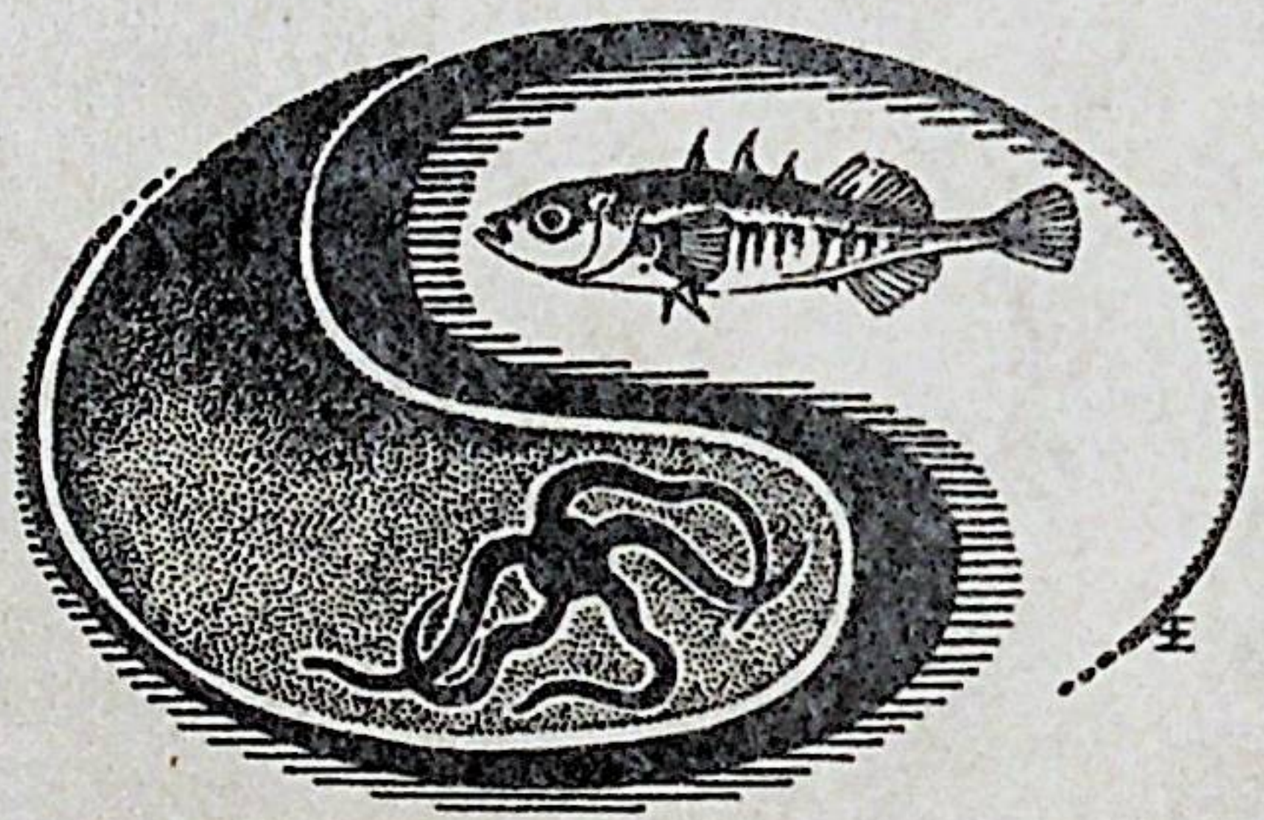
ISSN 0206—0477

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
ЗООЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ АРАЛЬСКОГО МОРЯ



АКАДЕМИЯ НАУК СССР
ТРУДЫ ЗООЛОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА
ТОМ 199

ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ АРАЛЬСКОГО МОРЯ

Под редакцией Н. В. Аладина и В. В. Хлебовича

ЛЕНИНГРАД
1989

USSR ACADEMY OF SCIENCES
PROCEEDINGS OF THE ZOOLOGICAL INSTITUTE
VOL. 199

HYDROBIOLOGICAL PROBLEMS OF THE ARAL SEA

Edited by N. V. Aladin, V. V. Khlebovich

К настоящему времени из-за практически полного изъятия речного стока объем Аральского моря уменьшился на 60%, площадь водного зеркала сократилась на 45%, а соленость воды превысила 27‰. В статьях, вошедших в сборник, дается очерк состояния фауны до начала осолонения и подробно анализируется состояние экосистемы в наши дни. Дается прогноз изменений экосистемы при сохранении существующих тенденций, а также при разных режимах восстановления речного стока. Сборник рассчитан на широкий круг гидробиологов, экологов и специалистов разного профиля, занимающихся проблемами Аральского моря.

Г $\frac{200150100003-09}{055(02)3-89}$ Без объявления

ПРЕДИСЛОВИЕ

Предлагаемый сборник сформирован Комиссией по солоноватым водам Научного совета АН СССР по проблемам гидробиологии, ихтиологии и рациональному использованию биологических ресурсов водоемов. Тематически он близок изданным в этой же серии томам «Гидробиологические исследования эстуариев» и «Биология солоноватых и гипергалинных вод» (Труды Зоологического института АН СССР, т. 141, 1986 г. и т. 196, 1989 г.). Основное отличие заключается в том, что сборник полностью посвящен проблемам одного водоема — Аральского моря. Сейчас актуальность вопросов экологии Аральского моря широко признана, однако и в то время, когда происходящие в этом водоеме процессы активно замалчивались, были исследователи (правда, немногочисленные), которые зачастую вопреки оказываемому на них давлению продолжали собирать и обрабатывать материалы по Аралу.

Как нам кажется, в сборнике удалось объединить основные гидробиологические данные по происходящим в море процессам, начиная от первых этапов повышения солености вод и усыхания и кончая нынешним его состоянием. Большой интерес для специалистов должны представить прогностические модели уровня и солености Аральского моря в разных вариантах его снабжения речным стоком. Эти модели должны в первую очередь учитываться при разработке мероприятий по спасению моря.

Безотносительно к причинам катастрофического преобразования экосистемы Аральского моря беспристрастный научный анализ изменений в нем органического мира на фоне меняющейся солености может послужить основой картины преобразования фауны и флоры в сложном прошлом морей-озер аридной зоны, а также быть моделью возможных их преобразований в будущем. В этом отношении интерес представят частные статьи, посвященные динамике изменений отдельных групп водорослей и беспозвоночных. Кроме того, в дискуссионном порядке в сборник включен весьма нетрадиционный очерк изменений в историческое время гидрографии Понто—Арала—Каспия и их биогеографических последствий. Во многом не соглашаясь с автором этого очерка, мы считаем эту публикацию полезной для привлечения внимания к проблеме.

В. В. Хлебович

ТРУДЫ ЗООЛОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА АН СССР, 1989, Т. 199
USSR ACADEMY OF SCIENCES
PROCEEDINGS OF THE ZOOLOGICAL INSTITUTE, LENINGRAD, 1989, VOL. 199

Н. В. Аладин, С. В. Котов

ЕСТЕСТВЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЭКОСИСТЕМЫ АРАЛЬСКОГО МОРЯ И ЕЕ ИЗМЕНЕНИЕ ПРИ АНТРОПОГЕННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

N. V. Aladin, S. V. Kotov.

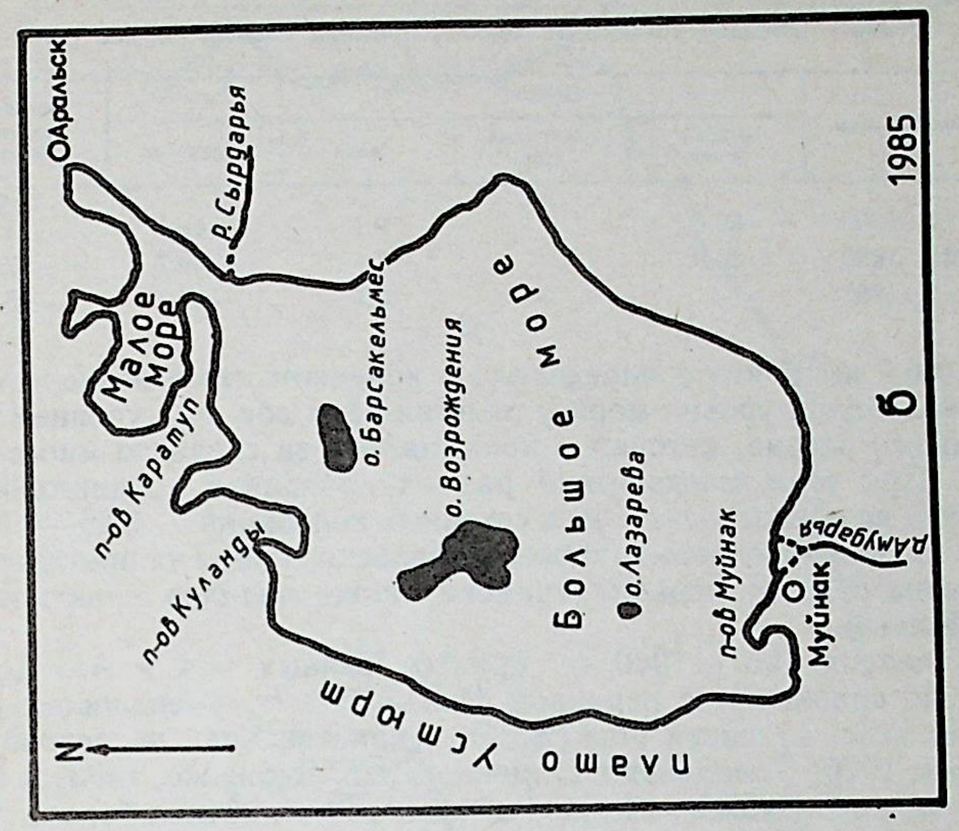
The Aral sea ecosistem original state and its changing on antropogen influence

История так называемой «аральской проблемы», от решения которой зависят судьбы и перспективы развития целого ряда районов азиатской территории СССР, насчитывает уже не один десяток лет. Однако, к сожалению, в прежние времена по разным причинам эта проблема во многих своих аспектах, попросту говоря, замалчивалась, поэтому, естественно, далеко не все еще с ней достаточно хорошо знакомы. Восполнить данный пробел — основная цель настоящей работы.

Согласно имеющимся на сегодняшний день представлениям (Косарев, 1975), Аральское море в контурах, близких к нынешним (рис. 1), образовалось в зоне пустынь Средней Азии немногим более 10 тыс. лет назад, т. е. это весьма молодое море. Расположенное в Туранской низменности, у восточного края плоскогорья Устюрт, оно полностью изолировано и на тысячи километров удалено от Мирового океана. По своему положению Аральское море, таким образом, относится к бессточным водоемам внутриматерикового типа, и, следовательно, уровень воды в нем зависит главным образом от структуры его пресного водного баланса.

Изучению структуры пресного водного баланса Аральского моря посвящены работы многих ученых: Ф. В. Доранда (1878), Л. С. Берга (1908), В. Д. Зайкова (1946), В. С. Самойленко (1955), В. Л. Шульца и Л. Н. Шаталовой (1964), А. Е. Асарина (1964), В. П. Львова (1970). Наиболее обстоятельные расчеты ее элементов за различные периоды текущего столетия были выполнены в последние годы сотрудниками ГОИНа. Результаты, полученные ими, отражены в табл. 1, которая заимствована из работы И. М. Черненко (1986).

Как видно из приведенных данных, в период 1911—1960 гг. пресный водный баланс Аральского моря был относительно стабилен (невязка его составляет всего 1 км^3/год). Годовые объемы притока речных вод (56,0 км^3) и осадков, выпадающих на морскую поверхность (9.1 км^3), уравновешивали потери воды на испаре-



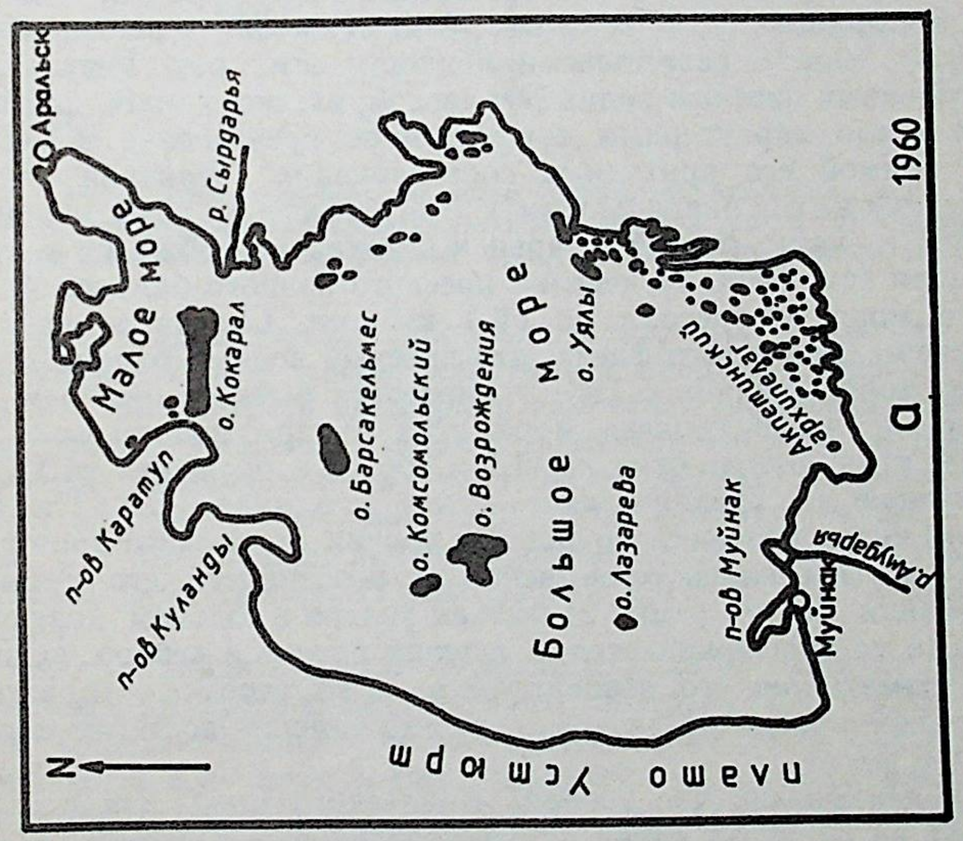


Рис. 1. Аральское море в периоды квазистационарного режима (*а*) и режима резкого падения (*б*) уровня его вод

Таблица 1

Средний приходно-расходный годовой пресный водный баланс (км³)

Периоды, годы	Приход			Расход	Пресный водный баланс
	речной сток	подземный сток	осадки	испарение	
1911—1960	56.0	—	9.1	—66.1	— 1.0
1961—1980	30.0	—	7.1	—59.7	—22.6
1985	—	—	3.1	—68.5	—65.4

ние (66.1 км³), что и определяло в конечном итоге незначительные колебания уровня моря у отметки 53 м абс. над уровнем вод Мирового океана, которая и принималась за среднюю многолетнюю. При этом многолетний размах колебаний среднегодовых уровней не превосходил 1 м, а сезонных колебаний — 0.25—0.35 м (рис. 2). Иными словами, уровень Аральского моря на протяжении указанного выше периода времени также являлся практически устойчивым.

В период 1961—1980 гг. приток речных вод в Аральское море по сравнению с периодом 1911—1960 гг. уменьшился (согласно табл. 1) почти на 47%. Это, как показали исследования (Львов, 1970; Сумарокова, Циценко, 1978; Черненко, 1983), обусловлено в основном за счет значительного увеличения безвозвратного водопотребления в бассейнах питающих море рек — Амударьи и Сырдарьи, а, кроме того, из-за снижения в период 1961—1980 гг. еще и естественной водности этих рек. Результат — нарушенный пресный водный баланс Аральского моря, для которого стало характерным существенное превышение испарения над суммой его приходных составляющих (величина невязки в среднем за год равна 22.6 км³). В отдельные же годы, например, в 1985 г., когда сток Амударьи и Сырдарьи вообще не доходил до моря (см. табл. 1), невязка пресного водного баланса Аральского моря возрастала до 65.4 км³/год. Сказанное является подтверждением того факта, что пресный водный баланс Аральского моря, начиная с 1961 г., перестал быть стабильным. Как следствие этого уровень моря стал быстро понижаться. Так, к 1985 г. он упал до отметки 41,5 м абс., т. е. более чем на 11 м по сравнению со средним многолетним его значением. На фоне такого катастрофического падения уровня Аральского моря после 1961 г. изменились естественно и особенности его сезонных колебаний. Теперь (табл. 2) подъем уровня в годовом ходе практически не прослеживается, в лучшем случае в первой половине года отмечается его стабилизация, а во вторую — происходит его резкое падение. При этом скорость падения достигает в среднем 0.6 м/год.

Общеизвестно, что уровень Аральского моря, как и любых других не имеющих стока внутриматериковых водоемов, являет-

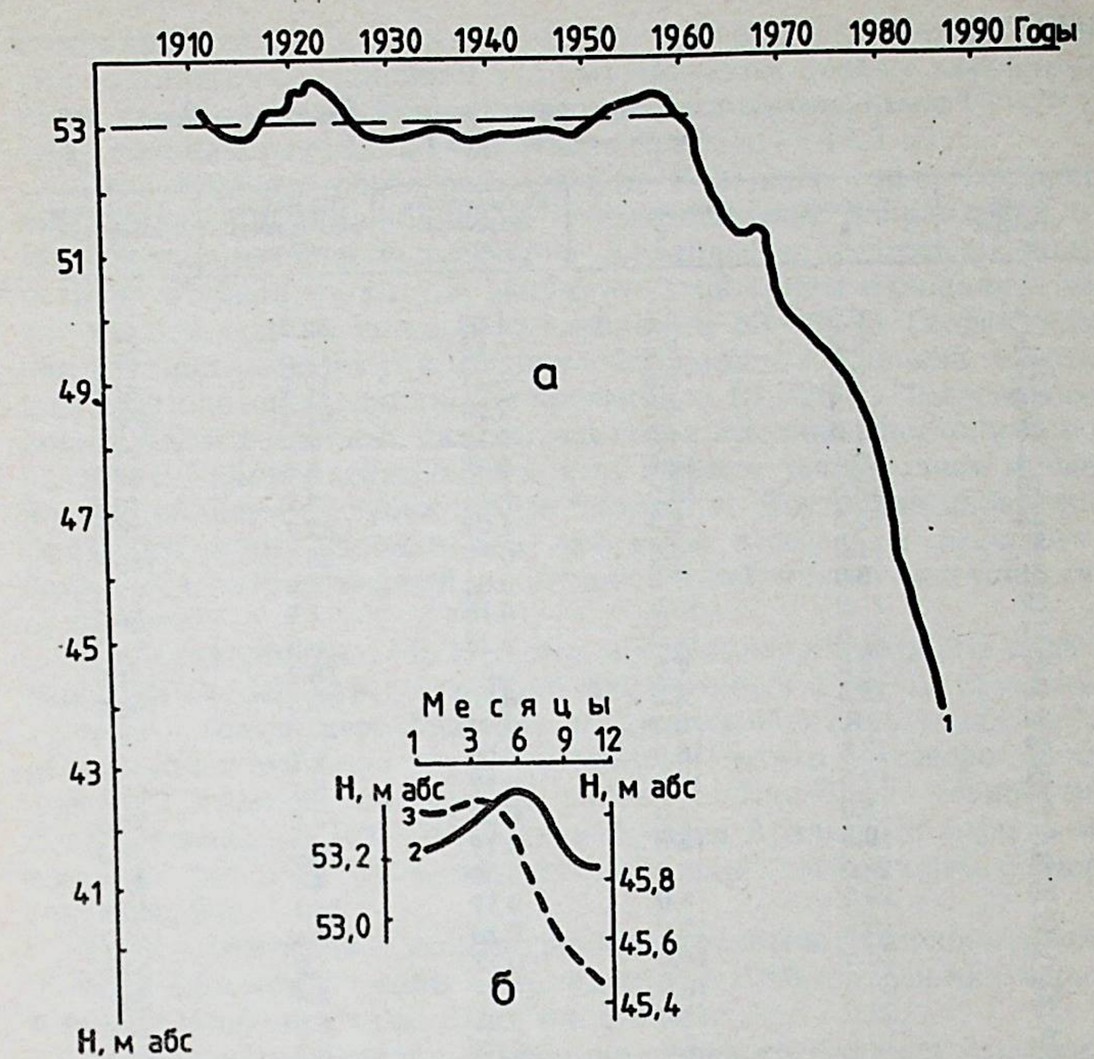


Рис. 2. Многолетние изменения среднего уровня (*а*) Аральского моря (*1*), а также характерные типы кривых сезонных колебаний уровня (*б*) в периоды его квазистационарного режима (*2*) и режима резкого падения (*3*)

ся чутким индикатором «здоровья» моря, его ухудшения или улучшения, поэтому теперь, естественно, представляется целесообразным рассмотреть специфику изменения морфометрических характеристик Аральского моря и элементов его режима (гидрологических, гидрохимических, гидробиологических) в зависимости от отметки положения уровня моря на протяжении текущего столетия, т. е. от момента начала проведения систематических инструментальных уровенных наблюдений (1911 г.) до настоящего времени.

Начнем с характеристики первого периода из «жизни» Аральского моря на протяжении текущего столетия (1911—1960 гг.), когда, согласно вышеизложенному, имела место относительная стабильность в пресном водном балансе моря и положение уровня последнего незначительно изменялось около отметки 53,0 м абс. При этой отметке уровня площадь акватории Аральского моря

Таблица 2

Расчет первичной продукции фитопланктона Аральского моря (июль—август 1980 г.)

Номер станции	Глубина, м	Прозрачность, м	Концентрация хлорофила, мкг/л	Продукция оптимальная, мкгС/л·сут	Суммарная продукция, мкгС/м²·сут
4	6.0	5.5	1.09	32.7	142.7
6	9.8	8.4	0.42	12.6	87.4
17	9.0	8.5	0.41	12.3	81.4
18	8.3	4.0	2.24	67.2	268.8
13	21.0	14.0	0.13	3.9	51.2
14	20.1	12.0	0.18	5.4	63.1
10	15.5	13.5	0.14	4.2	46.4
22	12.5	5.5	1.09	32.7	179.8
30	11.2	6.0	0.89	26.7	159.5
31	15.0	7.0	0.63	18.9	132.3
32	21.2	13.0	0.15	4.5	56.5
33	21.0	11.0	0.23	6.9	75.7
41	13.2	7.0	0.63	18.9	131.9
40	12.5	6.5	0.75	22.5	146.0
39	9.8	8.0	0.47	14.1	95.9
52	17.5	16.0	0.09	2.7	34.3
53	19.5	12.5	0.17	5.1	60.7
42	15.0	9.0	0.36	10.8	94.5
45	19.5	13.5	0.14	4.2	52.3
47	28.0	16.0	0.09	2.7	42.5
56	29.0	8.0	0.47	14.1	112.8
63	15.5	12.0	0.18	5.4	56.7
64	53.5	14.0	0.13	3.9	54.6
78	35.5	10.0	0.28	8.4	84.0
77	22.0	11.0	0.23	6.9	75.9
76	12.0	7.0	0.63	18.9	129.6
60	11.8	4.0	2.24	67.2	268.8
73	14.0	2.0	10.82	324.6	649.2

составляла приблизительно 68,3 тыс. км² (площадь водной поверхности — 66.1 тыс. км²), а объем вод, содержащихся в море, достигал 1064.0 км³. Море располагалось между 43°24′ и 46°53′ с. ш. и 58°12′ и 61°59′ в. д. и в целом было вытянуто с юго-запада на северо-восток. Максимальная протяженность в этом направлении составляла 432 км. Наибольшая ширина моря (по параллели 45°) равнялась 292 км, средняя ширина — 156 км. Длина береговой линии Аральского моря без длины береговой линии его островов составляла 4921 км. На море насчитывалось более 1100 островов общей площадью примерно 2235 км². Самые крупные из них — Кокарал (311 км²), Барсакельмес (170 км²), Возрождения (170 км²).

По строению своей котловины Аральское море разделялось на две части (см. рис. 2, *а*). Остров Кокарал отделял северо-восточную часть моря площадью около 6.0 тыс. км² (объем вод — 80 км³), которая называлась Малым морем, от остальной аральской акватории (так называемого Большого моря). Между собой они соединялись нешироким (15 км) проливом Берга с глубинами порядка 10—15 м. В Малом море преобладали глубины 10—20 м (максимальная глубина — 29.5 м, а средняя — 13.5 м).

Отличительная черта рельефа дна Большого моря — подводная гряда, простиравшаяся в меридиональном направлении от южной оконечности полуострова Куланды на севере до полуострова Муйнак на юге. К западу от этой гряды находилась узкая глубоководная впадина с глубинами 50—60 м (максимальная глубина — 69.0 м), к востоку — обширная котловина, в большей части которой глубины не превышали 15—20 м. Пологие юго-восточные и восточные склоны данной котловины, постоянно повышаясь в направлении берега, имели своим завершением мелководные области с глубинами не более 5 м. Восточное побережье Большого моря изобиловало заливами и низкими песчаными островами, образующими в юго-восточной части Акпеткинский архипелаг.

