153. *Судольский А.С.* Обоснование формул расчета скорости ветрового течения в водоемах ограниченных размеров // Тр. ГГИ. - 1980. - Вып. 263. - С. 86-93.
 154. *Тимченко В.М., Гильман В.И., Надточий Б.П.* Водобмен с морем открытых лиманов Северо-Западного Причерноморья // Гидробиол. журн. 1981. 17, № 6. - С. 86.
 155. *Тимченко В.М.* Гидрологические факторы формирования гидробиологического режима Дуная и лиманов Северо-Западного Причерноморья // Гидробиология Дуная и лиманов Северо-Западного Причерноморья. - Киев Наук. думка, 1986. - С. 3-19.
 156. *Травянюк В.С., Попивцкая М.Н.* Зоопланктон устьевых участков рек и вершин соленых лиманов Северо-Западного Причерноморья // Гидробиол. журн. - 1981. - 17, № 5. - С. 20-25.
 157. *Трацюк Н.Н.* Морські плейстоценові відклади Причорномор'я Української РСР. - Киев Наук. думка, 1974. - 148 с.
 158. *Трацюк Н.Н., Болтвеев В.М.* Стратиграфия донных отложений Тидш ульско-го лимана // Тектоника и стратиграфия. - 1979. - № 16. - С. 78 -85.
 159. *Трацюк Н.Н., Болтвеев В.А.* Стратиграфия донных отложений Березанского лимана // Там же. - 1981. - № 21. - С. 100-107.
 160. *Трифонов И.С.* Фитопланктон и его роль в продукции органического вещества // Особенности формирования качества воды в разнотипных озерах Карельского перешейка. - Л. : Наука, 1984. - С. 169-192.
 161. *Турпаева Е.М.* Типы морских донных биогенозов и зависимость их распределения от абиотических факторов среды // Тр. Ин-та океанологии. 1954. 11. - С. 36-55.
 162. *Унифицированные методы исследования качества вод.* - М. Изд-во СЭВ, 1976. - Ч. 3. - С. 58-61.
 163. *Усачев П.И.* Количественная методика сбора и обработки фитопланктона. - Тр. ВГБО. - Т. 2. - С. 410-416.
 164. *Фельзенбаум А.И.* Теоретические основы и методы расчета установившихся морских течений. - М. : Изд-во АН СССР, 1960. - 127 с.
 165. *Федоров В.Д., Белая Т.Н., Максимов В.М.* Потребление биогенных элементов фитопланктонным сообществом в зависимости от их концентрации в водоеме и условий освещенности // Изв. АН СССР. Сер. Биология. - 3. - С. 398-414.
 166. *Федоров П.В.* О современной эпохе в геологической истории Черного моря // Докл. АН СССР. - 1956. - 110, № 5. - С. 839-М I.
 167. *Федоров П.В.* О колебаниях уровня Черного моря в послеледниковое время // Там же. - 1959. - 124, № 5. - С. 1127-1129.
 168. *Химия вод океана.* М. Наука, 1979. - Т. I. - 518 с.
 169. *Хорн Р.А.* Морская химия Структура воды и химия гидросферы. М. Мир, 1972. - 398 с.
 170. *Чеботарев А.И.* Гидрологический словарь. Л. : Гидрометеоздат, 1978. - 308 с.