В противоположность южному, восточному и северному сильно изрезанным берегам, с глубоко вдающимися в сушу крупными заливами (например, Аджибай и Джилтырбас), западное побережье Большого моря изрезано слабо, и только на северо-западе здесь выделялись два крупных залива — Тще-Бас и Чернышева. В целом западное побережье данной части Аральского моря — это высокий (до 190 м) и обрывистый край плоскогорья Устюрт (см. рис. 2).

Теперь перейдем к рассмотрению элементов гидрологического режима Аральского моря в период 1911—1960 гг. Для них характерными особенностями были следующие:

1) Квазиравновесное состояние солевого баланса Аральского моря. Ежегодно, согласно данным Косарева (1975), в море поступало 25.5 млн. т солей, основная масса которых подвергалась седиментации при смешении морских и речных вод (из-за пересыщения аральских вод карбонатом кальция) и осаждалась на мелководьях северного, восточного и южного побережий Аральского моря. В результате этого, несмотря на значительное содержание растворенных солей в водах питающих море рек (Бортник, Буйневич, 1979), для аральских вод была характерна сравнительно невысокая их минерализация, всего 9.6—10.3‰, что приблизительно в 3 раза ниже солености вод Мирового океана. Химический состав вод Аральского моря отличается от химического состава океанических вод. В Мировом океане по весу ионы натрия составляют 30.61%, а в Арале — 21.94%, хлора — 55.04% и 34.42% соответственно, кальция — 1.1% и 4.65%, сульфатов — 7.68% и 31.07%, гидрокарбонатов — 0.41% и 1.57% (Блинов, 1956). Таким образом, в аральских водах по сравнению с океаническими значительно меньше ионов натрия и хлора и больше ионов кальция, сульфатов и гидрокарбонатов. Воды данного моря следует рассматривать как сильно метаморфизированные воды речного

стока, которые приобрели промежуточный тип между гидрокарбонатно-кальциевыми водами суши и хлоридно-натриевыми водами морей.

Межсезонная изменчивость солености в Аральском море практически не прослеживалась. Для пространственной изменчивости солености аральских вод характерным было некоторое их распреснение (порядка 9,6‰) на участках устьевого взморья рек Амударьи и Сырдарьи, а в заливах юго-восточной части Аральского моря вследствие сильного испарения — некоторое увеличение их солености (до 10,3‰). В зимнее и весеннее время года соленость в пределах Аральского моря от поверхности до дна практически однородна, летом поверхностные слои аральских вод несколько опреснены.

2) Квазиравновесное состояние теплового баланса Аральского моря, для которого было характерно поступление большого количества радиационного тепла к морской поверхности в теплое время года и примерно равная ему теплоотдача моря в атмосферу в холодные сезоны (Косарев, 1975). В соответствии с этим аральские воды хорошо прогревались в весенне-летние и сильно выхолаживались в осенне-зимние периоды. Среднегодовая температура поверхностного слоя воды изменялась в пределах 9—13° С. Максимальные температуры имели место в августе (24.5—25.0° С), минимальные — в феврале (от —0.5 до 1—2° С). Пространственная изменчивость температуры воды в пределах Аральского моря невелика для различных сезонов. Различия ее величин между северной и южной частями моря составляли примерно 2.0—2.5° С и определялись в основном широтой, однако с глубиной изменения температуры были заметно выражены, причем они неодинаковы от сезона к сезону в разных районах моря. Так, в течение года в Аральском море имели место гомотермия, обратная и прямая температурная стратификация. Вода однородна по температуре осенью в прибрежных мелководных районах и зимой в открытых глубоких частях моря. Интенсивное зимнее охлаждение приводило к понижению температуры поверхностных слоев больше, чем нижележащих; так формировалась в конце зимы обратная стратификация аральских вод.

3) Несмотря на южное положение Аральского моря, в нем хорошо выражена осенне-зимняя конвекция, которая из-за низкой солености аральских вод протекала в 2 стадии (Косарев, 1975). Первая стадия начиналась с момента осеннего охлаждения поверхностных вод (конец августа) в восточном мелководном районе Большого моря и постепенно распространялась на другие районы Арала. Эта стадия длилась до тех пор, пока воды моря не охлаждались до температуры наибольшей плотности (1,60° С) по всей толще (ноябрь). Дальнейшее охлаждение приводило к созданию устойчивой обратной стратификации и, следовательно, к прекращению конвекции (температурной). Однако после понижения температуры воды поверхностного слоя до температуры

замерзания (—0,57° С), наступала вторая стадия осенне-зимней конвекции, которая связана с осолонением при ледообразовании.

4) Своеобразна горизонтальная циркуляция вод Аральского моря. В отличие от всех водоемов Северного полушария в нем преобладала в общем антициклональное (по часовой стрелке) движение вод. Это, согласно А. Н. Симонову (1954), обусловлено за счет совместного воздействия преобладающих неравномерных по скорости ветров северных направлений и общего наклона дна Аральского моря с востока на запад.

5) На Аральском море, несмотря на его южное положение (зона пустынь Средней Азии), ежегодно образуется лед. Обычно ледообразование начиналось в прибрежных северных и северо-восточных районах моря (ноябрь). В открытом море льды, как правило,— с декабря, а у западного побережья Аральского моря — с января. Наибольшего развития ледяной покров достигал в феврале. Таким образом, продолжительность ледового периода на Аральском море составляла в среднем 4—5 мес.

6) Чрезвычайно низкие по сравнению с другими морями удельные величины (на единицу площади и объема моря) прихода через речные системы таких лимитирующих биогенных веществ, как азот и фосфор, определяли соответственно низкие их концентрации в водах Аральского моря. По данным Блинова (1956) среднее содержание фосфатов (P, мг/м^3) колебалось в пределах 1.0—4.2 мг/м^3, нитратов (NO_3, мг/м^3) — $2 \div 10$ мг/м^3, нитритов — $0 \div 5$ мг/м^3 и аммиачного азота — $50 \div 80$ мг/м^3. Содержание кремнекислоты в Аральском море было также значительно меньше, чем в других морях, однако оно, согласно данным Зенкевича (1963), никогда не достигало «аналитического нуля» и в среднем изменялось в пределах 150—250 мг/м^3. Низкое содержание биогенных веществ в аральских водах обусловливало слабость пелагических звеньев пищевой цепи и, в первую очередь, фитопланктона Аральского моря.

Аральское море характеризовалось крайне низким видовым разнообразием своих обитателей. Для этого моря указаны 20 видов рыб (Никольский, 1940), 195 видов свободноживущих беспозвоночных (Яблонская, 1974), 71 вид паразитических беспозвоночных (Догель, Быховский, 1934), 12 видов высших растений (Хусаинова, 1958), 82 вида низших растений (Хусаинова, 1958; Карпевич, 1975). Приведенные данные о видовом разнообразии гидробионтов Аральского моря нельзя считать точными. Для многих групп мелких организмов видовой состав, очевидно, был учтен не полностью. Изменяется число видов и с прогрессом исследований в области систематики. О недостаточной изученности фауны и флоры Аральского моря свидетельствует и тот факт, что разные авторы для фито- и зоопланктона, фито- и зообентоса приводили различное количество видов. Так, по данным, опубликованным Хусаиновой (1958), в Аральском море — 36 видов в зоопланктоне, 67 — в фитопланктоне, 95 — в зообентосе и

26 — в фитобентосе, а по данным Зенкевича (1963) — 25 в зоопланктоне, 39 — в фитопланктоне, 50 — в зообентосе, 32 — в фитобентосе.

Следует отметить, что все приведенные выше данные о видовом разнообразии фауны и флоры Аральского моря не учитывали обитателей сильно опресненных участков моря в устьях рек Сырдарья и Амударья. Этих гидробионтов традиционно считали чуждыми фауне и флоре Аральского моря, хотя в прибрежных водах южной части моря они населяли значительные акватории.

По расчетам Яблонской (1974) среди свободноживущих беспозвоночных Аральского моря 17% составляли каспийские виды, 78% — пресноводные и солоноватоводные виды континентальных водоемов и 5% — средиземноморско-атлантические виды. По данным Никольского (1940) фауна рыб данного моря состояла из 3 генетических комплексов: 1 — это остатки верхнетретичной фауны, 2 — представители арало-каспийской фауны и 3 — представители северной сибирской фауны. При этом арало-каспийские формы составляли 45% всей ихтиофауны. Таким образом, одной из важнейших черт экосистемы Аральского моря было резкое преобладание в ней видов пресноводного происхождения.

Основу зоопланктона данного моря составляли коловратки, ветвистоусые и веслоногие ракообразные, личинки донных животных. Видовой состав зоопланктона (по мере продвижения от сильно опресненных акваторий к осолоненным центральным районам моря) значительно обеднялся. Массового развития в открытом Аральском море достигали лишь немногие виды зоопланктона ветвистоусые ракообразные — *Podonevadne camptonyx*, *Evadne anonyx*; веслоногие ракообразные — *Arctodiaptomus salinus*, *Mesocyclops leuckarti* личинки моллюсков родов *Dreissena* и *Hypanis*. Иногда в зоопланктоне открытого моря в массовом количестве появлялись и другие виды: ветвистоусые ракообразные — *Moina mongolica*, *Ceriodaphnia reticulata*, *Alona rectangula*; коловратки — *Synchaeta vorax*, *Keratella tropica*, *Brachionus plicatilis*.

По данным Бенинга (1934) среднее количество планктонных организмов в открытом море было около 10 000 экз./м^3, при этом около 60% составляли личинки моллюсков и около 40% — веслоногие ракообразные. По данным Лукониной (1960) средняя биомасса зоопланктона Аральского моря была 150 мг/м^3, и 70—98% от общей биомассы приходилось на веслоногого рачка *Arctodiaptomus salinus*. Максимальные величины биомассы зоопланктона, как правило, приходились на прибрежные мелководные районы моря. По мнению ряда исследователей (Яблонская, 1960; Яблонская, Луконина, 1962; Кортунова, 1975) слабое развитие зоопланктона в Аральском море вызвано его недостаточной пищевой обеспеченностью.

Основу зообентоса моря составляют моллюски, олигохеты, ракообразные, личинки насекомых. Видовой состав зообентоса

в значительной мере определялся характером грунтов и донной растительности. Массового развития в Аральском море достигали лишь ограниченное количество видов зообентоса: двустворчатые моллюски — *Dreissena polymorpha aralensis*, *Dr. p. obtusecarinata*, *Dr. caspia pallasi*, *Hypanis minima minima*, *H. m. sidorovi*; олигохеты — *Nais elinguis*, *Paranais simplex*; остракода — *Cyprideis torosa*; бокоплав — *Dikerogammarus aralensis*; личинки насекомых родов *Chironomus*, *Oecetis*.

По данным Карпевич (1975) средняя биомасса зообентоса Аральского моря была 23 г/м^2, при этом 63% составляли моллюски и 33% — личинки хирономид. Как отмечал Зенкевич (1963), характерной чертой количественного распространения зообентоса в данном море была чрезвычайная равномерность в пределах одного биотипа, без наличия участков больших скоплений. Этот же автор подчеркивал, что, по существу, дно моря было заселено единым биоценозом дрейсены с различными вариациями на разных типах грунтов. Представители рода *Dreissena* на серых илах составляли более 80% всего населения.

Основу ихтиофауны Аральского моря составляли рыбы, относящиеся к семейству карповых (лещ, сазан, вобла, аральская шемая и др.). Кроме карповых, в море обитали 3 вида рыб из семейства окуневых (судак, окунь, ерш) и по 1 виду из семейства осетровых (аральский шип), лососевых (аральский лосось), сомовых (сом), щуковых (щука), колюшковых (колюшка). Ежегодно на Аральском море с 1 га вылавливали 5 кг бентосоядных рыб, а общий годовой улов рыбы со всего моря не превышал 440 000 ц (Карпевич, 1975). Бедность рыбных запасов моря объяснялась двумя причинами: с одной стороны, в море отсутствовало необходимое количество нерестовых угодий, а, с другой стороны, молодь рыбы была не обеспечена необходимым количеством корма.

Основу фитопланктона Аральского моря составляли диатомовые жгутиковые и сине-зеленые водоросли. Видовой состав фитопланктона, как и зоопланктона, по мере продвижения от сильно опресненных акваторий к осолоненным центральным районам моря значительно обеднялся. Самыми богатыми по количественному и качественному развитию фитопланктона являлись устья рек Сырдарья и Амударья. Массового развития в открытом Аральском море достигали лишь диатомовые водоросли. Доминирующая форма из них — *Actinocuclus ehrenbergii var. crassa* — достигала иногда свыше миллиона особей в 1 м^3 (Зенкевич, 1963). По данным Пичкалы (1970) биомасса фитопланктона в море колебалась от 0.5 до 2.6 г/м^2. Из общей биомассы растений в Аральском море на долю планктонных водорослей приходилось лишь 10% (Карпевич, 1975).

Основу фитобентоса моря составляли цветковые и водоросли: зеленые, красные, харовые. Видовой состав фитобентоса в большой мере определялся характером грунтов и глубинами. Мас-

сового развития в Аральском море достигали только несколько видов фитобентоса: цветковое растение — *Zostera nana*, зеленые водоросли — *Vaucheria dichotoma*, *Cladophora gracilis*, красная водоросль — *Polysiphonia violacea*, харовая водоросль — *Tolypella aralica*. По данным, приводимым Зенкевичем (1963), наибольшая биомасса, зарегистрированная для *Zostera nana*,— 90 г/м^2, для *Tolypella aralica* — 9.5 г/м^2, для *Vancheria dichotoma* — 531 г/м^2. При этом общий вес данных растений лишь слегка превышал 500 г/м^2. В целом по Аральскому морю первое место по биомассе занимали харовые водоросли, достигая 75%, и зеленые водоросли рода Vaucheria — 13% от общей биомассы донной растительности. Из общей биомассы растений в море на долю фитобентоса приходилось 90% (Карпевич, 1975). Таким образом, благодаря высокой прозрачности вод и небольшим средним глубинам, на Аральском море основная масса органического вещества создавалась не фитопланктоном, а фитобентосом, что делало экосистему данного моря резко отличающейся от экосистем других морей.

Первые значительные изменения в экосистеме Аральского моря были связаны с акклиматизационными мероприятиями. Еще в 1920—30-х гг. было предложено организовать перевозку в море пелагических рыб и донных беспозвоночных. Начиная с 1927 г., были предприняты многочисленные попытки вселения в Аральское море различных видов гидробионтов. К сожалению, до 1954 г. вселялись исключительно рыбы, и все акклиматизационные мероприятия проводились без учета научных рекомендаций. По этой причине в экосистеме моря произошло увеличение пищевой нагрузки на зоопланктон и зообентос, и некоторые виды беспозвоночных были практически полностью уничтожены рыбами.

В ходе акклиматизационных мероприятий сильно изменился зоопланктон Аральского моря. В 1965 и 1966 гг. из Кубанских лиманов, а в 1970 г. из Таганрогского залива Азовского моря в Арал вселили растительно-детритоядную планктонную копеподу *Calanipeda aquae-dulcis*. К 1972 г. представители данного вида распространились по всей акватории моря, став доминантом в зоопланктоне, а с 1973 г. в Аральском море перестал встречаться предыдущий доминант зоопланктона — аборигенный веслоногий рачок *Arctodiaptomus salina*. Из-за акклиматизации новых представителей бентоса в зоопланктоне появились и новые планктонные личинки. Вселение новых рыб и, в первую очередь, рыб-планктофагов приблизительно в 10 раз снизило среднюю биомассу зоопланктона. По данным Кортуновой (1975) в период с 1959 по 1968 гг. биомасса зоопланктона не превышала 15 мг/м^3. Выеданию подверглись наиболее крупные виды *Arctodiaptomus salina*, *Moina mongolica*, *Ceriodaphnia reticulata*, *Cercopagis pengoi aralensis*, и в зоопланктоне стало больше мелких форм, особенно коловраток.

Акклиматизированные мероприятия изменили и видовой состав бентоса Аральского моря. В период с 1954 по 1956 гг. из Каспийского моря в Арал вселили 2 вида креветок, из которых, начиная с 1957 г., был обнаружен только 1 вид — *Palaemon elegans*. Первоначально представители данного вида креветок встречались преимущественно в прибрежных водах, однако позднее они распространились и на более глубинные районы моря. В период с 1958 по 1960 гг. из низовьев р. Дон в Арал вселили 4 вида мизид, из которых, начиная с 1961 г., были обнаружены 3 вида: *Paramysis lacustris*, *P. Intermedia*, *P. ullskyi*. Первоначально преобладал вид *P. lacustris*, но к концу 60-х годов стал массовым другой вид — *P. intermedia*. Практически полное исчезновение *P. lacustris* объясняется его большей уязвимостью для рыб (Карпевич, 1975). Мизиды в Аральском море были приурочены к устьям рек Амударья и Сырдарья. В период с 1960 по 1963 гг. из Бердянских лиманов Азовского моря в Арал вселили полихету *Nereis diversicolor* и двустворчатого моллюска *Abra orata*. Первый вид был обнаружен в 1963 г., а второй — в 1967 г. Оба вида в настоящее время широко распространены практически по всему Аральскому морю и отсутствуют только в самой глубоководной его части. В 1976 г. в Арале был обнаружен крабик *Phithropanopens harrisii tridentata*, который на стадии личинки мог быть случайно занесен при вселении акклиматизантов из Каспийского или Азовского морей. Вселение новых бентосоядных рыб, а также новых видов донных беспозвоночных, которые стали конкурировать с аборигенными видами бентоса, приблизительно в 3 раза снизило среднюю биомассу зообентоса. По данным Яблонской с соавторами (1973) в 1966 и 1967 гг. биомасса зообентоса не превышала 9 г/м^2, и только к 1970 г. она достигла обычных для данного моря величин. Следует также отметить, что , начиная с 1964 г., стала резко уменьшаться биомасса бокоплава *Dikerogammams aralensis*, а с 1973 г. представитель данного единственного в море вида бокоплавов вообще перестал встречаться. Исчезновение *D. aralensis*, очевидно, следует связывать не с абиотическими факторами, а с биотическими — выедание рыбами, конкуренция с новыми вселенцами и др.

Начиная с 1927 г., в Аральское море в результате утилитарных и попутных акклиматизаций вселились 18 видов рыб, из которых выжили 15 видов. В 1927—1934 гг. из Каспия, а в 1948—1963 гг. из низовьев р. Урал в Арал вселяли севрюгу, которая стала попадаться в уловы с 1958 г. В 1929—1932 гг. из Каспия вселяли каспийского пузанка, который не выжил. В 1954—1959 гг. из Балтийского моря вселяли салаку, которая стала попадаться в уловы с 1957 г. В 1954—1956 гг. из Каспия вселяли 2 вида кефали, которые не выжили. В 1960—1961 гг. из водоемов Китая вселяли белого амура и белого толстолобика, которые стали попадаться в уловы с 1963 г. и даже вошли в промысел. При попытке вселения кефали из Каспия в Арал попутно вселили 6 ви-

дов бычков, атерину и иглу-рыбу, которые успешно прижились. Следует отметить, что атерина и 3 вида бычков (бутырь, песочник и кругляк) уже к 1958—1959 гг. достигли массового развития в Арале. В результате акклиматизационных мероприятий в Аральском море появилась камбала, а в устьях и самих реках — черный амур и змееголов. Следует отметить, что при акклиматизации севрюги из Каспия в Аральское море завезли 2 вида паразитов: кишечнополостное *Polypodium hydriforme* и трематоду *Nitzschia sturionis*. Первый вид рыб является паразитом икры осетровых, а второй — паразитом жабр осетровых. В Аральском море паразиты перешли с севрюги на местного шипа и вызвали сильнейшую эпизоотию. Необходимо также констатировать, что, несмотря на существенное увеличение видового разнообразия ихтиофауны, состав промысловых рыб изменился мало, а сам объем годового вылова возрос лишь незначительно (Карпевич, 1975).

Отмеченные ранее морфометрические характеристики Аральского моря существенно изменились в период с 1961 г. по настоящее время. Так, за счет снижения уровня весьма значительно трансформировались берега моря, особенно в мелководных восточных, юго-восточных и южных районах Большого моря (см. рис. 1, *б*). Здесь полностью исчезли крупные мелководные заливы Джилтырбае на южном побережье моря и Бозколь, Акколь и др. более мелкие на восточном. Практически все острова Акпеткинского архипелага стали сушей. Остров Кокарал стал полуостровом, существенно увеличилась площадь островов, расположенных в районе подводной гряды в центральной части Большого моря. В 1985 г. пролив Берга практически обмелел (глубины менее 50 см).

Общая площадь моря на момент 1985 г. сократилась до 43.2 тыс. км^2, а объем — до 427 км^3, что составляет соответственно 32% и 57% от площади и объема моря на отметке 53 м. абс. (т. е. до 1960 г.). Средняя глубина Аральского моря стала порядка 11.5 м.

В современный период (с 1961 г. по настоящее время) соли, приходящие со стоком рек, уже не полностью уравновешиваются расходными составляющими солевого баланса, что приводит к некоторому возрастанию солевой массы моря (Бортник, 1983).

Кроме того, увеличение в речном стоке доли высокоминерализованных сбросных и дренажных вод привело к значительному росту минерализации речных вод, которое достигло 1—2 г/л, поэтому, несмотря на то, что среднегодовой речной сток в период 1961—1980 гг. сократился почти на 47%, среднеговодой ионный сток за этот же период уменьшился всего на 4 млн. т или на 18%. Существенно изменились и другие составляющие солевого баланса. Так, уменьшение в речном стоке относительного содержания карбонатов привело к сокращению вдвое количества солей, подвергавшихся седиментации при смешении речных и морских вод.

К 1980 г. средняя соленость моря возросла более чем на 8‰. Возрастание солености обусловлено в основном повышением концентрации солей при уменьшении объема моря, изменение же его солевой массы играет второстепенную роль. Значительные изменения произошли в пространственном распределении солености. Наиболее резкому осолонению подверглись предустьевые и мелководные районы, Малое море и залив Большой Сары-Чаганак. Соленость в Малом сейчас на 2—3‰ превышает соленость Большого моря, а соленость вод залива Большой Сары-Чаганак достигла 20—25‰. Это вызвано полным отсутствием стока Сырдарьи в 1974—80 гг. и водообмена между Малым и Большим морями (с 1988 г. пролив Берга обмелел окончательно).

Одновременно с повышением солености вод моря развивались процессы метаморфизации их солевого состава. По мере роста общей минерализации и абсолютного содержания практически всех ионов происходило значительное количественное изменение в относительном содержании главных ионов. По мере роста солености происходил сдвиг углекислого равновесия в сторону перехода бикарбоната кальция в труднорастворимый карбонат кальция. В наиболее осолоненных районах одновременно с седиментацией кальцита наблюдалось соосаждение карбоната магния и гипса. Метаморфизация солевого состава привела к изменению отношений основных солеобразующих компонентов и суммы солей к доминирующему иону — хлору (Косарев, 1975).

Говоря о термическом и ледовом режимах моря, отметим, что значительных их изменений пока не произошло, тем не менее в мелководных районах моря отмечается некоторое повышение (весной) и понижение (осенью) температуры воды в пределах 1—2° С. Это связано с более интенсивным прогревом и охлаждением вод этих районов соответственно в весенний и осенний сезоны. Для осеннего сезона понижение температуры воды поверхностного слоя на 1° С прослеживается даже в центральных районах моря, так как уменьшение его объема и, соответственно, теплозапаса приводит к более быстрому охлаждению всей массы вод моря.

В связи с постоянным ростом солености произошло и постепенное понижение температуры замерзания, что отрицательно сказалось на гидробиологическом режиме моря. При современной солености вод моря температура замерзания составляет около —1.28° С, причем за последние годы она понизилась примерно еще на 0.5° С.

Осолонение вод моря привело к непрерывному возрастанию их плотности, изменению плотностной структуры и устойчивости вод, что затруднило процессы ветрового (лето) и конвективного (осень—зима) перемешивания и вентиляцию придонных слоев относительно глубоких районов моря.

Существенные изменения произошли и в балансе биогенных элементов. Для 1961—80 гг. по сравнению с предшествующим

2 Заказ 1044

периодом характерно резкое (в 4—10 раз) повышение концентрации всех форм минерального азота (особенно нитратного и аммонийного) в водах Сырдарьи и Амударьи. Эти изменения являются следствием активного использования в последние годы минеральных удобрений в сельском хозяйстве, с одной стороны, а с другой — резкое повышение концентрации биогенных элементов обусловлено общим уменьшением объема поступающего в море речного стока и возрастанием в нем доли сбросных и дренажных вод, которые выносят биогенные вещества с постоянно увеличивающихся орошаемых площадей.

С высыханием Аральского моря были связаны новые значительные изменения в его экосистеме. В первоначальный период высыхания с 1960 по 1970 гг. осолонение и падение уровня шло замедленными темпами. За этот период соленость возросла лишь на 1.5‰, а уровень упал только на 1.7 м. В следующее десятилетие (с 1970 по 1980 гг.) темпы осолонения и падения уровня заметно увеличились. За этот период соленость возросла еще на 6.5‰, а уровень упал еще на 5.3 м. В последнее десятилетие (с 1980 по 1989 гг.) темпы осолонения и падения уровня продолжают оставаться значительными. За этот период соленость возросла еще на 6‰, а уровень упал еще на 6 м. Обусловленные увеличением солености изменения в составе фауны и флоры Аральского моря носят нелинейный характер. Благодаря этому в истории осолонения Аральского моря можно выделить как кризисные периоды, сопровождающиеся массовой гибелью гидробионтов, так и периоды относительной стабилизации. Первый кризисный период наблюдался в 1971—1975 гг. при соленостях 12—14‰. В данный период погибло подавляющее большинство пресноводных и солоноватоводных видов. Далее, в 1976—1985 гг. при соленостях 14—22‰ наблюдался период относительной стабилизации. В последнее же время (1987—1988 гг.) при соленостях 23—24‰ в Аральском море вновь были зарегистрированы признаки начала нового кризисного периода, который, очевидно, может закончиться массовой гибелью гидробионтов.

Первые признаки отрицательного воздействия осолонения на зоопланктон Аральского моря приходятся на 1971 г., когда средняя соленость воды достигла 12‰. До этого времени все изменения, происходившие с обитателями водной толщи, обусловливались последствиями акклиматизационных мероприятий. К середине 70-х годов, когда средняя соленость воды превысила 14‰, практически все пресноводные и солоноватоводные планктонные организмы не выдержали осолонения и погибли, однако эвригалинные виды зоопланктона выжили и стали достигать массового развития. По данным Андреева (см. наст. сб.) широко распространились 3 вида коловраток — *Synchaeta vorax*, *S. gyrina*, *S. cecilia*; 2 вида ветвистоусых ракообразных — *Podonevadne camptonyx*, *E. anonyx*; 2 вида веслоногих ракообразных — *Calanipeda aquae-dulcis*, *Halicyclops rotundipes aralensis*; личинки

моллюсков родов *Abra* и *Cerastoderma*. Иногда в отдельных акваториях моря в массовом количестве появляются и другие зоопланктонные организмы: 3 вида коловраток — *Brachionus plicatilis*, *B. calyciflorus*, *Notholca squamula* и 1 вид копепод — *Acantocyclops bisetosus*. По данным этого же автора средняя биомасса зоопланктона Аральского моря, начиная с 1969 г., начала постепенно увеличиваться от 22 мг/м^3 до 123 мг/м^3 в 1981 г. Увеличение биомассы зоопланктона на фоне прогрессирующего осолонения можно попытаться объяснить, с одной стороны, как результат успешной акклиматизации *Calanipeda aquae-dulcis*, которая дает от 30 до 73% общей биомассы зоопланктона и от 19 до 57% численности (Андреев, наст. сб.), а, с другой стороны, как результат снижения пресса хищников, т. е. планктофагов. К середине 80-х годов, когда средняя соленость воды превысила 23‰, в зоопланктоне вновь появились признаки наступления нового кризисного периода. В последние годы резко снизилась численность коловраток и ветвистоусых ракообразных и в 1987—1988 гг. в зоопланктоне доминировали только копепода *Calanipeda aquae-dulcis* и личинки двустворчатых моллюсков *Abra ovata* и *Cerastoderma istmicum*.

Первые признаки отрицательного воздействия осолонения на зообентос Аральского моря так же, как и на зоопланктон, приходятся на 1971 г., когда средняя соленость воды достигла 12‰. До этого времени все изменения, происходившие с донными обитателями, обусловливались последствиями акклиматизационных мероприятий. Первыми не выдержали осолонения и погибли олигохеты и личинки насекомых. Далее практически полностью исчезли моллюски родов *Dreissena* и *Hypanis*. Пережили осолонение выше 12—14‰ только эвригалинные виды из средиземно-морско-атлантического бассейна и континентальных осолоненных водоемов аридной зоны. По данным Андреевой (см. наст. сб.) широко распространились 2 вида двустворчатых моллюсков — *Abra ovata* и *Cerastoderma istmicum*; полихета — *Nereis diversicolor*; креветка — *Palaemon elegans*; крабик — *Rhithropanopeus harrisii tridentata*; брюхоногие моллюски родов *Caspiohydrobia* и *Theodoxus*. Чрезвычайно сильно увеличилась численность и биомасса остракоды *Cyprideis torosa*. В прибрежных донных биоценозах о. Барсакельмес представители данного вида дают биомассу около 2 г/м^2 при численности более 10 000 экз./м^2. Так же, как и в случае с зоопланктоном, средняя биомасса зообентоса Аральского моря, начиная с 1969 г., начинает постепенно увеличиваться от 11.7 г/м^2 до 184 г/м^2 в 1980 г. (Андреева, наст. сб.). Причины увеличения биомассы зообентоса на фоне прогрессирующего осолонения те же, что и в случае с зоопланктоном, это результат успешной акклиматизации *Abra ovata* и других донных животных, а также следствие снижения выедания бентосоядными рыбами. К середине 80-х годов, когда средняя соленость воды превысила 23‰, в зообентосе так же, как и в

зоопланктоне, вновь появились признаки наступления нового кризисного периода. В последние годы резко снизилась численность и видовое разнообразие ракушковых ракообразных и, возможно, других мелких бентосных видов беспозвоночных, например, ресничных червей. К 1987—1988 гг. в Аральском море фактически остался только 1 вид остракод — *Cyprideis torosa*, а другие виды не выдержали осолонения выше 23‰ и погибли.

Первые признаки отрицательного воздействия осолонения на ихтиофауну Аральского моря появились в середине 60-х годов, т. е. приблизительно на 5 лет раньше, чем началось отрицательное воздействие осолонения на зоопланктон и зообентос. Однако и в данном случае отрицательное воздействие началось при соленостях 12—14‰. Дело в том, что на мелководных нерестилищах соленость возрастала более быстрыми темпами, чем в открытых районах моря, и уже к 1965—1967 гг. превысила 14‰, что губительно сказалось на развитии икры рыб пресноводного происхождения. По данным Карпевич (1975) в конце 60-х годов особенно ухудшилось положение на нерестилищах полупроходных рыб. К этому времени, кроме увеличения солености, из-за падения уровня моря в 5—8 раз сократились площади самих нерестилищ.

Следует отметить, что в 60-х годах ихтиофауна Аральского моря страдала не только от осолонения и падения уровня, но и от последствий акклиматизационных мероприятий и строительства плотин в низовьях рек Сырдарья и Амударья. Чрезвычайно размножившиеся акклиматизанты (бычки и атерина) продолжали активно конкурировать за пищу с промысловыми аборигенными рыбами, а одна из плотин у г. Кзыл-Орда отрезала 90% нерестилищ шипа и 80% нерестилищ усача (Карпевич, 1975). Суммарное отрицательное воздействие акклиматизационных мероприятий, строительства плотин, осолонения и падения уровня моря привело к тому, что всего за одно десятилетие (с 1960 по 1970 гг.) общий годовой улов рыбы снизился до 175 000 ц, т. е. почти в 3 раза.

Начиная с 1971 г., когда средняя соленость воды в открытой части моря достигала 12‰, появились и первые признаки отрицательного воздействия солености на взрослых рыб. У представителей многих видов рыб замедлился темп роста, резко возросла смертность и сократилась численность, наблюдались многочисленные морфологические абберации. К середине 70-х годов, когда средняя соленость превысила 14‰, у подавляющего большинства рыб практически полностью нарушились процессы естественного воспроизводства. В связи с этим со второй половины 70-х годов в популяции многих видов рыб практически полностью перестала присутствовать молодь. К началу 80-х годов, когда соленость превысила 18‰, Аральское море полностью потеряло рыбохозяйственное значение. К этому времени все представители промысловых видов рыб (как вселенных, так и аборигенных) практически полностью погибли, хотя в устьях рек Сырдарья и

Амударья еще встречались единичные экземпляры рыб старших возрастов. В настоящее время ихтиофауна Аральского моря чрезвычайно сильно обеднена, угнетена и представлена только 5 видами: атериной, бычками, камбалой, колюшкой и салакой.

В период высыхания Аральского моря, к сожалению, практически полностью не изучалось влияние осолонения, падения уровня и акклиматизационных мероприятий на фитопланктон и фитобентос. Опираясь на единичные работы (Пичкилы, 1970; Ельмуратов, 1977 и др.) нельзя достоверно судить о происходящих изменениях в растительных сообществах моря, а можно лишь предполагать, как это делает Косарев (1975), что в фитопланктоне и фитобентосе происходит быстрая замена пресноводных и солоноватоводных видов морскими и гипергалинными. Нельзя также забывать, что на растительные организмы в чрезвычайно большой мере должно оказывать свое влияние и изменение в балансе биогенных элементов.

Таким образом, в период высыхания Аральского моря на фитопланктон и фитобентос, очевидно, действовало четыре мощных фактора: осолонение, падение уровня, акклиматизационные мероприятия и изменения в балансе биогенных элементов. Из этих факторов на фитопланктон, по-видимому, в наибольшей степени оказали влияние осолонение и изменение в балансе биогенных элементов, а на фитобентос — падение уровня.

К середине 70-х годов, когда средняя соленость превысила 14‰, биомасса и численность фитопланктона сократилась в 3—5 раз, и, в еще большей мере (свыше 60%), стали доминировать диатомовые водоросли (Косарев, 1975). Можно предполагать, что к этому времени уже погибли многие пресноводные и солоноватоводные планктонные водоросли, а эвригалинные виды фитопланктона стали достигать массового развития. По данным Околодного (см. наст. сб.) в современном Аральском море подавляющее большинство доминирующих видов фитопланктона является морскими эвригалинными формами. Наблюдающееся снижение численности и биомассы фитопланктона, очевидно, определяется и изменением баланса биогенных элементов. В последние годы сток речных вод в Аральское море был практически полностью прекращен, что катастрофически снизило объем поступающих биогенных элементов. В 1987 г. речной сток в море был частично возобновлен, и это должно улучшить баланс биогенных элементов и снизить темпы осолонения, что, по-видимому, положительно скажется на фитопланктоне.

Обсуждая изменения в фитопланктоне, связанные с высыханием Аральского моря, следует отметить рост прозрачности его вод (рис. 3). Подобное увеличение прозрачности, очевидно, связано и с уменьшением количества гидробионтов, населяющих водную толщу. По методике, предложенной Бульоном (1982), исходя из прозрачности воды и глубины в точке наблюдения,

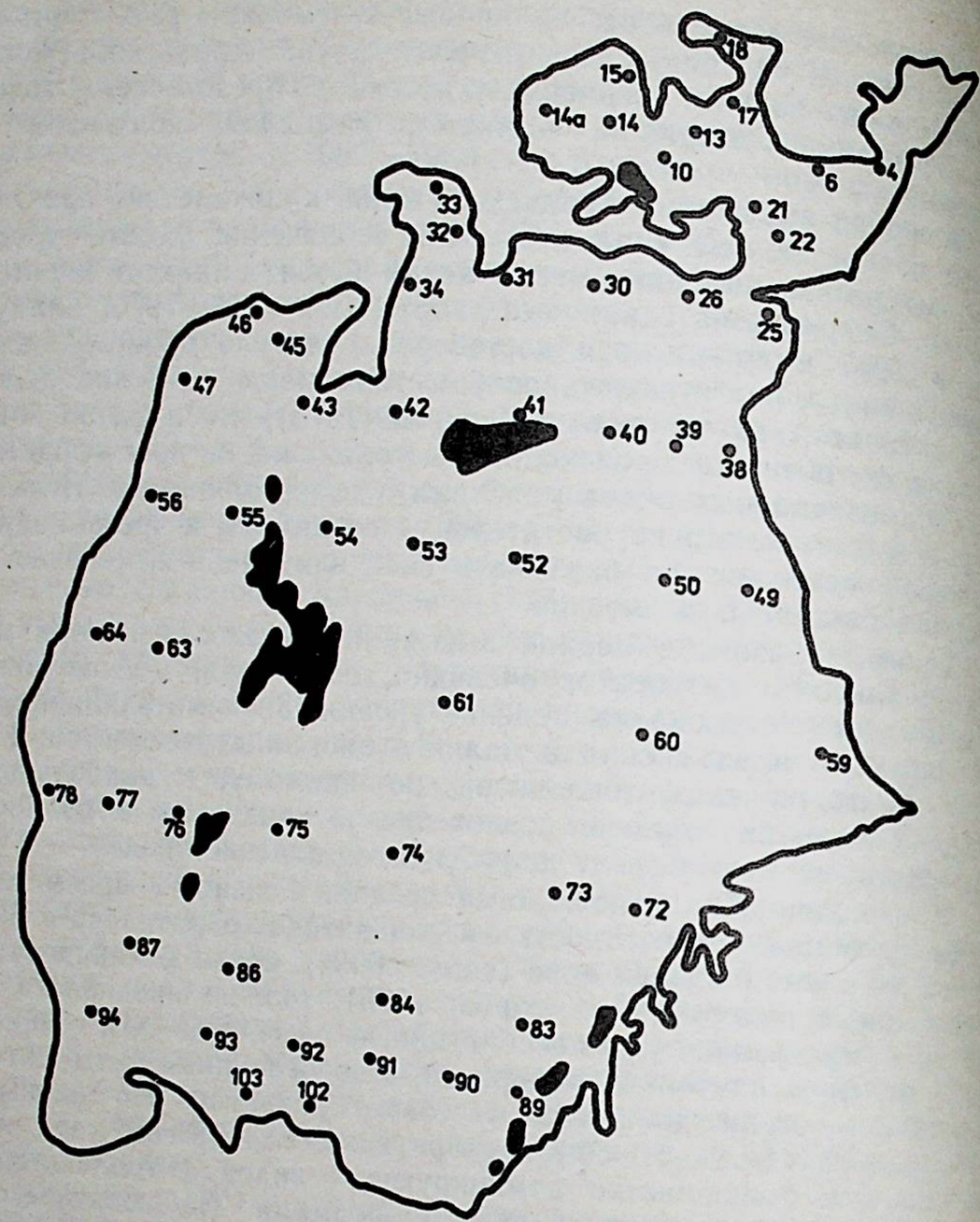


Рис. 3. Схема расположения станций наблюдений за прозрачностью вод Аральского моря. Июль—август 1980 г.
Цифры обозначают номера станций

можно даже приблизительно рассчитать концентрацию хлорофила, оптимальную и суммарную продукцию фитопланктона. В табл. 2 приведены результаты подобных расчетов для различных районов Аральского моря по материалам наблюдений за прозрачностью (в июле—августе 1980 г.). Таким образом, рост прозрачности вод современного Аральского моря можно, вероятно, попытаться связать со снижением уровня первичной продукции фитопланктона в нем.

Как уже было отмечено ранее, на фитобентос наибольшее отрицательное влияние оказало падение уровня Аральского моря.

Быстрая полная осушка мелководий и исчезновение разветвленных дельт рек Сырдарья и Амударья привели к массовой гибели цветковых растений. Особенно пострадали знаменитые тростниковые заросли Аральского моря, которые за сравнительно короткий период полностью исчезли. На сегодняшний день в море фактически сохранился только 1 вид цветковых растений — *Zostera nana*. На очень больших площадях вместе с осушкой дна погибли и многие виды водорослей. Так, например, чрезвычайно сильно сократились пространства, занятые харовой водорослью — *Tolypella aralica*.

Значительно затрудняет развитие фитобентоса и связанное с падением уровня моря изменение в соотношении характера грунтов в эуфотической зоне. Если раньше широкой полосой вдоль всего восточного, южного и северного побережий Аральского моря тянулись песчаные грунты, переходящие на глубине свыше 10 м в илистые (Зенкевич, 1963), то теперь, когда уровень моря упал более чем на 13 м, илистые грунты начинаются сразу у уреза воды. На сегодняшний день ил, илистый песок и песчаный ил составляют около 100% поверхности дна, а не 66%, как это было до начала антропогенного высыхания Аральского моря (Хусаинова, 1958). В связи с этим массового развития достигают только зеленая водоросль (*Vaucheria dicho toma*) и бентосные диатомовые водоросли, которые чрезвычайно хорошо себя чувствуют на илистых грунтах.

Подводя итог всем изложенным выше данным, можно сделать вывод, что экосистема Аральского моря пережила в недавнем прошлом как минимум два серьезных потрясения: первое пришлось на 1960—1968 гг. и было связано с акклиматизационными мероприятиями, а второе — на 1971—1976 гг. и было связано с увеличением солености выше 12—14‰. В настоящее время экосистема Аральского моря, по-видимому, испытывает третье потрясение, связанное с увеличением солености выше 23—24‰.

В заключение следует также отметить, что Аральское море является крайне слабо изученным водоемом. В начале 1980-х годов гидробиологические исследования на данном море были практически полностью прекращены. Не вызывало сомнения, что в кратчайшие сроки подобные исследования необходимо возобновить, а также целесообразно разработать комплексную программу изучения Аральского моря и Приаралья.

ЛИТЕРАТУРА

Асарин А. Е. Составляющие водного баланса Аральского моря и их влияние на многолетние колебания его уровня // Водные ресурсы, 1973.— № 5.— С. 29—40.

Берг Л. С. Аральское море. Опыт физико-географической монографии // Изв. Туркестан. отд. Русск. географ. о-ва, 1908.— Т. 5.— С. 3—65.

Блинов Л. К. Гидрохимия Аральского моря.— Л.: Гидрометеоиздат, 1956.— 252 с.

Бортник В. Н., Буйневич Н. А. О солевом составе высокосоленых вод Аральского моря // Тр. ГОИН, 1980.— Вып. 159.— С. 85—93.
Бортник В. Н. Современные и прогнозируемые изменения гидрологических, гидрохимических и гидробиологических условий Аральского моря // Водные ресурсы, 1983.— № 5.— С. 3—16.
Бенинг А. Л. Гидрологические и гидробиологические материалы к составлению промысловой карты Аральского моря // Тр. Аральск. отд. ВНИРО, 1934.— Т. 3.— С. 183—200.
Бульон В. В. Закономерности первичной продукции в лимнических экосистемах.— Автореф. дис. ... докт. биол. наук.— Л., 1985.— 32 с.
Доранд Ф. Б. Гидрометрические исследования на Амударье // Тр. Амударьинской экспедиции, 1878.— Т. 4.— 150 с.
Догель В. А., Быховский Б. Е. Фауна паразитов рыб Аральского моря // Паразитол. сб. Зоол. ин-та АН СССР, 1934.— Т. 4.— С. 11—41.
Ельмуратов А. Состав и распределение фитопланктона южных заливов Аральского моря.— Автореф. дис. ... канд. биол. наук.— Кишинев, 1977.— 24 с.
Зайков Б. Д. Современный и будущий водный баланс Аральского моря // Тр. НИУ ГУГМС СССР, 1946.— Вып. 39.— С. 39.
Зенкевич Л. А. Биология морей СССР.— М.: Изд-во АН СССР, 1963.— 739 с.
Косарев А. И. Гидрология Аральского и Каспийского морей.— М.: Изд-во МГУ, 1975.— 272 с.
Карпевич А. Ф. Теория и практика акклиматизации водных организмов.— М.: Пищевая пром., 1975.— 432 с.
Кортупова Т. А. Об изменениях в зоопланктоне Аральского моря в 1959—1968 гг. // Зоол. журн., 1975.— Т. 54.— Вып. 5.— С. 657—669.
Львов В. П. Водный баланс Аральского моря // Тр. ГОИН, 1970.— Вып. 101.— С. 15—20.
Луконина Н. К. Зоопланктон Аральского моря // Тр. ВНИРО, 1960.— Т. 43.— Вып. 1.— С. 177—197.
Никольский Г. В. Рыбы Аральского моря.— М.: Изд-во МОИП, 1940.— 115 с.
Пичкалы Л. О. Динамика численности и биомассы фитопланктона Аральского моря // Гидробиол. журн., 1970.— Т. 6.— № 1.— С. 31—36.
Самойленко В. С. Состояние вопроса о водном балансе и колебаниях уровня Аральского моря // Тр. ГОИН, 1955.— Вып. 20.— С. 28—31.
Симонов А. И. К вопросу о причине антициклональной циркуляции вод Аральского моря // Метеорология и гидрология, 1954.— № 2.— С. 50—52.
Сумарокова В. В., Цыценко К. В. О снижении стока рек в бассейне Аральского моря // Тр. ГГИ, 1978.— Вып. 251.— С. 73—83.
Хусаинова Н. З. Биологические особенности некоторых массовых донных кормовых беспозвоночных Аральского моря.— Алма-Ата: Изд-во КГУ, 1958.— 116 с.
Черненко И М. Водно-солевой баланс и использование высыхающего Арала // Пробл. освоения пустынь, 1983.— № 3.— С. 18—24.
Черненко И. М. Вопросы управления водно-солевым балансом Аральского моря // Пробл. освоения пустынь, 1986.— № 1.— С. 3—11.
Шульц В. Л., Шаталова Л. Н. Водный баланс Аральского моря // Научн. тр. Таш. ГУ, 1964.— Вып. 269.— С. 3—28.
Яблонская Е. А. Кормовая база рыб Аральского моря и ее использование // Тр. ВНИРО, 1960.— Т. 43.— Вып. 1.— С. 150—176.
Яблонская Е. А., Луконина Н. К. К вопросу о продуктивности Аральского моря // Океанология, 1967.— Т. 2.— Вып. 2.— С. 298—304.
Яблонская Е. А. История изучения и состав фауны беспозвоночных Аральского моря // Атлас беспозвоночных Аральского моря.— М.: Пищевая пром., 1974.— С. 3—8.

Summary

It is shown that recently the Aral Sea ecosystem endured at least two serious shocks. The First of them takes place in 1960—1968 and dealt with acclimatization, the second takes place in 1971—1976 and dealt with salinity increase over 12—13‰. It is suggested that at present the Aral Sea ecosystem enduring the third shoch deals with salinity increase over 23—25‰.

ТРУДЫ ЗООЛОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА АН СССР, 1989, Т. 199
USSR ACADEMY OF SCIENCES
PROCEEDINGS OF THE ZOOLOGICAL INSTITUTE, LENINGRAD, 1989, VOL. 199

Н. И. Андреев

ЗООПЛАНКТОН АРАЛЬСКОГО МОРЯ В НАЧАЛЬНЫЙ ПЕРИОД ЕГО ОСОЛОНЕНИЯ

N. I. Andreev

Zooplankton of the Aral Sea in the initial period of its salinization

Аральское море как среда обитания животных и его фауна за последние десятилетия, в результате водохозяйственной деятельности человека в бассейнах питающих его речных систем Амударьи и Сырдарьи и акклиматизации животных, значительно изменились. Так, с 1961 г. к началу 1982 г. падение уровня моря составило по сравнению со среднемноголетним 8.2 м, к 1980 г площадь моря сократилась примерно на 16 тыс. км^2, а объем — на 460 км^3 (соответственно 25 и 43% площади и объема моря), средняя соленость воды в море возросла на 8‰ (Бортник, 1983). Успешная акклиматизация ряда гидробионтов (Карпевич, 1975), с одной стороны, пополнила зоопланктон Арала растительно-детритоядным видом — *Calanipeda aquae-dulcis* Kritshagin, личинками и молодью донных животных: *Abra ovata* (Phil.), *Nereis diversicolor* O. F. Muller, *Palaemon elegans* Rathke, *Rhithropanopeus harrisii tridentatus* (Maitl.), а, с другой стороны, подвергла сообщество зоопланктона мощному прессу вселенных рыб-планктофагов.

В печати хорошо освещены вопросы только влияния интродуцированных рыб-планктофагов на зоопланктон Аральского моря (Быков и др., 1968; Кортунова, 1972, 1975; Карпевич, 1975), вспышка численности которых была еще при солености моря близкой к среднемноголетней для периода до зарегулирования стока рек. Вопросы же влияния осолонения моря на видовой состав и количественное развитие зоопланктона, несмотря на ряд публикаций (Андреев, Семакина, 1978; Андреев, 1983; Аладин, Андреев, 1984), остаются еще недостаточно полно раскрытыми.

В связи со сказанным выше целью работы было изучение видового состава и количественного развития зоопланктона Аральского моря в начальный период осолонения. Учитывая прогноз падения уровня моря и повышения солености воды (Геллер, 1969; Коренистов и др., 1973; Андреев и др., 1978, Бортник, 1980, 1983), 1961—1981 гг. для фауны Арала можно охарактеризовать как начальный период осолонения моря, причем воздействие солености, как таковой, начало сказываться только в 70-х годах.

Материал и методика

Анализируются материалы стандартных рейсов с 1969 по 1981 гг., выполняемых Аральским отделением Казахского НИИ рыбного хозяйства по постоянной сетке станций, расположенных равномерно по акватории моря на глубинах более 2 м. Первоначально станций бло 115, но в связи с падением уровня моря количество их сократилось к 1981 г. до 54. Кроме того, в отдельные годы организовывались прибрежные рейсы для изучения фауны мелководных заливов (култуков) и обширных мелководий. Схема стандартной сетки станций и районы прибрежных сборов приведены на рис. 1.