171. Чернякова А.М. Тиньовые поля ветра Черного моря // Сб. работ Бассейновой гидрометеорол. обсерватории Чер. и Азов. морей. 1965. - Вып. 3. - С.78-121.
172. Четырехязычный энциклопедический словарь терминов по физической географии. - М. Изд-во Сов. энцикл., 1980. - 703 с.
- П.Б.Чевурнова Э.Л., Лебедева М.М. О статической обработке данных, полученных методом подсчета бактериальных колоний на чашках // Гидробиол. журн. - 1972. - 8, № 1. - С. 106-110.
174. Шманкевич В.О. О бесизвозночных животных лиманов, находящихся вблизи Одессы // Зап. Новорос. о-ва естествоиспытателей.- 1873. 2. Вып. 2. С. 273-341.
175. Ярошенко М.Ф. Гидрофауна Днестра. - М.: Наука, 1957.- 167 с.
176. Can I.F. Dissolved oxygen in lake, past and present // Great lakes research division: Proc. 5th conf. Great Lakes res. - Michigan, 1962. - P. 1-14.
177. Caspers H. Estuaries: analysis of definition and biological considerations // Estuaries. - Washington : Amer. Ass. Ads. Sci. - 1967. - N 83. - P. 6-8.
- nt.Eberly K.B.The use of oxygen deficit measurement as an index of eutrophication in temperate demictic lakes // Verh. Intern. Ver. teor. angew. Limnol. - 1975. - 19.- P. 439-441.
179. Hooper F.F. Eutrophication indices and their relation on other indices of ecosystem change // Eutrophication causes, consequences, correctives. - Washington, 1969. - P. 225-235.
180. Hartog C. den. Brackish water as an environment for algal // Blumea. - 1967. - 15, N 1. - P. 31-43.
181. Xurne O. Physiology of estuarine organisms with special reference to salinity and temperature // Estuaries. - Washington: Amer. Ass. Ads. Sci. - 1967. - N 83. - P. 525-540.
182. McIntugh J.L. Estuarina nekton // Ibid. - P. 581-620.
- l&l.Pritchard D.W What is an estuary: Physical viewpoint // Ibid. - 1967. - N 83. P. 3-5.
184. Rigler T.N. A tracer study of the phosphorus curie in lake water //1. Erology. - 1956.-N37.-P. 550-562.

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
ГЛАВА 1. ФОРМИРОВАНИЕ ЛИМАНОВ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ (Т.Г.Мороз)	5
ГЛАВА 2. ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ЛИМАНОВ (В.М.Тимченко, ВМ.Гильман)	11
ГЛАВА 3. ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ (Л.А.Журавлева, Н.Г.Алек- сандрова)	29
Березанский лиман	29
Тидигульский лиман	43
Хаджибейский лиман	54
Органическое вещество лиманов Северного Причерноморья	61
ГЛАВА 4. ФИТОПЛАНКТОН И ПЕРВИЧНАЯ ПРОДУКЦИЯ (В.С.По- лищук, А.И.Иванов)	70
Экологическая характеристика и сезонная динамика разви- тия фитопланктона	70
Распределение фитопланктона в лиманах	79
Первичная продукция лиманов	83
Оценка трофности лиманов по первичной продукции	88
ГЛАВА 5. МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ЛИМАНОВ (Э.Я.Рос- сова)	90»
Бактериопланктон лиманов	90
Гетеротрофные и санитарно-показательные бактерии	96
Занасы бактериопланктона и его продукция	102
ГЛАВА 6. ЗООПЛАНКТОН ЛИМАНОВ СЕВЕРНОГО ПРИЧЕРНОМОРЬЯ (В.С.Полищук)	108
Характеристика экологических групп, качественного и коли- чественного развития	108
Оценка занасов зоопланктона	118
ГЛАВА 7. МАКРОЗООБЕНТОС ЛИМАНОВ (Т.Г.Мороз)	121
ГЛАВА 8. ДОННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ ЛИМАНОВ СЕВЕРНОГО ПРИЧЕРНО- МОРЬЯ (Б.И.Новиков)	142
ГЛАВА 9. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ (В.С.Полищук, Л.А.Журавлева, Н.Г.Александрова, Э.Я.Россова, Т.Г.Мороз)	158
ГЛАВА 10. ИХТИОФАУНА ЛИМАНОВ И ИХ ГЫБОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ (Ф.С.Замбриборщ)	170
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	186
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	193
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	194

Научное издание

*ПОЛИЩУК Василий Семенович,
ЗАМБРИБОРЩ Федор Сергеевич,
ТИМЧЕНКО Владимир Михайлович и др.*

ЛИМАНЫ СЕВЕРНОГО ПРИЧЕРНОМОРЬЯ

Художественный редактор Л.А.Комяхова
Технический редактор Т.К.Валицкая
Оператор Л.Л.Прокопчук
Корректоры С.А.Доценко, А.Л.Полищук

ИБ.№ 10698

Сдано в набор 29.12.89. Подл. в печ. 17.05.90. БФ 08070. Формат 60*84/16. Бум. офс. № 1. Гари. Пресс Роман. Офсетная печать. Усл. печ. л. 11,86. Усл. кр.-огт. 12,09. Уч.-изд. л. 14,21. Тираж 470 экз. Заказ 0-3 89 Цена 2 р 90 к.

Оригинал-макет подготовлен в издательстве "Наукова думка". 252601 Киев 4, ул. Репина, 3.

Киевская книжная типография научной книги. 252004 Киев 4, ул. Репина, 4.