Сборы зоопланктона в открытой части моря проводились с борта судна малой сетью Джудая из газа № 61 с диаметром входного отверстия 20 см тралением от дна до поверхности. В прибрежной части моря использовали сеть Апштейна, и лов проводился путем отфильтровывания 100 л воды.

Фиксацию и камеральную обработку проб зоопланктона проводили по общепризнанным методикам (Киселев, 1969; Инструкция..., 1971).

Для получения сопоставимого материала была сохранена методика расчета средневзвешенной численности (экз./м^3) и биомассы (мг/м^3) зоопланктона, примененная ранее Н. К. Лукониной (1960 б) и Т. А. Кортуновой (1975, 1978), по которой учитывается объем зон, расположенных между изобатами 5, 10, 15, 20 и 30 м. Средние арифметические (из суммы показателей для всех станций в данной зоне) величины численности и биомассы умножили на объемы соответствующих зон, произведения суммировали и делили на общий объем моря, и таким образом получали среднюю численность и биомассу зоопланктона на кубический метр для всего моря.

В связи с падением уровня моря ежегодно объемы зон пересчитывали на высоту стояния уровня моря в период сбора материала. Расчеты объемов зон были любезно выполнены гидрологом Аральского отделения КазНИИРХ И. С. Губа.

Для перехода от численности у биомассе зоопланктона были использованы стандартные веса организмов так же, как и Т. А. Кортуновой (1975, 1978), взятые из работ Ф. Д. Мордухай-Болтовского (1954), Н. К. Лукониной (1960 а), А. А. Косовой (1961).

Для култуков и мелководий среднюю численность и биомассу зоопланктона рассчитывали как средние арифметические величины из соответствующих показателей в данном районе.

Видовой состав зоопланктона

Зоопланктон Аральского моря представлен коловратками, ветвистоусыми и веслоногими ракообразными, а также личинками донных животных.

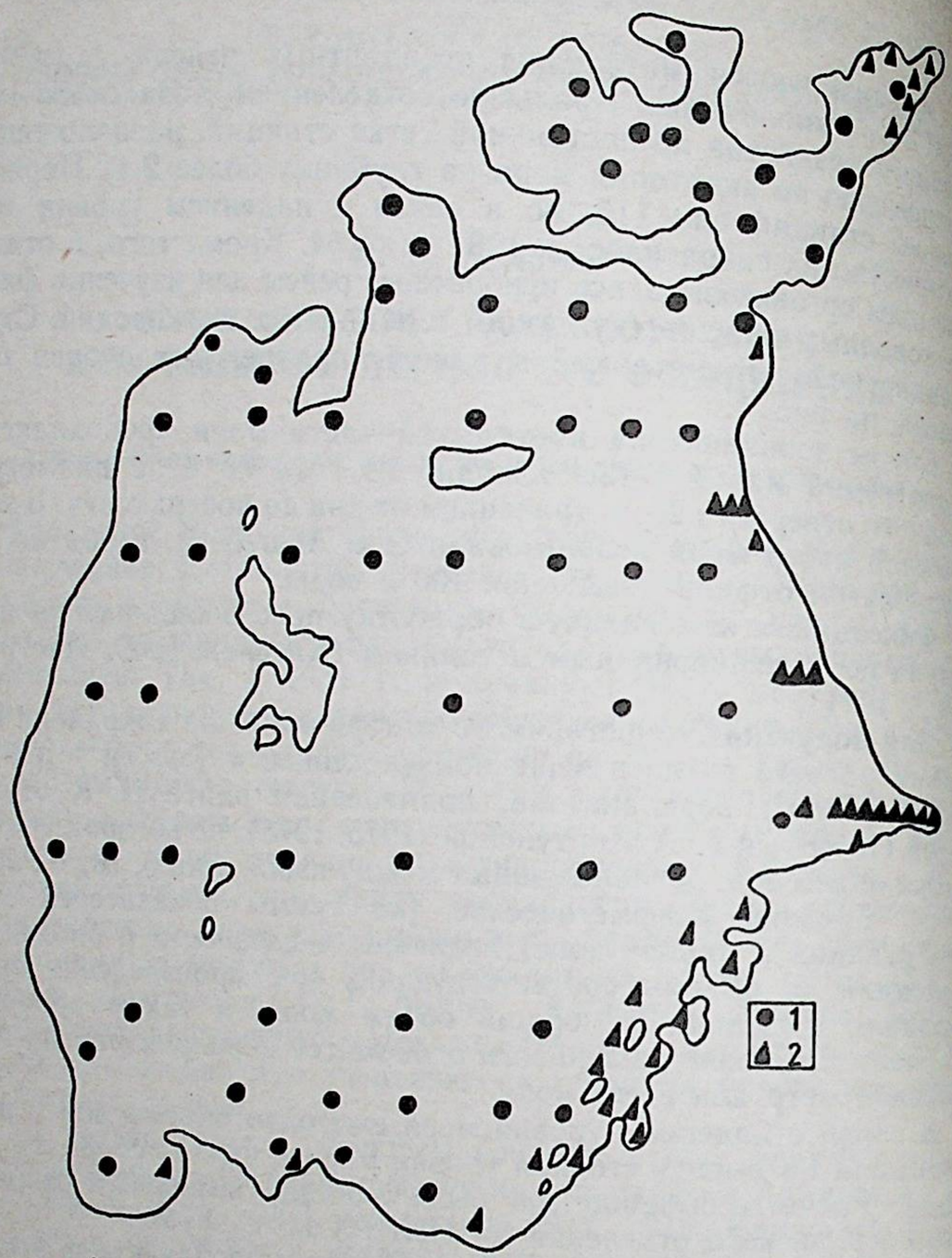


Рис. 1. Расположение станции отбора проб зоопланктона:
1 — станции стандартных рейсов, *2* — станции прибрежных рейсов

Сведения о видовом составе зоопланктона открытого моря при солености, близкой к среднемноголетней до зарегулирования рек, содержатся в работах С. А. Зернова (1903), В. И. Мейснера (1908), М. А. Виркетис (1927), А. Л. Бенинга (1934, 1935) и Т. А. Кортуновой (1978). Наиболее полные данные и последние по времени исследования (по состоянию на 1971 г.) приведены Л. А. Кутиковой (1974) по коловраткам, Ф. Д. Мордухай-Болтовским (1974) по ветвистоусым ракообразным и Е. Е. Боруцким (1974) по веслоногим ракообразным в «Атласе беспозвоночных

Аральского моря» (1974), который явился первой обобщающей работой по видовому составу беспозвоночных Аральского моря.

До 1971 г. падение уровня моря шло замедленными темпами и составило за 10 лет всего 1.7 м, при этом повышение солености над среднемноголетней наблюдалось всего на 1.4‰. Вышеотмеченные работы позволяют получить полную характеристику видового состава зоопланктона Арала в условиях его естественного режима.

Видовой состав зоопланктона Аральского моря по отношению к солености делится на 3 группы: к первой относятся виды, обитавшие в открытом море при его нормальной солености (около 10.2‰), ко второй — виды, обитающие преимущественно в пресных водоемах, но развивающиеся и при некотором осолонении, в основном в мелководных прибрежных районах, часто среди водной растительности; в третью группу относятся виды, выносимые водами Сырдарьи и Амударьи и не известные за пределами полностью распресненных районов.

Из планктонных животных, обитавших в Аральском море при его нормальной солености, с 1900 по 1971 гг. было отмечено коловраток 21 вид, ветвистоусых ракообразных — 7 и веслоногих ракообразных — 22 вида (табл. 1). Все виды коловраток, отнесенные в этот список, согласно Л. А. Кутиковой (1970), широко распространены в пресных, солоноватых и морских водоемах, многие имеют всесветное распространение. Среди ветвистоусых ракообразных выделяются представители эндемичного понто-аралокаспийского комплекса — *C. p. aralensis*, *E. anonyx*, *P. camptonyx*, *P. angusta*, которые составляют наиболее постоянный элемент аральских ветвистоусых; остальные 3 вида (*C. reticulata*, *M. mongolica*, *A. rectangula*) широко распространены по Голарктике, встречаются в море не так часто, но иногда в большом количестве (Мордухай-Болтовской, 1974). Веслоногие ракообразные представлены *A. salinus*, характерной формой континентальных соленых водоемов разного типа Палеарктики, эндемичным подвидом *H. R. aralensis*, широко распространенными пресноводными эвригалинными, нередко встречающимися в солоноватых водоемах видами,— *C. vicinus*, *A. viridis*, *M. leuckarti*, *T. crassus*, и 15 видами *Harpacticoida*. Все *Harpacticoida*, отмеченные в Арале, морского происхождения; из них *S. aralensis*, *S. reducta*, *E. birsteini* пока аральские эндемики, а остальные составляют комплекс солоноватых форм, который присутствует в оз. Иссык-Куль, Арале, Каспии, Азовско-Черноморском бассейне и в Средиземноморье (Боруцкий, 1974). Наконец, последний представитель этого списка средиземноморский вид — *C. aquae-dulcis* — интродуцирован а Аральское море из Кубанских лиманов в 1965, 1966, 1970 гг., в море встречается с 1970 г. (Казахбаев, 1972, 1974; Кортунова и др., 1972; Андреев, 1978).

Во вторую группу видов, не встречающихся в открытом море, но отмеченных за пределами полностью опресняемых районов,

Таблица 1

Многолетние изменения видового состава зоопланктона открытой части Аральского моря

Вид	1900	1900—1904	1932—1933	1959—1968	1971	1976—1981
ROTATORIA						
Eosphora ehrenbergi Weber	—	—	—	—	+	+
Trichocerca marina (Daday)	—	—	+	—	—	—
Synchaeta neapolitana Rouss.	—	—	+	—	—	—
S. cecilia Rouss.	—	—	—	—	—	+
S. vorax Rouss.	—	—	+	+	+	+
S. gyrina Hood	—	—	—	—	—	+
S. tremula (Müller)	—	—	—	—	+	—
S. sp.	+	+	—	o	—	—
Lecane lammellata (daday)	—	o	—	+	+	—
Colurella adriatica Ehrenb.	—	—	+	o	+	—
C. colorus (Ehrenb.)	—	+	—	—	+	—
Brachionus quadridentatus Herm.	—	+	+	o	+	—
Br. plicatilis Müller	+	+	+	+	+	+
Br. caliciflorus Pallas	+	—	—	o	+	+
Keratella cochlearis (Gosse)	—	—	—	—	+	—
K. quadrata (Müller)	—	+	—	+	+	—
K. tropica (Apstein)	—	—	—	—	+	—
Notholca squamula (Müller)	—	—	—	—	+	+
N. accuminata (Ehrenb.)	+	+	+	+	+	+
Xexarthra oxyuris (Zernov)	—	+	—	+	+	—
Colloteca mutabilis (Hudson)	—	—	+	o	+	—
CLADOCERA						
Ceriodaphnia reticulata (Jurine)	—	o	+	+	+	—
Moina mongolica Daday	+	+	+	+	+	—
Alona rectangula G. Sars	—	—	+	+	+	—
Evadne anonyx G. Sars	+	+	+	+	+	+
Podonevadne trigona (G. Sars)	—	—	—	—	—	+
P. angusta (G. Sars)	—	—	—	—	+	+
P. camptonyx (G. Sars)	+	+	+	+	+	+
Cercopagis pengoi aralensis M.—Bolt.	+	+	+	+	+	+
COPEPODA						
Calanipeda aquae-dulcis Kritch.	—	—	—	—	+	+
Arctodiaptomus salinus (Daday)	+	+	+	+	+	—
Halicyclops rotundipes aralensis Borutzky	—	+	+	+	+	+
Cyclops vicinus Uljanin	—	o	—	o	+	—
Acantocyclops viridis (Jurine)	—	—	+	+	+	+
A. bisetosus (Rehb.)	—	—	—	+	—	+
Mesocyclops leuckarti (Claus)	+	+	+	+	+	—
T. crassus (Fisher)	—	o	+	+	o	+
Halectinosoma abrau (Kritsch.)	—	+	—	—	o	+
Schisopera aralensis Borutzky	—	—	—	—	+	+
S. jugurtha (Blanch. et Rich.)	—	—	+	—	+	+
S. reducta Borutzky	—	—	—	—	+	+
Nitocra hibernica (Brady)	—	—	o	—	o	+
N. lacustris (Schmank.)	—	—	—	—	+	+
Mesochra aestuarii Gurney	—	o	+	+	+	+
Onychocamptus mohammed (Blanch. et Rich.)	—	+	—	+	+	+

Окончание табл. 1

Вид	1900	1900—1904	1932—1933	1959—1968	1971	1976—1981
Cletocamptus retrogressus Schmank.	—	+	+	+	+	—
C. confluens (Schmeil)	—	—	+	—	+	—
Limnocletodes behningi Borutzky	—	—	—	—	+	+
Nannopus palustris Brady	—	+	—	—	+	—
Enhydrosoma birsteini Borutzky	—	—	—	—	+	—
Leptocaris brevicornis (Van Douwe)	—	—	—	—	+	+
Paraleptastacus spinicauda trisetosus Noodt	—	—	—	—	+	+

Примечание. 1900 г. по С. А. Зернову (1903); 1900—1904 гг. по В. И. Мейснеру (1908); 1932—1933 гг. по А. Л. Бенингу (1934; 1935); 1959—1968 гг. по Т. А. Кортуновой (1978); 1971 г. по Атласу ... (1974); о — вид отмечался автором только для нескольких опресненных участков моря, + — вид отмечен в открытой части моря.

по данным ряда авторов (Зернов, 1903; Мейснер, 1908; Бенинг, 1934, 1935; Боруцкий, 1974; Кутикова, 1974; Мордухай-Болтовской, 1974; Кортунова, 1978), относятся 29 видов коловраток: *Cepalodella tenuiseta* (Burn), *C. gibba* (Ehrenb.), *Trichocerca caspia* (Tschug.), *Synchaeta kitina* Rouss., *Lindia torulosa* Dujardin, *Encentrum lamicola* Otto, *Asplanchna girodi* Guerne, *Lecane plesia* Myers, *L. luna* (Müller), *L. candida* Harring et Myers, *L. signifera ploensis* (Voigt), *L. stenroosi* (Meisner), *L. punctata* (Murray), *L. bulla* (Gosse), *L. grandis* (Murray), *L. levistyla* (Olofsson), *Trichotria pocillum* (Müller), *Colurella salina* Althaus, *Lepadella patella* (Müller), *L. rhomboides* (Gosse), *Tripleuchlanis plicata* (Levander), *Euchlanis dilatata* Ehrenb., *Brachionus angularis* Gosse, *Br. urceus* (Linnaeuse), *Keratella valga* (Ehrenb.), *Kellicottia longispina* (Kell.), *Testudinella patina* (Hermann), *Filinia longiseta* (Ehrenb.), *Xexartra fennica* (Levander)↓ 8 видов ветвистоусых ракообразных: *Diaphanosoma brachiurum* Lievin, *Ceriodaphnia cornuta* G. Sars, *C. pulchella* G. Sars, *Daphnia longispina* (O. F. Müller), *Moina micrura* Kurg, *Chidorus sphaericus* (O. F. Müller), *Bosmina longirostris* (O. F. Müller), *Polyphemus pediculus* (Linne) и один веслоногих ракообразных — *Phyllodiaptomus blanci* (Guerne et Richard). Виды, включенные в эту группу, имеют пресноводное происхождение, большая часть их имеет широкое распространение по Палеарктике или Голарктике, многие всесветны, населяют преимущественно пресноводные водоемы, но выносят некоторое осолонение. Необходимо отметить, что часть видов включена по единичным находкам и может быть ошибочно отнесена к видам, выдерживающим осолонение.

Рассматривать подробно видовой состав зоопланктона, приносимого реками Сырдарья и Амударья, и полностью опресненных заливов Арала не входит в наши задачи. Эти сведения при-

ведены В. И. Мейснером (1908), Г. С. Карзинкиным (1924), Н. А. Кейзер (1925, 1950), С. Д. Муравейским (1925), М. А. Виркетис (1927), В. М. Рыловым (1934), Н. А. Акатовой (1950), Н. А. Степановой (1959), М. Я. Ветышевой (1964), А. К. Дарибаевым (1964, 1966), Г. А. Ивановой (1964), У. Е. Ерекеевым и С. К. Казахбаевым (1972), Т. А. Кортуновой (1978) и др. Отметим только, что зоопланктон опресненных участков и вносимых реками более разнообразен по видовому составу по сравнению с первыми двумя группами.

Присутствие личинок донных животных в планктоне моря определялось отношением взрослых особей к солености. До зарегулирования стока рек в бентосе преобладали моллюски из родов *Dreissena*, *Hypanis* (Яблонская, 1960; Яблонская и др., 1973), а в 70-х годах — *A. ovata*, *Cerastoderma istmicum* Issel (Проскурина, 1979; Андреева, 1984; Андреев, Андреева, 1987). Соответственно в планктоне преобладавшие *Dreissena* и *Hypanis* сменились личинками *A. ovata* и *C. istmicum*.

Таким образом, видовой состав зоопланктона Аральского моря при его естественном режиме закономерно обеднялся по мере продвижения от опресненных участков к осолоненным, и наиболее бедными были центральные районы с нормальной соленостью воды, заселить которые смогли только наиболее эвригалинные виды. Следует отметить, что из видов, известных для открытой части Арала, массового развития достигали немногие, это — *A. salinus*, личинки моллюсков, *P. camptonyx*, *E. anonyx*, и в отдельные годы — *M. mongolica*, *C. reticulata*, *A. rectangula*, *M. leuckarti*, *S. vorax*, *K. tropica*, *B. plicatilis* (Зернов, 1903; Мейснер, 1908; Бенинг, 1934, 1935; Кутикова, 1974; Мордухай-Болтовской, 1974; Кортунова, 1978).

Сокращение стока рек и прогрессирующее осолонение воды Аральского моря неблагоприятно отразилось на пресноводных и солоноватоводных видах, началось их быстрое выпадение из фауны (Андреев, Семакина, 1978). Процесс выпадения видов в основном завершился к 1976 г. при достижении средней солености воды по морю 14‰. В 1976—1982 гг. видовой состав зоопланктона стабилизировался (см. табл. 1).

Коловратки в эти годы были представлены 8 видами: *S. vorax*, *S. cecilia*, *S. girina*, *N. acuminata*, *N. squamula*, *B. plicatilis*, *B. calyciflorus*, *E. ehrenbergi* (Андреев, 1983), из них массового развития по всей акватории моря достигали только первые 3 вида. Распространение *B. plicatilis* и *B. calyciflorus* ограничивалось юго-западным районом с несколько повышенной мутностью воды. *N. acuminata* и *E. ehrenbergi* отмечались в составе фауны не ежегодно и только единично. *N. squamula* была довольно постоянным элементом зоопланктона в глубоководных частях моря, но численность ее была также низка.

С 1975 г. ветвистоусые ракообразные в Аральском море представлены 5 видами: *E. anonyx*, *P. camptonyx*, *P. trigona*, *P. angusta*, *C. p. aralensis*, причем *P. trigona* ранее для Арала не отмечалась. Обнаружив в 1980 г. *P. trigona* в планктоне Аральского моря, нами (Аладин, Андреев, 1981, 1984) было высказано два предположения относительно причин ее внезапного появления. Так, можно допустить, что этот вид ветвистоусых ракообразных был случайно занесен при проведении акклиматизационных мероприятий, как это произошло с рядом других гидробионтов (Карпевич, 1975). С другой стороны, весьма вероятно, что *P. trigona* всегда была в Арале, но в силу каких-то причин не могла достигнуть заметной для исследователей численности.

Таблица 2

Динамика численности ветвистоусых ракообразных Аральского моря, экз./м³ (по: Аладин, Андреев, 1984, с дополнениями)

Годы	*E. anonyx*	*Podonevadne*	*C. p. aralensis*	*M. mongolica*	*A. rectangula*	*C. reticulata*	*B. longirostris*
1969	46	358	2	266	<1	<1	—
1970	87	92	<1	925	<1	—	—
1971	33	99	5	37	1	—	<1
1972	92	182	7	1	—	—	—
1973	13	222	2	—	1	—	—
1974	38	356	7	<1	—	—	—
1975	31	295	1	—	—	—	—
1976	43	618	1	—	—	—	—
1977	85	593	1	—	—	—	—
1978	111	889	5	—	—	—	—
1980	35	721	1	—	—	—	—
1981	9	822	—	—	—	—	—

Примечание. *Podonevadne* при количественном учете ближе не определялись, 1973 г.— только для Большого моря.

В условиях же осолонения, когда многие биотопы стали более свободными, так как некоторые планктонные животные не в состоянии к нему приспособиться, то эвригалинные организмы, такие как *P. trigona*, получили определенное преимущество. Выпадение *C. reticulata*, *A. rectangula* и *M. mongolica* произошло в 1970—1974 гг. (табл. 2, 3), при этом довольно высокая численность последней сохранялась до 1971 г. включительно. В 1976—1981 гг. наиболее распространенным видом в планктоне Арала из ветвистоусых ракообразных была *P. camptonyx*, несколько реже и в меньшем количестве встречалась *E. anonyx*. Виды *P. trigona* и *P. angusta* довольно редки, например, в 1980 г. первый был отмечен на 9, а второй на 4 станциях. *C. p. aralensis* имел ограниченное распространение по акватории Аральского моря 1969—1970 гг. (Балымбетов, 1972), в фауне моря этот вид отмечался до 1980 г. включительно. По-видимому, осолонение моря неблагоприятно для его жизнедеятельности. Последние находки *C. p. aralensis* были в юго-западном угле Арала, на станциях, где вода была несколько опреснена.

3 Заказ 1044

Таблица 3

Частота встречаемости ветвистоусых ракообразных Аральского моря, %
(по: Аладин, Андреев, 1984, с дополнениями)

Годы	*E. anonyx*	*Podonevadne*	*C. p. aralensis*	*M. mongolica*	*A. rectangula*	*C. reticulata*	*B. longirostris*
1969	95,5	98,8	20,9	47,7	4,6	1,2	—
1970	89,5	96,6	4,5	51,7	3,4	—	—
1971	71,4	95,2	55,9	15,5	2,3	—	1,2
1972	98,8	95,2	27,4	9,5	—	—	—
1973	58,5	98,5	27,7	—	9,2	—	—
1974	92,6	100,0	33,3	1,2	—	—	—
1975	73,6	98,1	26,4	—	—	—	—
1976	42,4	90,9	7,6	—	—	—	—
1977	70,8	94,9	8,5	—	—	—	—
1978	82,5	98,4	23,8	—	—	—	—
1980	85,7	100,0	3,5	—	—	—	—
1981	59,6	100,0	—	—	—	—	—

Примечание. *Podonevadne* при количественном учете ближе не определялась, 1973 — только для Большого моря.

В 1976—1982 гг. из веслоногих ракообразных в Арале нами отмечены 16 видов: *C. aquae-dulcis*, *H. r. aralensis*, *A. viridis*, *A. bisetosus*, *T. crassus*, *H. abrau*, *S. aralensis*, *S. jugurtha*, *S. reducta*, *N. hibernica*, *N. lacustris*, *M. aestuarii O. mohammed*, *L. behnihgi*, *L. brebicornis* и *P. s. trisetosus*, причем *A. viridis* и *T. crasus* были отмечены единично только в 1977 г., а распространение *A. bisetosus* ограничивалось южной частью глубоководного желоба, где он в небольшом количестве постоянно присутствовал в пробах. По всему морю встречался *H. r. aralensis*, но численность его была низка. Наиболее распространенным и массовым видом из веслоногих ракообразных был акклиматизант — *C. aquae-dulcis*. Что касается *Harpacticoida*, то мы не применяли специальных методов сбора, чем может быть вызвано отсутствие в 1976—1982 гг. ряда видов по сравнению с предшествующим периодом. В вертикальных ловах планктонной сетью в последние годы (1978—1982) наиболее часто присутствовали *S. aralensis*, *L. behningi*, *N. Lacustris*. Поскольку за 1969—1974 гг. данные о видовом составе Cyclopidae в картотеке Аральского отделения КазНИИРХ отсутствуют, то проследить выпадение отдельных видов этого семейства не представляется возможным. Доминант Аральского планктона прошлых лет — *A. salinus* (Зернов, 1903; Мейснер, 1908; Луконина, 1960 б) последний раз был отмечен в 1972 г. (Андреев, Семакина, 1978).

Как показал проведенный нами анализ, сокращение видового состава зоопланктона Аральского моря произошло в основном в 1971—1975 гг., когда средняя соленость воды в море повысилась с 11,6 до 13,7‰. Вслед за видами, выносимыми реками и обитавшими на полностью опресненных участках, выпали виды,

обитающие и при некотором осолонении. В последнюю очередь стали выпадать виды, свойственные Аральскому морю при его нормальной солености до зарегулирования стока рек. Необходимо отметить, что сток рек Амударья и Сырдарья в последние годы не постоянный, а периодический, только во время попусков. Это приводит в отдельные моменты к полному отсутствию опресняемых участков, где могли бы еще сохраняться некоторые эвригалинные виды. После осолонения воды выше 14‰ в зоопланктоне Аральского моря, исключая *Harpacticoida*, по которым нет уверенности в полном учете, и личинок донных животных, были отмечены 17 видов (см. табл. 1), среди которых постоянными и широко распространенными были 7: *S. vorax*, *S. gyrina*, *S. cecilia*, *P. camptonyx*, *E. anonyx*, *C. aquae-dulcis*, *H. r. aralensis*; постоянными, но приуроченными к определенным небольшим районам моря — 4: *B. plicatilis*, *B. calyciflorus*, *N. squamula*, *A. bisetosus*; довольно редкими — 2: *P. trigona*, *P. angusta*. Из оставшихся 5 видов: *C. p. lensis*, отмечавшийся до 1980 г. включительно, скорее всего, тоже выпал из фауны, а *N. acuminata*, *E. ehrenbergi*, *A. viridis*, *T. crassus*, видимо, случайный элемент в Аральском море при солености более 14‰.

Таким образом, в результате осолонения воды в аральском море произошло резкое обеднение видового состава зоопланктона.

Количественная характеристика зоопланктона

В первых работах по зоопланктону Аральского моря в начале нашего столетия (Зернов, 1903; Мейснер, 1908) его количественное развитие оценивалось словесно — мало, много, масса. По материалам 1932 г. А. Л. Бенингом (1934) было определено среднее количество организмов планктона в открытом море — 10 500 экз./м^3, в том числе 6280 личинок моллюсков и 3860 экз./м^3 веслоногих ракообразных. Биомассу зоопланктона и его отдельных компонентов впервые определила для 1954—1957 гг. Н. К. Луконина (1960 б). В этот период она была около 150 мг/м^3 и от 70 до 98% ее составлял *A. salinus*.

Резкие изменения в количественном развитии зоопланктона Аральского моря произошли в 1959—1968 гг. (Кортунова, 1975). Биомасса зоопланктона уменьшилась в 10 раз (в среднем для 1961—1968 гг.— 15 мг/м^3 против 150 мг/м^3 в 1954—1957 гг.), бывший доминант *A. salinus* крупные ветвистоусые ракообразные: *M. mongolica*, *C. reticulata*, *C. p. aralensis* стали редкими видами. Основной причиной, вызвавшей коренную перестройку в зоопланктоне Арала в 60-х годах, по мнению Т. А. Кортуновой (1975), явилась акклиматизация в водоеме рыб-планктофагов, массовое развитие которых не смог обеспечить доминант Аральского планктона — *A. salinus*, обладающий низкой продукционной способностью (Яблонская, Луконина, 1962), и другие крупные ракообразные, потреблявшиеся в первую очередь. При снижении чис-

ленности крупных ракообразных в планктоне отмечалось увеличение количества мелких форм — коловраток.

В 1969—1981 гг. средняя биомасса зоопланктона колебалась от 22.2 до 123.4 мг/м^3 (табл. 4), что несколько выше, чем в 1961—1968 гг., но ниже, чем в 1954—1957 гг.

Повышение биомассы зоопланктона в 1969—1982 гг. в значительной мере обусловлено вселением в Аральское море планктонной копеподы *C. aquae-dulcis*. Впервые этот рачок был единично встречен весной 1970 г., уже в июле его средняя численность по морю была 17 экз./м^3, а осенью этого же года составила 1479 экз./м^3 при биомассе 11.7 мг/м^3 (рис. 2). В последующие годы в летних сборах этот рачок давал от 30 до 73% общей биомассы зоопланктона и от 19 до 57% численности. Наиболее высоко значение *C. aquae-dulcis* было в 1971—1972 и 1980—1981 гг. Первые 3 года *C. aquae-dulcis* встречалась в море наряду с *A. salinus*, численность которого была в это время крайне низкой.

Коловратки в зоопланктоне Аральского моря в 1954—1957 гг., когда была высокая численность *A. salinus*, были крайне малочисленны (Луконина, 1960 б). В период с 1959 по 1968 гг. одновременно со снижением численности крупных планктонных организмов наблюдалось увеличение количества мелких, и численность коловраток в отдельные годы (1967) в весенне-летнем планктоне стала достигать 4.5 тыс. экз./м^3 (Кортунова, 1975). В 1969—1975 гг. численность коловраток была не более 800 экз./м^3, а с 1976 г. началось массовое развитие представителей рода *Synchaeta*, суммарная численность которых было до 15—16 тыс. экз./м^3 в среднем по морю. В конце 70-х — начале 80-х годов коловратки стали одной из самых многочисленных групп в планктоне Арала.

Ветвистоусые ракообразные в 1971—1981 гг. имели биомассу 2—6 мг/м^3, основу ее составляли *P. camptonyx* и *E. anonyx*. До зарегулирования стока рек биомасса ветвистоусых была от 5.5 до 17.0 мг/м^3, большую часть которой создавали пресноводные виды, биомасса которых в опресняемых участках превышала 1 г/м^3 (Луконина, 1960 б). Высокие количественные показатели ветвистоусых ракообразных в 1970 г. (средняя численность по морю 1.1 тыс. экз./м^3, биомасса — 19.4 мг/м^3) были обусловлены массовым развитием *M. mongolica*.

Количественное развитие *Cyclopoida* было довольно высоко в годы до зарегулирования стока рек и вселения рыб-планктофагов, их средняя биомасса по морю достигала 15.5—18.0 мг/м^3 (Луконина, 1960 б). В 1959—1968 гг. биомасса Cyclopoida была порядка 4 мг/м^3, за исключением 1967 г., когда она составила 15.0 мг/м^3, преобладал *M. leuckarti* (Кортунова, 1975). В 1969—1970 гг. биомасса Cyclopoida приближается к таковой до зарегулирования стока рек — 7.1—18.6 мг/м^3. Начиная с 1971 г., когда повышение солености воды стало препятствовать развитию пресноводных по происхождению видов (*M. leuckarti*, *C. vicinus*,

Таблица 4

Средняя численность и биомасса зоопланктона открытой части Аральского моря (летняя стандартная съемка)

Годы	Rotatoria	Cladocera	*A. salinus*	*C. aquae-dulcis*	Cyclopoida	Harpacticoida	Venerida, larvae	Прочие	Всего
				Численность, экз./м^3					
1959	30	877	889	—	444	15	4420	< 1	6676
1961	61	300	3	—	330	65	5040	< 1	5763
1963	81	251	13	—	386	11	15583	—	16325
1965	1764	521	27	—	941	79	4298	—	7630
1966	2868	836	11	—	1035	15	3941	< 1	8706
1967	4381	786	3	—	2274	31	2741	< 1	10217
1968	323	351	2	—	933	232	1506	—	3367
1969	29	672	46	—	1304	22	2867	1	4941
1970	10	1104	42	17	2924	60	3454	2	7613
1971	228	175	1	8841	974	12	5306	1	15538
1972	758	282	< 1	5390	960	8	8454	3	15855
1973	398	238	—	2811	277	49	5234	3	9010
1974	67	401	—	2115	17	4	8426	1	11031
1975	1	327	—	5555	3	24	4799	1	10710
1976	5151	662	8	4333	12	19	8026	8	18211
1977	8402	679	—	3308	6	13	3169	8	15585
1978	16284	1005	—	6904	19	8	13193	3	37416
1980	1361	757	—	8516	4	4	12797	2	23441
1981	15273	831	—	9084	19	9	20832	1	46049
				Биомасса, мг/м^3					
1954	—	17.0	103.0	—	18.0	—	8.0	—	146.0
1956	—	7.0	119.0	—	15.5	—	17.5	—	159.0
1957	—	5.5	99.0	—	17.0	—	18.0	—	139.6
1959	< 0.1	12.1	37.1	—	4,6	0,2	10,1	—	64,1
1961	0,1	1,5	< 0,1	—	2,1	0,2	11,0	—	14,9
1963	0,1	1,3	0,2	—	2,5	< 0,1	33,5	—	37,6
1965	2,7	6,0	0,3	—	4,8	0,3	9,5	—	23,6
1966	3,8	4,2	0,2	—	4,6	< 0,1	8,7	—	21,5
1967	3,1	10,7	0,1	—	15,0	0,1	6,0	—	35,0
1968	0,5	1,9	< 0,1	—	6,4	1,0	3,3	< 0,1	13,1
1969	0,1	7,8	0,8	—	7,1	0,1	6,3	< 0,1	22,2
1970	< 0,1	19,4	0,8	0,2	18,6	0,3	7,6	0,3	47,2
1971	0,3	2,8	< 0,1	50,7	3,6	0,1	11,7	< 0,1	69,2
1972	1,2	2,4	< 0,1	40,8	2,2	< 0,1	18,6	0,1	65,3
1973	0,7	1,6	—	12,9	0,8	0,2	11,5	0,2	27,9
1974	0,2	3,7	—	10,9	0,1	< 0,1	18,5	0,1	33,5
1975	< 0,1	1,9	—	17,4	< 0,1	< 0,1	10,6	< 0,1	29,9
1976	9,2	3,5	—	25,1	0,1	0,1	17,5	0,4	55,9
1977	15,1	3,5	—	10,9	0,1	< 0,1	7,0	0,3	36,9
1978	29,3	6,2	—	31,9	0,1	< 0,1	29,0	0,3	96,8
1980	2,5	4,0	—	52,2	< 0,1	< 0,1	28,2	0,6	87,5
1981	27,5	4,2	—	45,3	0,3	< 0,1	45,8	0,3	123,4

Примечание. 1954—1957 гг. по Н. К. Лукониной (1960 б), 1959—1968 гг. по Т. А. Кортуновой (1975), 1957 г.— только для южной части моря, 1973 г.— только для Большого моря.

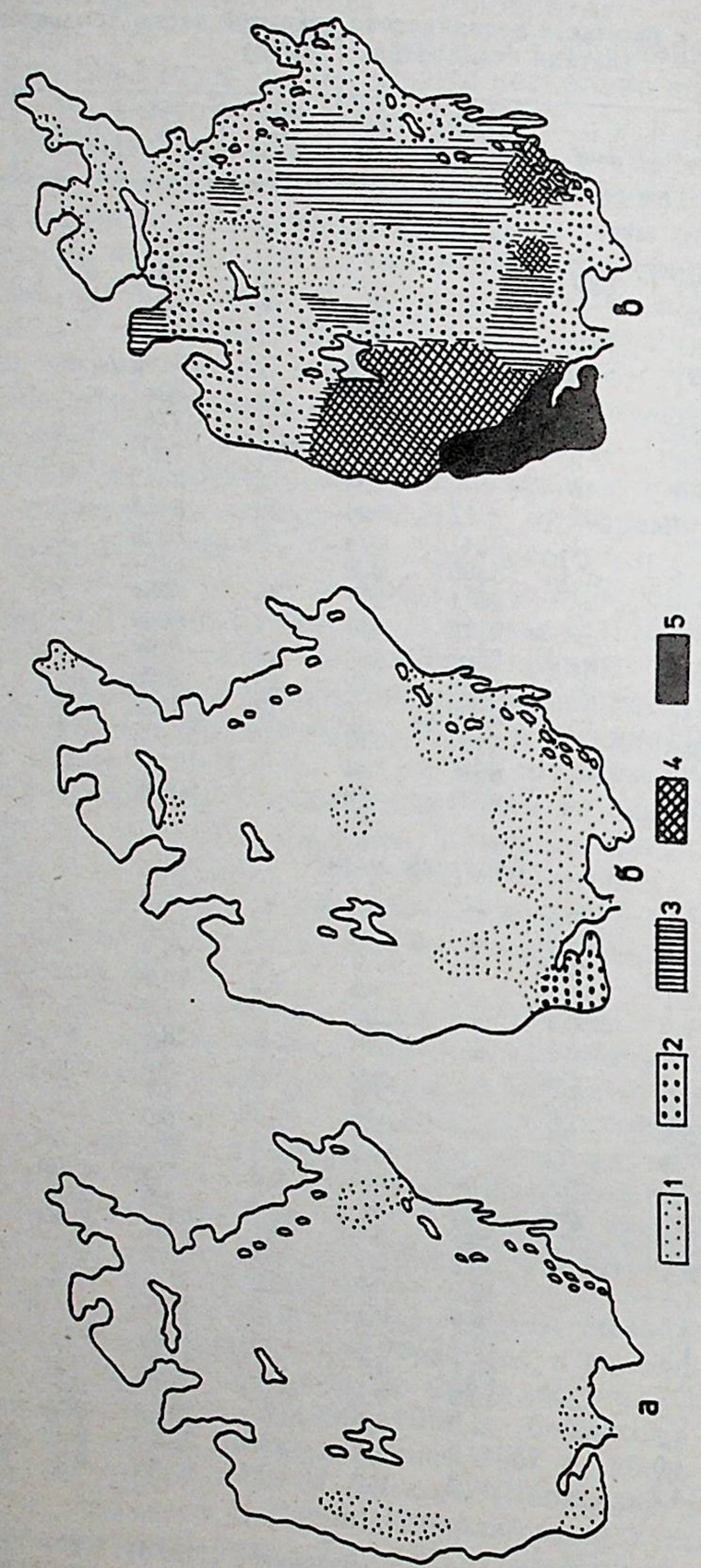


Рис. 2. Распределение биомассы *Calanipeda aquae-dulcis* в 1970 г.:
а — весна, *б* — лето, *в* — осень. *1* — до 1; *2* — 1,5—5; *3* — 5,1—10; *4* — 10,1—20; *5* — больше 20 мг/м³

T. crassus) биомасса Cyclopoida резко снизилась и с 1973 г. не превышает 1 мг/м³. Определяет количественное развитие Cyclopoida с середины 70-х годов *H. r. aralensis*.

Harpacticoida в зоопланктоне Аральского моря за все годы наблюдений не имели высокой численности и биомассы (не более 232 экз./м³ и 1 мг/м³).

Летняя численность личинок двустворчатых моллюсков была наиболее низкая в 1967—1969 гг. Снижение количества личинок моллюсков в планктоне в 60-е годы по сравнению с 1954—1957 гг. хорошо согласуется со снижением биомассы двустворок в бентосе моря за этот же период более чем в 3 раза (Яблонская и др., 1973). Начавшееся с 1968 г. увеличение количества моллюсков в бентосе моря (Гаврилов, 1972; Андреева, 1984) пложительно сказалось на увеличении численности личинок моллюсков в планктоне, при этом произошла практически полная смена видового состава моллюсков. Если до зарегулирования стока рек в планктоне преобладали личинки моллюсков из родов *Dreissena* и *Hypanis*, то в 70-х годах — личинки *A. ovata* и *C. istmicum*.

Таким образом, в период до зарегулирования стока рек и до 1970 г. включительно количественное развитие зоопланктона обеспечивалось *A. salinus* или пресноводными по происхождению ветвистоусыми и веслоногими ракообразными и личинками солоноватоводных «каспийских» моллюсков родов *Dreissena* и *Hypanis*. В начале 70-х годов ведущая роль перешла к акклиматизанту *C. aquae-dulcis*, морским по происхождению видам коловраток и личинкам эвригалинных средиземноморско-атлантических моллюсков *A. ovata* и *C. istmicum*. После резкого снижения количества *A. salinus* и общей биомассы зоопланктона в начале 60-х годов биомасса зоопланктона Аральского моря до конца 70-х годов оставалась на низком уровне, наиболее высокая биомасса зоопланктона была отмечена в 1981 г.— 123 мг/м³, но уровень развития зоопланктона периода зарегулирования стока рек так и не был достигнут.

Сезонная динамика численности и биомассы зоопланктона

Наблюдения за сезонной динамикой зоопланктона были проведены в 1970, 1974 и 1977 гг. (табл. 5).

Весенний зоопланктон 1970 г. был представлен в основном личинками моллюсков, создавшими 89% общей численности зоопланктона и 83% — биомассы. Коловратки составляли 8% численности и 6% биомассы зоопланктона, на долю остальных групп организмов приходится только около 3% численности и 11% биомассы. В летний период численность и биомасса личинок моллюсков снизилась по сравнению с весной в 3 раза, коловраток в 90 раз, а суммарная численность и биомасса Cladocera и Cyclopoida составила, соответственно, 53 и 81% от общей численности и биомассы зоопланктона. В октябре ведущей формой зоопланк-

Таблица 5

Средняя численность и биомасса зоопланктона Аральского моря по сезонам (стандартная съемка)

Годы	Сезон	Rotatoria	Cladocera	A. salinus	C. aquae-dulcis	Cyclopoida	Harpacticoida	Venerida, larvae	Прочие	Всего
		Численность, экз./м³								
1970	Весна	908	130	3	1	156	139	10695	34	12066
	Лето	10	1140	42	17	2924	60	3454	2	7613
	Осень	6	336	98	1479	1022	13	372	1	3327
1974	Весна	537	79	—	1212	10	110	6346	31	8325
	Лето	67	401	—	2115	17	4	8426	1	11031
	Осень	61	448	—	3449	85	10	417	3	4473
1977	Весна	3704	75	—	1066	32	9	6546	59	11491
	Лето	8402	679	—	3308	6	13	3169	8	15585
	Осень	616	547	—	8608	52	2	699	1	10525
		Биомасса, мг/м³								
1970	Весна	1,6	0,5	0,1	< 0,1	1,2	0,6	23,6	1,0	28,6
	Лето	< 0,1	19,4	0,8	0,2	18,6	0,3	7,6	0,3	47,2
	Осень	< 0,1	1,9	0,5	11,7	8,1	0,1	0,8	< 0,1	23,1
1974	Весна	1,0	0,4	—	11,7	< 0,1	0,5	14,0	0,8	28,4
	Лето	0,2	3,7	—	10,9	0,1	< 0,1	18,5	0,1	33,5
	Осень	0,1	2,4	—	10,9	0,4	< 0,1	0,9	< 0,1	14,7
1977	Весна	6,7	0,4	—	6,5	0,2	< 0,1	14,4	1,8	30,0
	Лето	15,7	3,5	—	10,9	0,1	< 0,1	7,0	0,3	36,9
	Осень	1,1	3,2	—	46,9	0,2	< 0,1	1,5	< 0,1	52,9

Таблица 6

Возрастной состав C. aquae-dulcis Аральского моря, %

Год	Сезон	Науплии	Копеподитные стадии							Численность, экз./м³
			I	II	III	IV	V	♂	♀	
1974	Весна	57,1	12,7	6,4	4,5	1,6	2,5	8,5	6,7	1212
	Лето	74,5	9,4	5,7	3,6	1,0	1,8	1,4	2,6	2115
	Осень	85,7	6,3	4,1	1,9	0,5	0,6	0,3	0,6	3449
1977	Весна	69,4	8,6	6,8	5,2	3,4	2,0	1,5	3,1	1066
	Лето	86,6	6,6	2,4	1,4	0,7	0,8	0,6	0,9	3308
	Осень	77,1	6,1	5,5	3,2	2,5	1,3	1,2	3,1	8608

тона становится акклиматизант — *C. aquae-dulcis*, освоивший к осени 1970 г. всю акваторию Аральского моря.

Количественные показатели зоопланктона 1974 г. тесно связаны с развитием *C. aquae-dulcis* и личинок моллюсков, которые совместно продуцировали весной 91% численности и 90% биомассы зоопланктона, летом — 96 и 88%, осенью — 86 и 80%. В осенний период особенно велико значение *C. aquae-dulcis* (77 и 74% общей численности и биомассы зоопланктона). Из других групп организмов наблюдалось только незначительное развитие коловраток весной и ветвистоусых ракообразных летом и осенью.

В 1977 г., наряду с *C. aquae-dulcis* и личинками моллюсков, сохранившими ведущее положение в зоопланктоне Аральского моря, в весенне-летнем планктоне массового развития достигали коловратки: так, весной их средняя численность по морю была 3704 экз./м³ (32% от общей), биомасса — 6.7 мг/м³ (22%), летом — 8402 экз./м³ (54%) и 15.1 мг/м³ (41%). Количество Cladocera в летнем и весеннем зоопланктоне было невелико — 3.2—3.5 мг/м³. Осенний зоопланктон 1977 г. в основном был представлен рачком *C. aquae-dulcis* на разных стадиях развития, который и определил более чем на 80% как численность, так и биомассу всего зоопланктона.

Как уже отмечалось выше, начиная с осени 1970 г., акклиматизант *C. aquae-dulcis* — одна из форм, определяющих количественное развитие зоопланктона. При этом наблюдается увеличение его численности от весны к осени, иногда при незначительном изменении биомассы, обусловленное преобладанием в летне-осенней популяции науплиальных стадий (табл. 6).

Таким образом, для зоопланктона Аральского моря в 70-х годах было характерно преобладание в весенний период личинок моллюсков, как по численности, так и по биомассе; к лету количество личинок моллюсков обычно несколько снижалось, но оставалось еще на высоком уровне, в планктоне развивались ветвистоусые ракообразные и увеличивалась численность *C. aquae-dulcis*. Осенний зоопланктон имел однородный состав, в это время

C. aquae-dulcis составляла, обычно, более 75% общей численности и биомассы зоопланктона. Развитие коловраток приурочено к весенне-летнему периоду.

Распределение биомассы зоопланктона

В годы до зарегулирования стока рек максимальные величины летней биомассы зоопланктона были приурочены к прибрежным мелководным районам. В опресняемых приустьевых участках Сырдарьи и Амударьи увеличение биомассы зоопланктона обеспечивалось массовым развитием пресноводных ветвистоусых ракообразных и, в отдельные годы, Cyclopoida, а в районах вдоль восточного побережья — массовым развитием *A. salinus* и Cyclopoida, в отдельных заливах встречалось большое количество личинок двустворчатых моллюсков (Луконина, 1960 б).

Несмотря на резкое снижение количественного развития зоопланктона в 60-х годах под воздействием вселенных рыб-планктофагов (Кортунова, 1972, 1975) и изменение видового состава в результате акклиматизации беспозвоночных и повышения солености воды (Кортунова и др., 1972; Андреев, 1978, 1983; Андреев, Семакина, 1978; Аладин, Андреев, 1984) общий характер распределения летней биомассы зоопланктона остался неизменным (рис. 3), но, если ранее опресняющее влияние рек способствовало развитию в приустьевых пространствах пресноводных видов зоопланктона, то теперь повышенную биомассу зоопланктона в этих районах, а также по побережьям и в Малом море можно объяснить лучшей обеспеченностью пищей.

Было показано (Яблонская, 1960; Яблонская, Луконина, 1962), что биогенное питание Аральского моря осуществляется в основном за счет приноса взвешенных и растворенных веществ реками, при этом использованные биогенные элементы в повторные циклы вовлекаются слабо. Это обусловлено резко выраженной стратификацией водной толщи в течение большей части вегетационного периода, препятствующей интенсивному поступлению биогенных элементов из придонных в поверхностные слои, а высокая прозрачность воды способствует поглощению у дна регенерируемых питательных веществ макро- и микрофитобентосом. Органическое вещество фитобентоса и детрит речного стока обогащают главным образом грунты моря, особенно велика роль детрита речного стока и донной растительности в местах их оседания и отложения (предустьевые пространства рек, заливы моря). Эти виды первичной продукции, наряду с остатками фитопланктона, являются тем пищевым материалом, который прямо или косвенно потребляется бентосными животными и включается в последующие звенья пищевой цепи главным образом через бентос.

В связи с сокращением стока Сырдарьи и Амударьи сократилось поступление аллохтонного детрита и биогенных элементов,

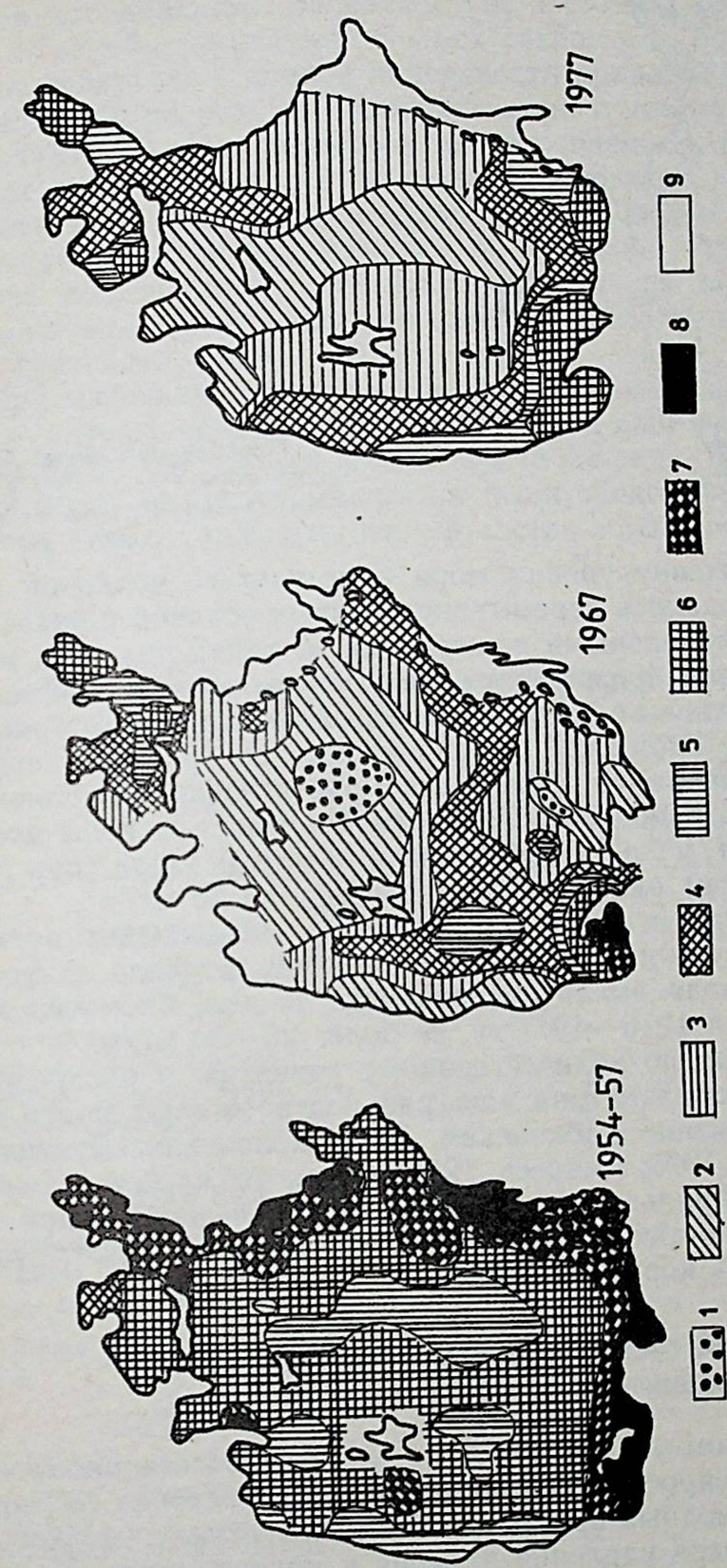


Рис. 3. Распределение летней общей биомассы зоопланктона (1954—1957 гг. по Н. К. Лукониной, 1960 б; 1967 г. по Т. А. Кортуновой, 1978):
1 — менее 5; *2* — 5,1—10; *3* — 10,1—20; *4* — 20,1—50; *5* — 50,1—100; *6* — 100,1—200; *7* — 200,1—300; *8* — более 300 мг/м³; *9* — не обследовано

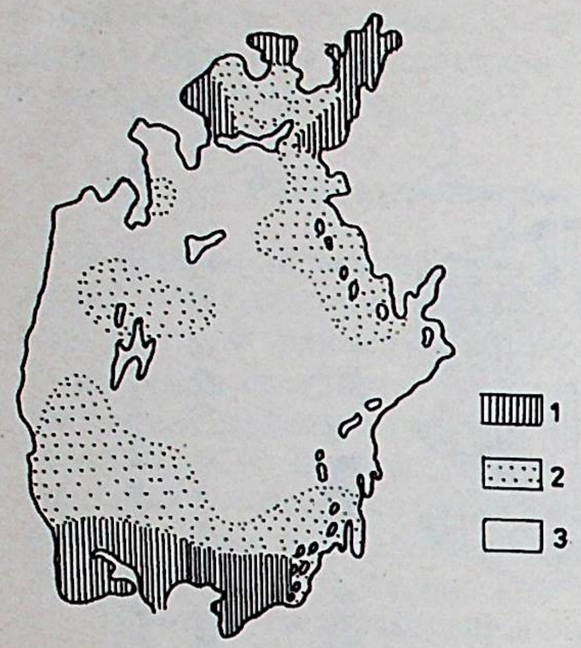


Рис. 4. Прозрачность воды Аральского моря в июле 1977 г.:
1 — до 5; *2* — 5,1—10; *3* — более 10 м

постоянном снижении уровня моря в результате волновой деятельности наблюдалось перемывание донных осадков с ранее захороненными питательными веществами. В таких участках моря была уменьшенная прозрачность воды и увеличенная биомасса зоопланктона. Районы с пониженной прозрачностью воды (рис. 4) и максимальной биомассой зоопланктона (см. рис. 3) хорошо согласуются. Например, биомасса растительно-детритоядной *C. aquae-dulcis* в районах с повышенной мутностью воды достигала 400—600 мг/м^3, в то время как в открытом море (при одинаковой солености) она обычно не превышала 20 мг/м^3.

Интересно отметить, что на обширных мелководьях восточного побережья, где на глубинах менее 1.5 м затухала волновая деятельность и вода имела прозрачность до дна, биомасса зоопланктона была в 1976—1977 гг. не более 20—30 мг/м^3.

Анализ донных по количественному развитию и распределению биомассы зоопланктона еще раз подтверждают ранее высказанное заключение (Яблонская, 1960; Яблонская, Луконина, 1962; Кортунова, 1975; Андреев, 1980) о том, что слабое развитие зоопланктона в Аральском море вызвано его недостаточной пищевой обеспеченностью, и вселение новых видов не может существенно увеличить кормность водоема.

Видовой состав и количественное развитие зоопланктона в осолоненных районах

В юго-восточном углу Аральского моря и по восточному побережью были распространены многочисленные острова со сложным лабиринтом водных пространств, где в култуках (мелководные заливы) по мере удаления от моря к материку происходило возрастание солености с 10 до 40‰ и более (Деньгина, 1959). Снижение уровня моря привело к выравниванию береговой линии

и высыханию многих култуков, но все же в 1976—1977 гг. мы смогли пронаблюдать распределение зоопланктона в култуках до 28‰ и на обширных мелководьях севернее о. Уялы, где интенсивное испарение с водной поверхности приводило к нарастанию солености по разрезу из открытого моря к побережью от 14.8 до 26‰ (1977 г.). При нагонных ветрах соленость воды на мелководьях слабо отличалась от таковой открытого моря, тогда как в култуках водные массы перемешивались слабо.

Сведения о распределении зоопланктона Аральского моря в зоне повышенной солености в литературе нет, есть только упоминание о нахождении при солености 50‰ *A. salinus* и *A. viridis* (Хусаинова, 1958, 1960).

При изучении распределения планктонных животных в култуках и мелководьях восточного и юго-восточного побережий летом 1976—1977 гг. мы нашли там те же виды, что и в открытой части моря, но некоторые группы были представлены в неполном составе (табл. 7). Качественный состав зоопланктона изменялся

Таблица 7

Видовой состав зоопланктона Аральского моря в 1976—1977 гг.

Вид	Открытое море	Култуки и мелководья, соленость, ‰						
		14—16	16—18	18—20	20—22	22—24	24—26	26—28
ROTATORIA								
Eosphora ehrenbergi Weber	+	—	—	—	—	—	—	—
Synchaeta vorax Rouss.	+	—	—	—	—	—	—	—
Synchaeta sp.	+	+	+	—	—	—	—	—
Lecane lamellata (Daday)	—	—	—	+	—	—	—	—
Brachionus plicatilis Müller	+	+	+	—	+	+	—	+
Notholca acuminata (Ehr.)	+	—	—	—	—	—	—	—
N. squamula (Müller)	+	—	—	—	—	—	—	—
CLADOCERA								
Podonevadne camptonyx (G. Sars)	+	+	+	+	—	+	+	+
P. angusta (G. Sars)	+	+	—	—	—	—	—	—
Evadne anonyx G. Sars	+	+	—	—	—	—	—	—
Cercopagis pengoi aralensis M.-Bolt.	+	+	—	—	—	—	—	—
COPEPODA								
Calanipeda aquae-dulcis Kritsch.	+	+	+	+	—	—	—	—
Halicyclops rotundipes aralensis Borutzky	+	+	+	—	+	+	+	—
Acantocyclops viridis (Jurine)	+	+	—	—	—	—	—	—
A. bisetosus (Rehb.)	+	—	—	—	—	—	—	—
Acantocyclops sp.	+	—	—	—	—	—	—	—
Thermocyclops crassus (Fischer)	+	—	—	—	—	—	—	—

Окончание табл. 7

Вид	Открытое море	Култуки и мелководья, соленость, %						
		14—16	16—18	18—20	20—22	22—24	24—26	26—28
Halectinosoma abrau (Kritsch.)	+	—	—	—	—	—	—	—
Schizopera aralensis Borutzky	+	+	+	—	—	—	—	—
S. jugurtha (Blanh. et Rich.)	+	—	—	—	—	—	—	—
S. reducta Borutzky	—	—	+	—	—	—	—	—
Nitocra hibernica (Brady)	+	+	—	—	—	+	—	—
N. lacustris (Schmank.)	+	+	+	—	+	—	+	+
Mesochra aestuarii Gurney	+	+	—	—	+	—	+	—
Onychocamptus mohammed (Blanch. et Rich.)	+	+	+	+	—	+	—	—
Limnocletodes behningi Borutzky	—	+	—	—	—	—	—	—
Leptocaris brevicornis (Van Douwe)	—	+	—	—	—	—	—	—
Venerida, larvae	+	+	+	+	+	+	+	+

Примечание. В июле 1976 г. средняя соленость воды была 14,0‰, в июле 1977 г.— 14,8‰.

в зависимости от солености воды. Наибольшее видовое разнообразие наблюдалось при солености 14—16‰ в участках, непосредственно связанных с открытым морем. При солености более 18‰ в планктоне оставалось, за исключением Harpacticoida, немного видов, это — *Br. plicatilis*, *P. camptonyx*, *H. r. aralensis*, *C. aquae-dulcis*.

Между количественным развитием зоопланктона и увеличением солености отмечалась обратная связь (табл. 8).

Таблица 8

Средняя численность и биомасса зоопланктона култуков и мелководий (август—сентябрь) и открытой части (июль) Аральского моря в 1976 г.

Район	Соленость, ‰	Rotatoria	Cladocera	*C. aquae-dulcis*	Cyclopoida	Harpacticoida	Venerida, larvae	Итого
		Численность, экз./м³						
Култуки и мелководья	14.1—16.0	1	1692	3577	17	28	493	5808
	16.1—18.0	211	345	2803	13	58	—	3430
	18.1—20.0	110	31	786	—	47	786	1760
	22.1—24.0	35	157	—	9	—	—	201
Открытое море	14.0	5151	662	4333	12	19	8026	18203
		Биомасса, мг/м3						
Култуки и мелководья	14.1—16.0	<0.1	8.5	9.2	0.1	0.1	1.0	18.9
	16.1—18.0	0.1	1.7	5.8	0.1	0.3	—	8.0
	18.1—20.0	<0.1	0.2	1.6	—	0.2	1.7	3.7
	22.1—24.0	<0.1	0.8	—	0.1	—	—	0.9
Открытое море	14.0	9.2	3.5	25.1	0.1	0.1	17.5	55.5

Таблица 9

Численность и биомасса C. aquae-dulcis в заливе Большой Сарычегонак в сентябре 1979 г.

Соленость, ‰	Численность, экз./м³	Биомасса, мг/м³
19.83	20663	41.37
20.20	13637	22.40
21.12	2591	5.21
21.35	2247	4.56

Полученная картина распределения численности и биомассы зоопланктона в култуках и особенно на мелководьях восточного и юго-восточного побережья, по-видимому, не совсем верно отражает реальные изменения видового состава и количественного развития зоопланктона по отношению к фактору солености. На мелководьях складываются очень жесткие гидрологические условия: это — повышенная температура воды, интенсивное развитие донной водной растительности, полная прозрачность воды, высокая инсоляция. Очевидно, помимо самого фактора солености, весь набор условий жизни на мелководьях требует специфических свойств от видов, и лишь немногие обладают ими, тогда как при общем осолонении моря на животных проявлется воздействие фактора солености в чистом виде. Например, численность и биомасса *C. aquae-dulcis* в 1979 г. в заливе Большой Сарычегонак была намного выше и распространена в зонах более высокой солености (табл. 9), чем в култуках и на мелководьях в 1976—1977 г.

Таким образом, исследования култуков и мелководий Аральского моря позволили выявить наиболее эврибионтных и эвригалинных представителей зоопланктона — *P. camptonyx*, *H. r. aralensis*, *B. plicatilis*.

Заключение

Изменения зоопланктона Аральского моря в 60—70-х годах были обусловлены тремя основными причинами:

1) вселением в конце 50-х годов рыб-планктофагов;

2) акклиматизацией планктонного растительно-детритоядного рачка — *Calanipeda aquae-dulcis* и моллюска *Abra ovata*, развитие личинок которого происходит в пелагиали;

3) изменением гидролого-гидрохимического режима моря.

Исторически сложившееся планктонное сообщество Аральского моря в начале 60-х годов не выдержало пресса вселенных рыб-планктофагов (атерина, салака и молодь нескольких видов бычков), произошло резкое снижение биомассы зоопланктона за счет уменьшения численности крупных ракообразных при одновременном увеличении количества мелких коловраток. В дальнейшем

развитие зоопланктона, находящегося под прессом потребителей, оставалось на низком уровне, но видовой состав его сохранялся неизменным до тех пор, пока в 70-х годах не начало сказываться осолонение моря.

В 1970 г. в весеннем планктоне была впервые отмечена акклиматизированная *C. aquae-dulcis*, которая стала ведущей формой аральского зоопланктона. Пелагические личинки акклиматизированного моллюска *A. ovata* — доминанта аральского зообентоса — заменили в планктоне личинок выпавших моллюсков родов *Dreissena* и *Hypanis*. В целом акклиматизация беспозвоночных оказалась весьма своевременной и позволила несколько увеличить биомассу аральского зоопланктона в 70-х годах, но из-за низкой пищевой обеспеченности, уровень развития зоопланктона периода до зарегулирования стока рек не был достигнут.

Сокращение видового состава зоопланктона Арала произошло в основном в 1971—1975 гг., когда средняя соленость воды в море повысилась с 11.6 до 13.7‰. Именно при такой солености в Аральском море происходит стык солоноватоводной и морской фаун, ниже этой солености преимущество в развитии получают солоноватоводные и пресноводные виды, а выше — эвригалинные виды морского происхождения и галофильные материковых вод (Андреев, 1981; Андреев, Андреев, 1981). По биологическому смыслу отмеченная в Арале фаунистическая граница соответствует барьеру «критической солености» 5—8‰ для вод с океаническим составом солей (Хлебович, 1965, 1974) или хорогалинной зоне (Kinne, 1971). Сдвинутое в сторону высоких соленостей положение хорогалинной зоны в Аральском море обусловлено различиями в солевом составе вод Арала и океана, а, как показано А. Ф. Карпевич (1958, 1964) и Н. В. Аладиным (1983), экологические пределы распространения видов определяются не столько соленостью, сколько хлорностью, содержание которой в аральской воде (12—14‰) и океанической (5—8‰) примерно равны.

В заключение следует отметить, что в начальный период осолонения в результате перехода через хорогалинную зону солености зоопланктон Аральского моря потерял характерных представителей периода до зарегулирования стока рек пресноводных ветвистоусых и веслоногих ракообразных и своего доминанта *Arctodiaptomus salinus*. В 70-х годах в планктоне стал преобладать акклиматизант *Calanipeda aquae-dulcis* и получили массовое развитие коловратки рода *Synchaeta*.

ЛИТЕРАТУРА

Акатова Н. А. Материалы к изучению зоопланктона низовьев р. Амударьи // Тр. Зоол. ин-та АН СССР.— 1950.— Т. 9.— Вып. 1.— С. 79—89.

Аладин Н. В. О смещении барьера критической солености в Каспийском и Аральском морях на примере жаброногих и ракушковых ракообразных // Зоол. журн., 1983.— Т. 62.— Вып. 5.— С. 689—694.

Аладин Н. В., Андреев Н. И. О нахождении *Podonevadne trigona* (G. Sars) в планктоне Аральского моря // Биол. основы рыбн. хоз-ва водоемов Средней Азии и Казахстана: Тез. докл. (Балхаш, 22—26 сент. 1981 г.).— Фрунзе: Илим, 1981.— С. 214—216.

Аладин Н. В., Андреев Н. И. Влияние солености Аральского моря на изменение состава фауны ветвистоусых ракообразных // Гидробиол. журн., 1984.— Т. 20.— Вып. 3.— С. 23—28.

Андреев Н. И. Итоги акклиматизации *Calanipeda aquae-dulcis* Kritchagin в Аральском море // Биол. основы рыбн. хоз-ва водоемов Средней Азии и Казахстана: Матер. конф., 1978 г.— Фрунзе: Илим, 1978.— С. 6—9.

Андреев Н. И. К вопросу об акклиматизации в Аральском море планктонных беспозвоночных // Итоги и перспек. аккл. рыб и беспозв. в водоемах СССР: Тез. докл. (Махачкала, 23—25 сент. 1980 г.).— М., 1980.— С. 130—132.

Андреев Н. И. Некоторые данные о влиянии осолонения воды на фауну беспозвоночных Аральского моря // Биол. основы рыбн. хоз-ва водоемов Средней Азии и Казахстана: Тез. докл. (Балхаш, 22—26 сент. 1981 г.).— Фрунзе: Илим, 1981.— С. 219—220.

Андреев Н. И. Коловратки Аральского моря в связи с его осолонением // Биол. основы рыбн. хоз-ва водоемов Средней Азии и Казахстана: Матер. конф. (Ташкент, 27—29 сент. 1983 г.).— Ташкент: Фан, 1983.— С. 46—47.

Андреев Н. И., Андреева С. И. Некоторые закономерности изменения фауны беспозвоночных Аральского моря // IV съезд Всесоюзн. гидробиол. о-ва: Тез. докл. (Киев, 1—4 дек. 1981 г.).— Киев: Наукова думка, 1981.— Ч. I.— С. 50—51.

Андреее Н. И., Андреева С. И. Двустворчатые моллюски Аральского моря в условиях его осолонения // Моллюски. Результаты и перспективы их исследований: Автореф. докл. 8 Всесоюзн. совещ. по изучению моллюск. (Ленинград, апр. 1987 г.) — Л.: Наука, 1987.— С. 175—176.

Андреев Н. И. и др. К прогнозу изменения абиотических и биотических условий среды Аральского моря под воздействием антропических факторов / *Андреев Н. И., Андреева С. И., Балымбетов К. С. и др.* // Биол. основы рыбн. хоз-ва водоемов Средней Азии и Казахстана: Матер. конф., 1978 г.— Фрунзе: Илим, 1978.— С. 10—12.

Андреев Н. И., Семакина Е. Е. Об изменении видового состава зоопланктона Аральского моря // Биол. основы рыбн. хоз-ва водоемов Средней Азии и Казахстана: Матер. конф., 1978 г.— Фрунзе: Илим, 1978.— С. 8—9.

Андреева С. И. Макробентофауна Аральского моря в условиях его измененного режима: Автореф. дис. ... канд. биол. наук.— М., 1984.— 24 с.

Атлас беспозвоночных Аральского моря / Под. ред. Ф. Д. Мордухай-Болтовского.— М.: Пищев. пром., 1974.— 271 с.

Балымбетов К. С. Распространение рачка *Cercopagis pengoi* (Ostr.) в Аральском море // Биол. основы рыбн. хоз-ва республик Средней Азии и Казахстана: Тез. докл. (Фергана, 25—29 сент. 1972 г.).— Ташкент—Фергана, 1972.— С. 50—51.

Бенинг А. Л. Гидрологические и гидробиологические материалы к составлению промысловой карты Аральского моря // Тр. Аральск. отд. ВНИРО, 1934.— Т. 3.— С. 183—200.

Бенинг А. Л. Материалы к составлению промысловой карты Аральского моря // Тр. Аральск. отд. ВНИРО, 1935.— Т. 4.— С. 138—195.

Бортник В. Н. Некоторые гидрологические аспекты восстановления рыбохозяйственного значения Аральского моря // Рыбн. хоз-во, 1980.— № 9.— С. 56—58.

Бортник В Н. Современные и прогнозируемые изменения гидрологических, гидрохимических и гидробиологических условий Аральского моря // Водн. ресурсы, 1983.— № 5.— С. 3—16.

Боруцкий Е. В. Подкласс Веслоногие, Copepoda // Атлас беспозвоночных Аральского моря.— М.: Пищевая пром., 1974.— С. 134—178.

Быков Н. Е. и др. Рыбопродуктивность Аральского моря по состоянию его кормовой базы / *Быков Н. Е., Гаврилов Г. Б., Елибаев Н. Е. и др.* // Вопр. ихтиологии, 1968.— Т. 8, № 6.— С. 1080—1086.

Ветышева М. Я. Нерестилища севера Аральского моря и их зоопланктона // Изв. АН КазССР, сер. биол. наук.— 1964.— Вып. 1.— С. 58—66.
Виркетис М. А. Некоторые данные по зоопланктону Аральского моря // Изв. Отд. прикладной ихтиологии и научно-промысл. исслед., 1927.— Т. 5.— Вып. 2.— С. 306—322.
Гаврилов Г. Б. Значение некоторых акклиматизированных беспозвоночных в зообентосе Аральского моря // Аккл. рыб и беспозв. в водоемах СССР: Тез. докл., сент. 1972 г.— Фрунзе, 1972.— С. 190—192.
Геллер С. Ю. Некоторые аспекты проблемы Аральского моря // Проблема Аральского моря.— М.: Наука, 1969.— С. 5—24.
Дарибаев А. К. Зоопланктон Муйнакского и Кусатауско-Каракчинского нерестилищ юга Арала // Вестник Каракал. фил. АН УзССР, 1964.— № 4.— С. 46—54.
Дарибаев А. К. Гидробиологический режим Муйнакского и Кусатауско-Каракчинского нерестилищ Аральского моря и питание молоди рыб // Рыбы и гидробиологический режим южно-аральского бассейна.— Ташкент: Фан, 1966.— С. 197—260.
Деньгина Р. С. Бентос Архипелага Карабайли // Тр. Лаб. озероведения, 1959.— Т. 8.— С. 23—83.
Ерекеев У. Е., Казахбаев С. К. Зоопланктон нерестилищ (Муйнакское, Аджибайское и Джилтырбасское) Аральского моря // Гидробиол. журн., 1972.— Т. 8.— Вып. 3.— С. 86—90.
Зернов С. А. О животном планктоне Аральского моря по материалам, собранным Л. С. Бергом в 1900 г. // Изв. Туркест. отд. Русск. географ. о-ва, 1903.— Вып. 3: Научные результаты Аральской экспедиции.— С. 1—42.
Иванова И. А. О зоопланктоне дельты Амударьи // Вестник Каракал. фил. АН УзССР, 1964.— № 2.— С. 71—78.
Инструкция по сбору и обработке планктона / ВНИРО.— М., 1971.— 82 с.
Казахбаев С. К. Распространение акклиматизированного рачка калянипеды на юге Аральского моря // Аккл. рыб и беспозв. в водоемах СССР: Тез. докл., сент. 1972 г.— Фрунзе, 1972.— С. 216—218.
Казахбаев С. К. Калянипеда в южной части Аральского моря // Гидробиол. журн., 1974.— Т. 10.— Вып. 1.— С. 89—91.
Корзинкин Г. С. Планктон юго-западного угла Арала // Русский гидробиол. журн., 1924.— Т. 3.— Вып. 1—2.— С. 24—32.
Карпевич А. Ф. Выживание, размножение и дыхание мизиды *Paramysis lacustris* Kowalevskyi в водах солоноватых водоемов СССР // Зоол. журн., 1958.— Т. 37.— Вып. 8.— С. 1121—1135.
Карпевич А. Ф. Особенности размножения и роста двустворчатых моллюсков солоноватых морей СССР // Экология беспозвоночных южных морей.— М.: Наука, 1964.— С. 3—60.
Карпевич А. Ф. Теория и практика акклиматизации водных организмов.— М.: Пищевая пром., 1975.— 432 с.
Кейзер Н. А. К фауне Copepoda и Cladocera Сырдарьи и ее прибрежных водоемов // Русский гидробиол. журн., 1925.— Т. 4.— Вып. 3—6.— С. 76—83.
Кейзер Н. А. Планктон стариц Сыр-Дарьи // Тр. Среднеаз. гос. ун-та, 1950.— Т. 24.— Вып. 9.— С. 3—57.
Кисилев И. А. Планктон морей и континентальных водоемов. В 2 т. Т. 1. Вводные и общие вопросы планктологии.— Л.: Наука, 1969.— 658 с.
Коренистов Д. В. и др. Проблема Аральского моря / *Коренистов Д. В., Крицкий С. Н., Менкель М. Ф., Шимельмиц И. Я.* // Проблемы регулирования и использования водных ресурсов.— М.: Наука, 1973.— С. 4—29.
Кортунова Т. А. О влиянии акклиматизантов (рыб и беспозвоночных) и зарегулирования стока рек на зоопланктон открытой части Аральского моря // Биол. основы рыбн. хоз-ва республик Средней Азии и Казахстана: Тез. докл. (Фергана, 25—29 сент. 1972 г.).— Ташкент—Фергана, 1972.— С. 99—100.
Кортунова Т. А. Об изменениях в зоопланктоне Аральского моря в 1959—1968 гг. // Зоол. журн., 1975.— Т. 54.— Вып. 5.— С. 657—669.

Кортунова Т. А. Изменения в зоопланктоне Аральского моря в связи с акклиматизацией рыб и беспозвоночных: Дис. ... канд. биол. наук: 03.00.18.— М., 1978.— 149 с.
Кортунова Т. А., Бурляева А. Ф., Ярыгина Л. Н. Рачок калянипеда в Аральском море // Рыбн. хоз-во, 1972.— № 7.— С. 32—33.
Косова А. А. Вычисление веса некоторых форм зоопланктона низовьев дельты Волги // Тр. Астрахан. зап., 1961.— Т. 5.— С. 151—159.
Кутикова Л. А. Коловратки фауны СССР // Определители по фауне СССР, изд. ЗИН АН СССР, 1970.— Вып. 104.— С. 1—744.
Кутикова Л. А. Класс Коловратки, Rotatoria // Атлас беспозвоночных Аральского моря.— М.: Пищевая пром., 1974.— С. 56—98.
Луконина Н. К. Динамика популяции *Diaptomus salinus* Daday в Аральском море // Зоол. журн., 1960 а.— Т. 39.— С. 167—187.
Луконина Н. К. Зоопланктон Аральского моря // Тр. ВНИРО, 1960 б.— Т. 43.— Вып. 1: Акклиматизация рыб и кормовых организмов в морях СССР.— С. 177—197.
Мейснер В. И. Микроскопические представители водной фауны Аральского моря и впадающих в него рек в связи с вопросом об условиях их распределения // Изв. Туркест. отд. Русск. геогр. о-ва, 1908.— Т. 4.— Вып. 8: Научные результаты Аральской экспедиции.— С. 1—102.
Мордухай-Болтовской Ф. Д. Материалы по среднему весу водных животных бассейна Дона // Тр. пробл. и темат. совещ. Зоол. ин-та АН СССР, 1954.— Т. 2.— С. 223—241.
Мордухай-Болтовской Ф. Д. Подкласс Листоногие, Branchiopoda // Атлас беспозвоночных Аральского моря.— М.: Пищевая пром., 1974.— С. 112—133.
Муравейский С. Д. Материалы по фауне коловраток Туркестана. Коловратки Сыр-Дарьи / Бюл. Среднеаз. гос. ун-та, 1925.— Т. 11.— С. 59—63.
Проскурина Е. С. Состояние и перспективы распространения акклиматизантов в Аральском море // Гидробиол. журн., 1979.— Т. 15.— Вып. 3.— С. 37—41.
Рылов В. М. Некоторые данные по гидрологии и планктону озер низовьев р. Сыр-Дарьи // Зап. Гос. гидр. ин-та, 1933.— Т. 10.— С. 389—401.
Степанова Н. А. Озера дельты Аму-Дарьи и их рыбохозяйственное значение // Матер. по производственным силам Узбекистана, 1959.— Вып. 10: Природные условия и ресурсы низовьев Аму-Дарьи.— С. 310—325.
Хлебович В. В. К физиологии эвригалинности: критическая соленость внешней и внутренней среды // Вопросы гидробиологии: Тез. докл. I съезда Всесоюзн. гидробиол. о-ва (Москва, 1—6 февр., 1965 г.).— М.: Наука, 1965.— С. 440—441.
Хлебович В. В. Критическая соленость биологических процессов.— Л.: Наука, 1974.— 236 с.
Хусаинова Н. З. Биологические особенности некоторых массовых донных кормовых беспозвоночных Аральского моря.— Алма-Ата: Изд. Каз. гос. ун-та, 1958.— 116 с.
Хусаинова Н. З. Культуки восточного берега Аральского моря и их жизнь // Вестник АН КазССР, 1960.— № 6.— С. 34—42.
Яблонская Е. А. Кормовая база рыб Аральского моря и ее использование // Тр. ВНИРО, 1960.— Т. 43.— Вып. 1: Акклиматизация рыб и кормовых организмов в морях СССР.— С. 150—176.
Яблонская Е. А., Кортунова Т. А., Гаврилов Г. Б. Многолетние изменения бентоса // Тр. ВНИРО, 1973.— Т. 80: Бонитет мирового океана.— Вып. 3.— Кормовая база рыб южных морей СССР и ее использование.— С. 147—158.
Яблонская Е. А., Луконина Н. К. К вопросу о продуктивности Аральского моря // Океанология, 1962.— Т. 2.— Вып. 2.— С. 298—304.

Kinne O. Salinity — Animals — Invertebrates // Marine Ecology.— London etc.: Viley-Jnterscience, 1971.— Vol. 1.— N 2.— P. 820—995.

Summary

Changes in species composition and quantitative development of zooplankton in the initial period of its salinization is discussed. Sharp decrease of zooplankton biomass was a result of planktofag fish acclimatization at stable sea regime in early 1960 years yet. Because of zooplankton lower food provide the acclimatizated Calanipeda aquae-dulcis do not reached the same biomass as its forerunner Arctodiaptomus salinus.

Changes in zooplankton species composition took place with in horohaline zone that displaced in Aral Sea to 12—14‰. After crossing the horohaline zone in zooplankton remained only few mainly marine-origin species.

ТРУДЫ ЗООЛОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА АН СССР, 1989, Т. 199
USSR ACADEMY OF SCIENCES
PROCEEDINGS OF THE ZOOLOGICAL INSTITUTE, LENINGRAD, 1989, VOL. 199

С. И. Андреева

МАКРОЗООБЕНТОС АРАЛЬСКОГО МОРЯ В НАЧАЛЬНЫЙ ПЕРИОД ЕГО ОСОЛОНЕНИЯ

S. I. Andreeva. **Macrozoobentos of the Aral Sea in the initial period of its salinization**

Расширение в 50—60-х годах водохозяйственной деятельности в бассейнах питающих Аральское море рек привело к сокращению объемов поступления пресных вод в море и вызвало с 1961 г. неуклонное падение уровня моря, сокращение его площади, повышение солености.

Помимо осолонения и других изменений гидролого-гидрохимического режима, сопровождающих процесс снижения уровня, экосистема Аральского моря претерпела существенные изменения в ходе интродукции рыб и беспозвоночных, проводившихся неоднократно с целью пополнения фауны моря ценными как в промысловом, так и в кормовом отношении видами. За 1954—1980 гг. фауну моря пополнили 29 видов гидробионтов (Карпевич, 1975; Лим, Маркова, 1981). Из донных беспозвоночных в 1954—1971 гг. были вселены *Nereis diversicolor* O. F. Muller (обнаружен в 1963 г.), *Paramysis lacustris* (Czern.), *P. intermedia* (Czern.), *P. ullskyi* (Czern.) (обнаружены в 1961 г.), *P. baeri* (Czern.) (не прижился), *Hypanis colorata* (Eichw.) (не прижился), *Abra ovata* (Phil.) (обнаружен в 1967 г.) и случайно внесены *Palaemon elegans* Rathke (обнаружен в 1957 г.), *Rhithropanopeus harrisii tridentatus* (Maitland) (обнаружен в 1976 г.). Большинство из интродуцированных беспозвоночных натурализовалось.

Систематические наблюдения за макрозообентосом Аральского моря ведутся уже более 50 лет. Истории изучения посвящены детальные работы Н. З. Хусаиновой (1961) и Е. А. Яблонской (1974), к которым мы и отсылаем желающих познакомиться с этим вопросом. Обобщением фаунистических исследований Аральского моря (по 1971 г. включительно) явилось издание «Атласа беспозвоночных Аральского моря» (1974). До 1971 г. падение уровня и осолонение моря происходило медленными темпами, повышение солености составило около 1,5‰. Отрицательные последствия осолонения еще только начали проявляться и в полной мере не могли быть отражены при составлении «Атласа...» (1974). Как показали наши исследования, основные изменения в бентосе моря произошли в начальный период его осолонения —

70-е годы, когда превышение солености над средней многолетней достигло 3—6‰ (Андреева, 1978, 1981, 1983; Андреева, Андреев, 1985, 1987). Ряд сведений о макрозообентосе Аральского моря в начальный период осолонения также содержатся в работах Е. А. Яблонской и др. (1973), А. Ф. Карпевич (1975) и Е. С. Проскуриной (1979).

Из большого числа работ по бентосу Аральского моря следует выделить тщательное исследование Е. А. Яблонской (1960б) проведенное в 1954—1957 гг. перед зарегулированием стока рек, служащее нам эталоном для выявления изменений в макрозообентосе моря при его осолонении.

Материал и методика исследования

Данная работа выполнена на основе анализа материалов по макрозообентосу Аральского моря в начальный период его осолонения. За 1963—1975 гг. использована картотека первичной обработки бентоса летних рейсов из фондов Аральского отделения КазНИИРХ, за 1976—1980 гг.— сборы автора. Все материалы собраны по постоянной сетке станций (рис. 1), последующая обработка проведена по стандартной методике (Инструкция ..., 1930; Яблонская, 1960 б). Эталонные экземпляры из сборов были сверены с коллекциями Зоологического института АН СССР.

При количественном учете зообентоса численность (экз./м^2) и биомассу (г/м^2) в среднем по морю рассчитывали по данным стандартной съемки как средневзвешенную с учетом площадей зон, расположенных между изобатами 5, 10, 15, 20 и 30 м.

В связи с падением уровня моря ежегодно площади зон пересчитывались на высоту стояния уровня моря в период сбора материала.

Видовой состав макрозообентоса

До зарегулирования стока рек гидролого-гидрохимический режим моря (соленость около 10,2‰) обеспечивал благоприятное существование пресноводной и солоноватоводной фаун. Доминантами макрозообентоса были моллюски родов *Dreissena*, *Hypanis* и личинки хирономид рода *Chironomus*. Эвригалинные же виды морского происхождения (род *Cerastoderma*) и галофильные материковых вод (род *Caspiohydrobia*) а море имели невысокую численность, тогда как в осолоненных заливах восточного побережья отмечалось их процветание (Хусаинова, 1958; Деньгина, 1959; Яблонская, 1960 б).

Изменения в количественном развитии макрозообентоса начались уже при незначительном увеличении солености воды в море; по мере роста солености постепенно начал изменяться и видовой состав макрозообентоса, поэтому к моменту наших ис-

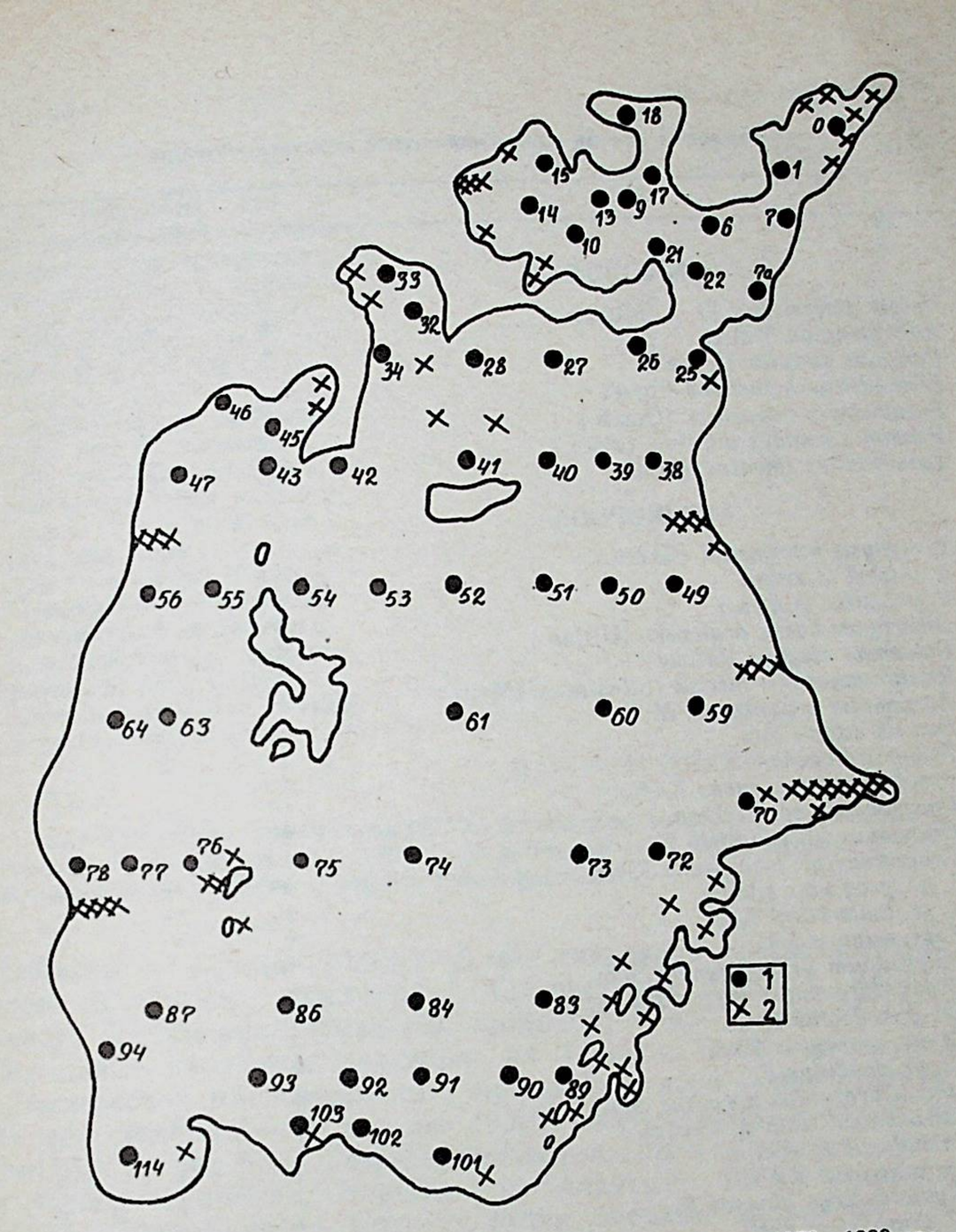


Рис. 1. Расположение станций сбора проб макрозообентоса в 1976—1980 гг.:
1 — станции стандартных рейсов, *2* — дополнительные станции и станции прибрежных рейсов

следований как видовой состав (табл. 1), так и количественное развитие макрозообентоса значительно отличались от описанного Е. А. Яблонской (1960 б) и приводимого в «Атласе беспозвоночных Аральского моря» (1974).

Зообентос Аральского моря в годы наших исследований (1976—1980) состоял из 39 видов, принадлежащих к 11 семействам, 5 классам, 3 типам. Наибольшее число видов относилось к семейству Pyrgulidae (Gastropoda, Mollusca) — 23 вида, что составляло 59,0% всего видового состава. Второе место по разнообразию видов принадлежало семейству Cardiidae (Bivalvia,

Таблица 1

Видовой состав макрозообентоса Аральского моря

Вид	1971	1976—1977	1980
ANNELIDA			
Nereis diversicolor O. F. Müller	+	+	+
Nais elengius Müller	+	—	—
Paranais simplex Hrabe	+	—	—
Limnodrilus helveticus Piguet	+	—	—
Potamothrix bavaricus (Oesch.)	+	—	—
Psammorychtides albicola (Mich.)	+	—	—
Lumbricillus lineatus (Müll.)	+	—	—
ARTHROPODA			
Paramysis intermedia (Czern.)	+	+	—
P. ullskyi (Czern.)	+	—	—
P. lacustris (Czern.)	+	+	—
Dikerogammarus aralensis (Ulljan.)	+	—	—
Palaemon elegans Rathke	+	+	+
Rhithropanopeus harrisii tridentatus (Maitl.)	+	+	+
Agrypnetes crassicornis Mcl.	+	—	—
Oecetis intima Mcl.	+	+	—
Pelopia villipennis Kieff.	+	—	—
Procladius ferrugineus Kieff.	+	—	—
Corynoneura sp. Tschern.	+	—	—
Cricotopus gr. silvestris F.	+	—	—
Tanytarsus gr. lobatifrons Kieff.	+	—	—
T. gr. gregarius Kieff.	+	—	—
T. gr. lauterborni Kieff.	+	—	—
T. gr. exiguus Joh.	+	—	—
Polypedilum gr. scalaenum Schr.	+	—	—
Cryptochironomus supplicans Meig.	+	—	—
Cr. gr. defectus Kieff.	+	—	—
Cr. gr. conjugens Kieff.	+	—	—
Cr. gr. viridulus F.	+	—	—
Limnochironomus nervosus Staeg.	+	—	—
Chironomus behningi Goetgh.	+	—	—
Ch. halophilus Kieff.	+	—	—
Ch. salinarius Kieff.	+	—	—
Glyptotendipes glaucus Mg.	+	+	+
Gl. gripecoveni Kieff.	+	+	+
MOLLUSCA			
Dreissena polymorpha aralensis (Andr.)	+	—	—
Dr. p. obtusecarinata (Andr.)	+	—	—
Dr. caspia pallasi (Andr.)	+	+	+
Cerastoderma rhomboides rhomboides (Lam.)	+	+	—
C. istmicum Issel	+	+	+
Hypanis vitrea bergi Star.	+	+	—
H. minima sidorovi Star.	+	+	—
H. m. minima (Ostr.)	+	+	—
Abra ovata (Phil.)	+	+	—
Theodoxus pallasi Ldh.	+	+	+
Caspiohydrobia convexa (Logv. et Star.)	+	+	+
C. conica (Logv. et Star.)	?	+	+
C. husainovae Star.	+	+	+

Окончание табл. 1

Вид	1971	1976—1977	1980
C. kazakstanica Star. et Ahdreeva	?	+	+
C. aralensis Star. et Andreeva	?	+	+
C. obrutchevi Star. et Andreeva	?	+	+
C. parva (Logv. et Star.)	?	+	+
C. dubia (Logv. et Star.)	?	+	+
C. curta (Logv. et Star.)	?	+	+
C. gemmata (Kol.)	?	+	+
C. nikolskii Star. et Andreeva	?	+	+
C. bergi Star. et Andreeva	?	+	+
C. oviformis (Logv. et Star.)	?	+	+
C. subconvexa (Logv. et Star.)	?	+	+
C. grimmi (Cless. et W. Dyb.)	?	+	+
C. chrysopsis (Kol.)	?	+	+
C. cylindrica (Logv. et Star.)	?	+	+
C. behningi Star. et Andreeva	?	+	+
C. sidorovi Star. et Andreeva	?	+	+
C. nikitinskii Star. et Andreeva	?	+	+
C. pavlovskii Star. et Izzat.	?	+	+
C. tadzhikistanica Star. et Izzat.	?	+	+
C. sogdiana Star. et Izzat.	?	+	+
Всего:	44 (42)	39 (16)	32 (9)

Примечание. Список видов 1971 г. составлен по Атласу ... (1974); *P. ullskyi* приведен Т. А. Кортуновой (1970); *Ch. salinarius* — Р. С. Деньгиной (1959); цифра в скобках — число видов без *Caspiohydrobia*.

Mollusca) — 4 вида (10,3%). Далее следовало семейство Mysidacea (Crustacea, Arthropoda), Chironomidae (Insecta, Arthropoda), Dreissenidae (Bivalvia, Mollusca) — по 2 вида (5,1%). Остальные семейства включали по 1 виду. Основная группа организмов в макрозообентосе Аральского моря — представители типа Mollusca — 31 вид или 79,5% всего видового состава, из которых 21 вид рода *Caspiohydrobia* указаны для этого водоема в последнее время (Старобогатов, Андреева, 1981; Андреева, 1987). Обилие видов *Caspiohydrobia*, впервые указанных для казалось бы хорошо исследованного водоема, связано с расселением этой группы из удаленных осолоненных заливов, оставшихся слабо изученными в фаунистическом отношении, в связи с возникновением благоприятных условий обитания при повышении солености воды в море.

По состоянию же на 1971 г. в макрозообентосе Аральского моря насчитывались 44 вида, принадлежащих к 16 семействам, 6 классам, 3 типам. Наибольшее число видов насчитывало семейство Chironomidae — 19 (43,2%) и семейство Cardiidae — 4 вида (9,1%). Основной группой в макробентофауне являлись представители типа Arthropoda — 27 видов или 61,4% всего видового состава. Уже к 1976 г. произошло сокращение видового состава макрозообентоса в основном за счет представителей типов Arthro-

poda и Annelida и, если не учитывать род *Caspiohydrobia*, в котором из 23 представителей 21 не были ранее указаны для Арала, то из 42 видов, известных ранее, к 1976 г. осталось 16, в том числе 6 — акклиматизанты, а к 1980 г.— только 9, из них 4 — акклиматизанты. Если ранее макрозообентос Аральского моря был представлен в основном пресноводными и солоноватоводными видами, то в современных условиях — морскими эвригалинными видами и галофильными материковых вод. Исследователи животного мира Аральского моря отмечали, что его фауна состоит из пресноводных по происхождению видов, широко распространенных в пресных и солоноватых материковых водоемах Палеарктики, каспийских и средиземноморско-атлантических (Мейснер, 1908; Хусаинова, 1958; Мордухай-Болтовской, 1960, 1978; Зенкевич, 1963; Яблонская, 1974 и др.).

К пресноводным видам, широко распространенным в пресных и солоноватых водах, из макрозообентоса Аральского моря относили олигохет и личинок насекомых. Обильная ранее группа (27 видов) к 1980 г. была представлена только двумя редко встречающимися видами — *Ch. salinarius* и *Ch. halophilus*.

Группа каспийских видов включала 2 вида дрейссен и 2 вида гипанисов, образовавших здесь эндемичные подвиды, 1 вид брюхоногих моллюсков, аральского бокоплава и 3 вида недавно вселенных мизид — всего 9 видов. К 1980 г. из этой группы сохранилось 2 вида — *Dr. c. pallasi* и *Th. pallasi*.

Группа средиземноморско-атлантических видов насчитывала 2 вида *Cerastoderma*, время и пути проникновения которых в Аральское море до сих пор дискуссионны. Благодаря работам по акклиматизации гидробионтов произошло пополнение группы 4 видами. К 1980 г. сохранилось 5 видов: *N. diversicolor*, *P. elegans*, *R. h. tridentatus*, *C. istmicum*, *A. ovata*.

Особо следует обсудить вопрос о положении представителей рода *Caspiohydrobia*, ранее определяемых для Арала как *Hydrobia ventrosa* Mont и относимых к средиземноморско-атлантическому комплексу и (или) *Hydrobia grimmi* Clessin et W. Dyb. (Жадин, 1952; Хусаинова, 1959; Деньгина, 1959; Яблонская, 1960 б и др.) и считавшуюся автохтоном Каспия (Мордухай-Болтовской, 1960). Благодаря ревизии представителей рода *Caspiohydrobia*, описанию новых видов из Азово-Черноморских лиманов, Каспия, Арала и Таджикистана (Голиков, Старобогатов, 1966; Логвиненко, Старобогатов, 1968; Старобогатов, 1970, 1974; Старобогатов, Иззатуллаев, 1974; Старобогатов, Андреева, 1981; Андреева, 1987) значительно расширены сведения по роду в целом и изменена точка зрения на его происхождение. Обилие и общность видов в Каспии и Арале, нахождение в водоемах Казахстана, Ирана и Таджикистана (табл. 2) позволило нам (Старобогатов, Андреева, 1981) предположить о формировании рода в осолоненных водоемах аридной зоны внутренних частей Азии, откуда шло его расселение в Арал и Каспий.

Таблица 2

Распространение аральских Caspiohydrobia за пределами Аральского моря

Вид	Каспийское море	Азово-Черноморские лиманы	Водоемы Таджикистана	Водоемы Северного Казахстана
C. convexa	+	+	—	—
C. conica	+	—	—	—
C. parva	+	—	—	—
C. dubia	+	—	—	—
C. curta	+	—	—	—
C. gemmata	+	—	—	—
C. oviformis	+	—	—	—
C. subconvexa	+	—	—	—
C. grimmi	+	—	—	—
C. chrisopsis	+	—	—	—
C. cylindrica	—	—	+	+
C. sogdiana	—	—	+	—
C. tadzhikistanica	—	—	+	—
C. pavlovskii	—	—	—	+
C. kazakhstanica	—	—	—	+
C. aralensis	—	—	—	+
C. bergi	—	—	—	+
C. behningi	—	—	—	+
C. sidorovi	—	—	—	+
C. nikitinskii	—	—	—	+
C. husainovae	—	—	—	+

Таким образом, в дополнение к уже известным комплексам в фауне Аральского моря отмечено присутствие группы видов сформировавшихся в водоемах аридной зоны. И если ранее были известны лишь 2 вида, то в настоящее время насчитывается 23 вида, причем 10 из них — общие с описанными из Каспия, 1 — из Каспия и Азово-Черноморских лиманов, 2 — из Таджикистана, 1 — из Таджикистана и Северного Казахстана, 7 — из Северного Казахстана, 2 вида пока известны только из Арала.

В условиях современного осолонения Аральского моря его макробентофауна представлена комбинацией средиземноморско-атлантических, в основном акклиматизированных видов и видов, проникших из осолоненных водоемов аридной зоны, с уцелевшими каспийскими.

Обобщая вышеизложенное, следует отметить, что макрозообентос Аральского моря в 1976—1980 гг. насчитывал 39 видов беспозвоночных. По сравнению с предыдущими исследованиями наблюдалось обеднение макробентофауны Аральского моря. К 1976 г. без учета моллюсков рода *Caspiohidrobia*, среди которых найдено много новых видов для Аральского моря видовой состав уменьшился более чем в 2,5 раза, а к 1980 г.— в 5 раз. В первую очередь из фауны моря выпали олигохеты, многие личинки насекомых, в последующем — солоноватоводные моллюски каспийского комплекса. Основную часть макрозообентоса Аральского моря в настоящее время составляют галофильные *Caspiohydrobia*. Наиболее массовы и широко распространены эвригалинные средиземноморско-атлантические виды.

Количественное распределение основных представителей макрозообентоса при осолонении моря

Процесс выпадения пресноводных и солоноватоводных, каспийских видов начался уже в начале 60-х годов при высоких средних значениях численности и биомассы со снижения их количественного развития и сокращения ареалов вдоль восточного побережья моря — районов более быстрого отклика на осолонение моря. Эвригалинные акклиматизанты, напротив, постепенно осваивали все новые районы моря. Количественное распределение отдельных компонентов макрозообентоса в полной мере отразило поведение видов в новой экологической ситуации *.

Нереис. Вселен в Аральское море в начале 60-х годов. В 1965 г. акклиматизант уже освоил не только районы, прилежащие к месту выпуска, но и довольно отдаленные в Малом и Большом море (рис. 2). По мере расселения полихета формировала устойчивую популяцию, причем в прибрежных районах на песчаных грунтах ее биомасса, как правило, не превышала 10 г/м^2. После проникновения в зону илов биомасса вселенцев на этих грунтах увеличилась, достигая 30 г/м^2 и более. После освоения в 1974 г. последних пригодных для обитания биотопов в 1975—1976 гг. происходило увеличение его численности и биомассы на вновь освоенной акватории, в связи с чем наблюдалось повышение количественного развития и в среднем по морю (табл. 3, 4).

В конце 70-х годов это — один из массовых видов макрозообентоса (частота встречаемости 98,4%), заселяет практически все грунты на всех глубинах водоема. Лишь в самой глубоководной части (более 50 м) вид отмечался периодически. Его численность в зависимости от биотопа колебалась от 10 до 1650 экз./м^2, а биомасса от 0.7 до 89.1 г/м^2, в среднем по морю равнялась 575 экз./м^2 и 17.7 г/м^2 (табл. 5). Скопления червей плотностью более 700 экз./м^2 зарегистрированы в центральной и южной частях, а также на северо-западе Большого моря — в районах расположения илистых грунтов. Наибольшая численность (1060—1320 экз/м^2) и биомасса (86,2—116,6 г/м^2) *N. diversicolor* отмечена в западной части Большого моря — районе залива Чернышева.

Аральский бокоплав. Встречался ранее на всех типах грунтов (Бенинг, 1934, 1935; Яблонская, 1960 а, б), но по наблюдениям Е. А. Яблонской (1960 б) численность его была выше на плотном грунте и в районах моря, где имелись водные

* До выхода в свет «Атласа беспозвоночных Аральского моря» (1974) определение видов макрозообентоса моря было чрезвычайно сложным и запутанным вопросом, о чем неоднократно упоминали многие исследователи Арала. В связи с этим определение традиционно проводилось до рода, восстановить же по имеющимся коллекциям истинное положение вещей в данном вопросе в настоящее время почти невозможно, поэтому количественное распределение макрозообентоса рассмотрено в основном по родам.

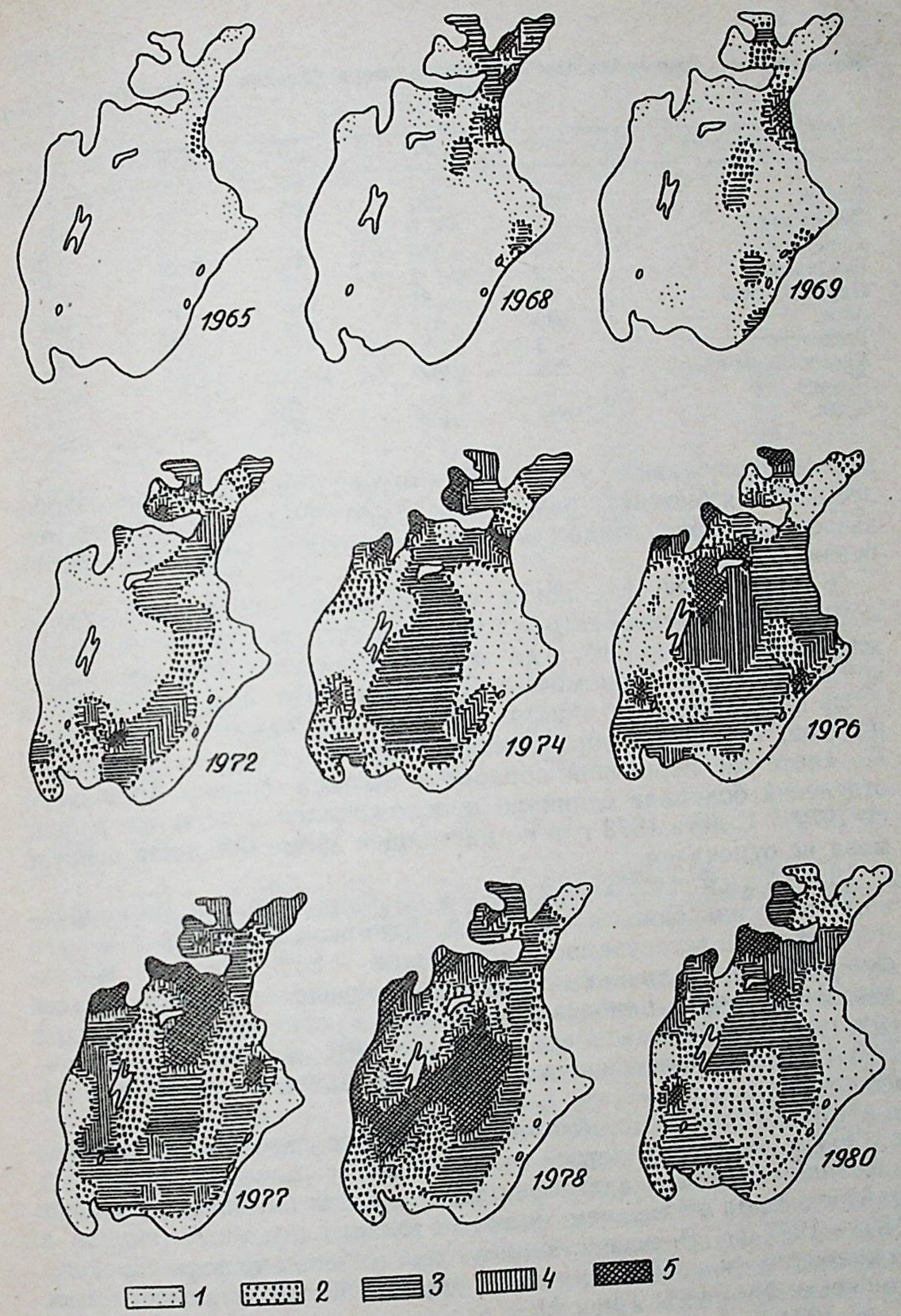


Рис. 2. Распределение биомассы *Nereis diversicolor* в Аральском море (летняя стандартная съемка):

1 — 0,1—5; *2* — 5,1—10; *3* — 10,1—20; *4* — 20,1—30; *5* — более 30 г/м^2

Таблица 3

Численность макрозообентоса Аральского моря (летняя стандартная съемка), экз./м²

Компоненты	1975	1976	1977	1978	1980
Нереис	323	381	686	575	859
Хирономиды	—	0	0	0	0
Дрейссены	43	53	41	26	3
Гипанисы	12	1	1	1	—
Церастодермы	57	81	144	170	136
Абра	383	627	977	952	1436
Теодоксус	5	29	67	41	139
Каспиогидробии	208	766	2191	2303	3682
Прочие	—	—	0	—	1
Всего	1031	1938	4107	4068	6256

растения, служившие убежищем и пищей для бокоплавов. Наиболее высокая биомасса рачка (рис. 3) отмечалась в заливах Чернышева, Тщебас, Малом море и в зарослях по восточному побережью.

К 1964—1965 гг., когда происходило сокращение ареалов других видов макробентофауны, зарегистрировано значительное уменьшение площадей, где обитал бокоплав при небольшом снижении средней биомассы. В 1966 г. этот вид был встречен лишь на некоторых станциях, а в 1968 г.— только в заливе Чернышева, где ранее образовывал довольно большие скопления. По картотеке первичной обработки бентоса фондов Аральского отделения бокоплав единично прослеживался в этом же районе по 1972 г. С лета 1973 г. и по настоящее время бокоплав в фауне моря не отмечался.

Личинки хирономид — в прошлом одна из доминирующих групп макрозообентоса. Л. А. Бенингом (1935) для Малого моря указана встречаемость этих видов — 86%. По Е. А. Яблонской (1960 а, б) личинки хирономид встречались почти по всей акватории моря, наибольшая биомасса отмечена на илистых грунтах; численность в среднем была 381 экз./м², биомасса — 7.16 г/м². Наиболее широко распространенным видом был *Ch. behningi*.

Процесс снижения биомассы этих беспозвоночных отмечен с 1963 г. В период летней съемки 1964 г. личинки хирономид заселяли уже не всю акваторию моря, да и их биомасса во многих районах была ниже, чем биомасса одного рода *Chironomus* в 1954—1957 гг. В последующие годы наблюдалось дальнейшее сокращение зон обитания этой группы видов и повсеместное снижение биомассы (рис. 4).

С 1974 г. личинки хирономид в бентосе моря в период стандартной съемки отмечались не ежегодно, лишь в осолоненных заливах — култуках они еще образовывали довольно большие скопления, состоящие из *Ch. salinarius* и *Ch. halophilus*. Так,

Таблица 4

Биомасса макрозообентоса Аральского моря (летняя стандартная съемка), г/м²

Годы	Нереис	Хирономиды	Дрейссены	Гипанисы	Церастодермы	Абра	Теодоксус	Каспиогидробии	Прочие	Всего
1954	—	8.6	8.4	8.2	0.0	—	0.1	0.0	0.5	25.8
1956	—	10.5	12.0	5.3	0.5	—	1.4	0.1	0.1	29.9
1957	—	6.3	3.6	3.9	1.6	—	0.0	0.1	—	15.5
1959	—	—	—	—	—	—	—	—	—	23.1
1960	—	—	—	—	—	—	—	—	—	27.9
1961	—	8.1	8.0	7.6	1.0	—	1.0	0.8	0.2	26.7
1962	—	12.2	14.9	7.1	3.2	—	0.4	2.4	0.4	40.6
1963	—	5,4	12,6	5,1	3,0	—	0,2	2.5	0,5	29.3
1964	0,0	4,7	6,9	1,5	2.4	—	0,2	2.0	0,2	17.9
1965	0,2	3,4	6,1	1,4	2.2	—	0,5	1.9	0,3	16.0
1966	0,6	1,4	3,1	1,5	0.8	—	0,2	1.7	0,0	9.3
1967	1,1	0,9	2,3	0,2	2.1	0,1	0.1	3.1	0,0	9.9
1968	2,8	0,6	2,8	0,9	3,9	1,1	0.1	2.2	0,0	14.4
1969	2,3	0,5	1,0	0,8	4.3	2,1	0.0	0.7	0,0	11.7
1970	5,9	0,4	1,0	0,4	3.4	12,1	0.1	1.0	0,0	24.3
1971	6,5	0,3	0,9	1,3	3.1	11,9	0.1	1.6	0,0	25.7
1972	9,7	0,1	1,4	2,0	7.1	11,3	0.1	1.4	0,0	33.1
1973	7,4	0,0	0,1	0,6	7.2	15,2	0.0	0.1	—	30.6
1974	10,3	—	0,9	0,5	10.4	30,4	0.0	0.5	—	53.0
1975	17,3	—	3,5	1,0	21.5	62,0	0.1	0.4	—	105.8
1976	15,5	0,0	3,5	0,3	23.1	74,4	0.4	2.3	0,0	119.6
1977	17,8	—	4,8	0,2	27.5	95,8	0.5	3.9	0,0	150.5
1978	17,7	0,0	3,6	0,1	51.6	118,2	0.4	4.4	—	196.0
1980	11,6	0,0	0,8							
1980	11,6	0,0	0,8	—	42,3	122,0	1,0	6,4	0,3	184,4

Примечание. 1954—1968 гг. по Е. А. Яблонской и др. (1973); 1957 г. только для южной половины Большого моря; 1959—1960 гг. данных по биомассе отдельных групп бентоса нет; 1973 г. только для Большого моря.

в августе 1976 г. в заливе Тайлакджеген на сером иле в зарослях харовых при солености 18,3‰ были собраны личинки хирономид в количестве 5280 экз./м² при биомассе 9,76 г/м². С 1978 г. в заливе Сарычегонак Малого моря в зоне зарослей водных растений при солености 17—20‰ довольно регулярно в сборах стали появляться личинки хирономид. В 1980 г. *Ch. salinarius* был найден на сером иле и за пределами залива Сарычегонак (численность до 40 экз./м² при биомассе от 0,13 г/м²).

Дрейссены — доминанты прошлых лет — в 1954—1957 гг. были распространены почти по всей акватории моря на всех грунтах и глубинах (Яблонская, 1960 а, б). Летом 1964 г. их средняя биомасса была лишь немного ниже чем в 1954 г. (см. табл. 4), площади обитания же уменьшились. Свободным от дрейссен оказался западный глубоководный район и некоторые прибрежные участки в Большом и Малом море (рис. 5). В 1966 г. происходило дальнейшее уменьшение акватории, заселенной дрейссе-

Таблица 5

Распределение макрозообентоса Аральского моря по глубинам и грунтам (по материалам стандартной летней съемки 1978 г.), экз./м² / г/м²

Грунт	Нереис	Дрейссены	Гипанисы	Церастодерма	Абра	Теодоксус	Каспиогидробии	Прочие	Всего
Глубина 0,1—5 м									
Илистый песок	140 / 2,6	30 / 1,6	—	20 / 7,1	500 / 35,5	790 / 6,5	1110 / 2,7	—	2590 / 56,0
Песчанистый ил	570 / 4,4	—	10 / 0,7	680 / 34,2	350 / 17,5	—	50 / 0,1	—	1660 / 56,9
Коричнево-серый ил	280 / 8,4	—	—	1170 / 21,5	1350 / 72,4	—	10 / 0,0	—	2810 / 102,3
Глубина 5,1—10 м									
Песок	410 / 1,6	20 / 1,6	4 / 0,9	116 / 103,5	353 / 19,9	40 / 1,0	3907 / 4,7	—	4850 / 133,2
Илистый песок	270 / 3,4	10 / 0,5	—	240 / 97,2	1290 / 139,2	60 / 0,8	1770 / 9,6	—	3640 / 250,7
Песчанистый ил	425 / 9,4	15 / 0,1	—	60 / 5,3	590 / 77,1	10 / 0,8	4160 / 5,0	—	5260 / 97,7
Серый ил	210 / 7,2	—	—	85 / 32,8	425 / 39,4	—	2785 / 4,3	—	3505 / 83,7
Коричнево-серый ил	170 / 9,8	—	—	—	400 / 119,0	—	—	—	570 / 128,8
Коричневый ил	265 / 9,8	—	—	100 / 2,1	290 / 25,3	—	1330 / 2,0	—	1985 / 32,4
Черный ил	450 / 11,5	—	—	60 / 93,2	2010 / 161,9	—	3650 / 10,5	—	6170 / 277,1
Глубина 10,1—15 м									
Песок	1320 / 29,5	20 / 5,8	—	360 / 333,8	2110 / 231,8	—	5600 / 13,1	—	9410 / 614,0
Илистый песок	1010 / 12,0	—	—	110 / 44,7	1340 / 181,0	—	4680 / 6,5	—	7140 / 244,2
Песчанистый ил	749 / 13.1	3 / 0.8	—	27 / 16.9	450 / 95.3	7 / 0.1	1975 / 2.5	—	3211 / 128.7
Серый ил	572 / 20,2	107 / 20,7	—	78 / 54,1	1679 / 198,9	3 / 0,1	3958 / 7,5	—	6397 / 301,5
Коричнево-серый ил	953 / 13,0	5 / 0,4	—	155 / 45,1	1368 / 154,3	—	2550 / 4,6	—	5031 / 217,4
Темно-серый ил	390 / 16,7	5 / 1,2	—	75 / 110,1	2975 / 360,0	—	2345 / 7,1	—	5790 / 495,1
Черный ил	210 / 20,6	—	—	110 / 65,5	1910 / 292,8	—	1380 / 2,5	10 / 0,1	3620 / 381,5
Глубина 15,1—20 м									
Песок	640 / 11,8	320 / 26,6	—	50 / 35,7	1500 / 219,8	150 / 3,0	880 / 2,5	—	3540 / 299,4
Илистый песок	730 / 11,9	5 / 0,3	—	220 / 159,8	2370 / 221,8	—	6210 / 13,6	—	9535 / 407,4

Грунт	Нереис	Дрейссены	Гипанисы	Церастодерма	Абра	Теодоксус	Каспиогидробии	Прочие	Всего
Песчанистый ил	1650 / 37,8	—	—	70 / 36,4	400 / 171,8	—	2480 / 5,6	—	4600 / 251,6
Серый ил	890 / 28,8	—	—	203 / 36,1	595 / 123,5	—	1265 / 3,3	—	2953 / 191,7
Коричнево-серый ил	440 / 20,6	—	—	40 / 25,9	740 / 115,6	—	2200 / 4,8	—	3420 / 166,9
Темно-серый ил	970 / 63,4	—	—	70 / 23,8	765 / 145,9	—	540 / 1,7	—	2345 / 234,8
Глубина 20,1—25 м									
Серый ил	723 / 53,0	—	—	37 / 28,7	406 / 115,4	—	1768 / 5,5	—	2934 / 202,6
Темно-серый ил	447 / 62,0	—	—	20 / 0,9	—	—	206 / 0,8	—	673 / 63,7
Черный ил	110 / 29,1	—	—	—	—	—	200 / 0,8	—	310 / 29,9
Глубина 25,1—30 м									
Темно-серый ил	290 / 78,0	—	—	10 / 3,3	—	—	—	—	300 / 81,3
Черный ил	350 / 89,1	—	—	40 / 21,0	—	—	160 / 0,3	—	550 / 110,4
Глубина более 30 м									
Черный ил	10 / 0,7	—	—	—	—	—	—	—	10 / 0,7
В среднем по морю	575 / 17,7	26 / 3,6	1 / 0,1	170 / 51,6	952 / 118,2	41 / 0,4	2303 / 4,4	0 / 0,0	4068 / 196,0

нами, а также почти повсеместное снижение их биомассы. В 1969 г. наблюдались поселения дрейссен в виде полос по ходу круговых течений от устий рек. В 1970—1971 гг. произошло расширение ареала, вероятно, связанное с распресняющим влиянием высокого паводка 1969 г.

В 1974—1977 г. наблюдалась некоторая стабилизация ареала, численности и биомассы дрейссен, связанная с наличием в водоеме подвидов дрейссен, на которых процесс осолонения моря сказывался неоднозначно в силу их различных экологических требований. Так, *Dr. p. aralensis* — типичный обитатель солоноватых водоемов дельтовых районов рек и приустьевых опресненных пространств моря, *Dr. p. obtusecarinata* — обитатель открытого моря; по Н. З. Хусаиновой (1958) *Dr. polymorpha* из открытого моря не выносит солености более 16,1‰. *Dr. c. pallasi* является наиболее соленолюбивой формой, в эксперименте выносящей повышение солености воды до 27‰. Осолонение моря до 12,5—14,5‰ было неблагоприятно для подвидов *Dr. polymorpha*, в то время как повышение солености способствовало

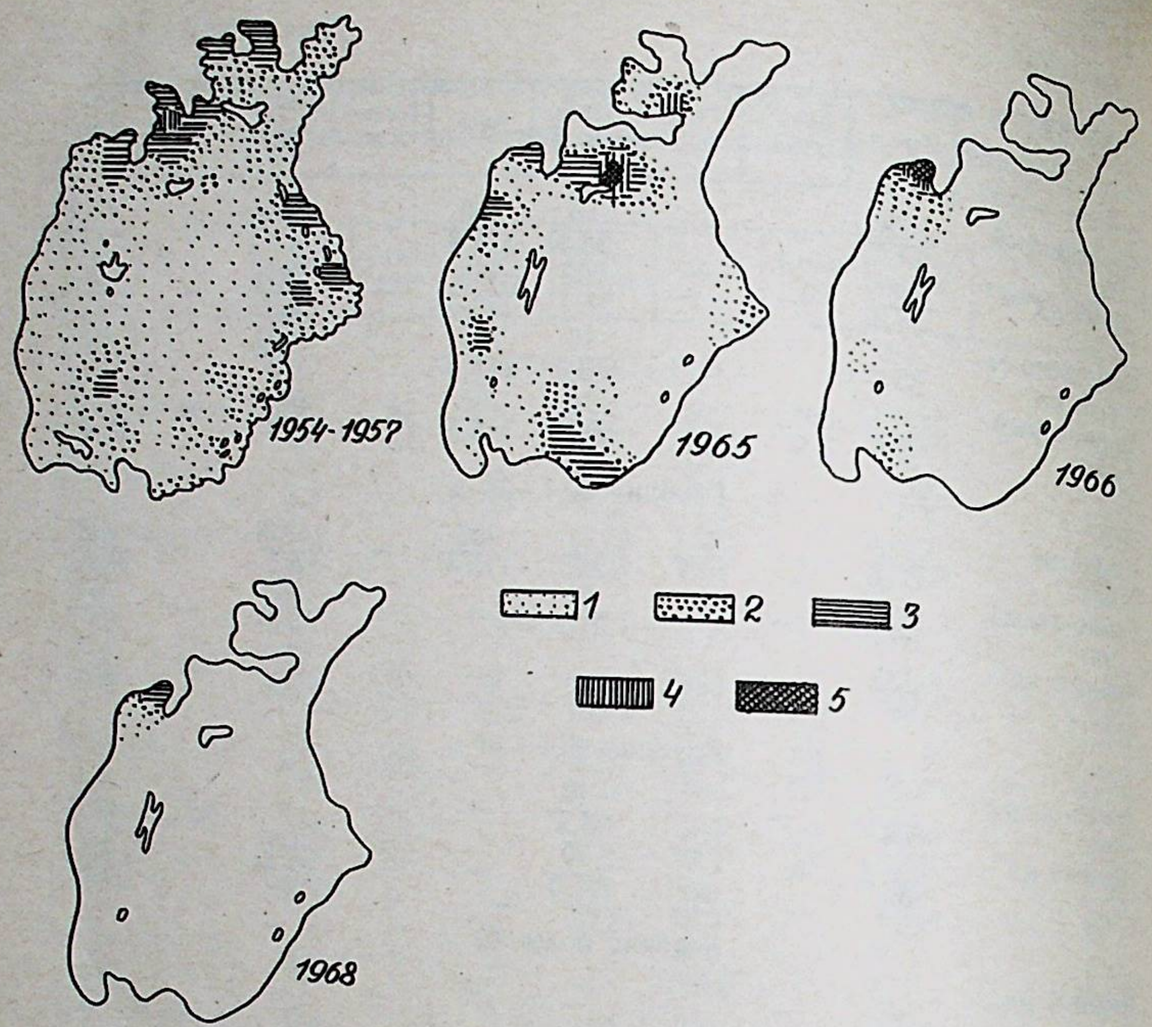


Рис. 3. Распределение биомассы *Dikerogammarus aralensis* в Аральском море (летняя стандартная съемка; 1954—1957 гг. по Е. А. Яблонской, 1960 б): *1* — 0,01—0,10; *2* — 0,11—0,50; *3* — 0,51—1,00; *4* — 1,01—1,50; *5* — более 1,50 г/м²

улучшению условий обитания более солелюбивого *Dr. c. pallasi*. Стабилизация количественного развития и распространения дрейссен в этот период также связана с уменьшением численности организмов, имеющих сходный тип питания (сестонофаги), так как в это же время наблюдалось резкое снижение численности и моллюсков рода гипанис.

Однако дальнейшее осолонение моря отрицательно влияет и на более солетолерантный вид. Так, уже осенью 1979 г. в заливе Сарычегонак, где в предыдущие годы существовал биоценоз *Abra ovata* + *Dreissena caspia pallasi*, при солености 20—21‰ были найдены лишь единичные особи *Dr. c. pallasi*. Лишь в зоне зарослей вдоль восточного побережья Большого моря в 1980 г. это был обычный вид.

Гипанисы. Для моллюсков рода гипанис в Аральском море по наблюдениям Е. А. Яблонской (1960 а, б) были благоприятны грунты на всех глубинах открытой части моря за исключением биотопов с возможным дефицитом кислорода. Эти моллюски были распространены довольно равномерно по всей ак-

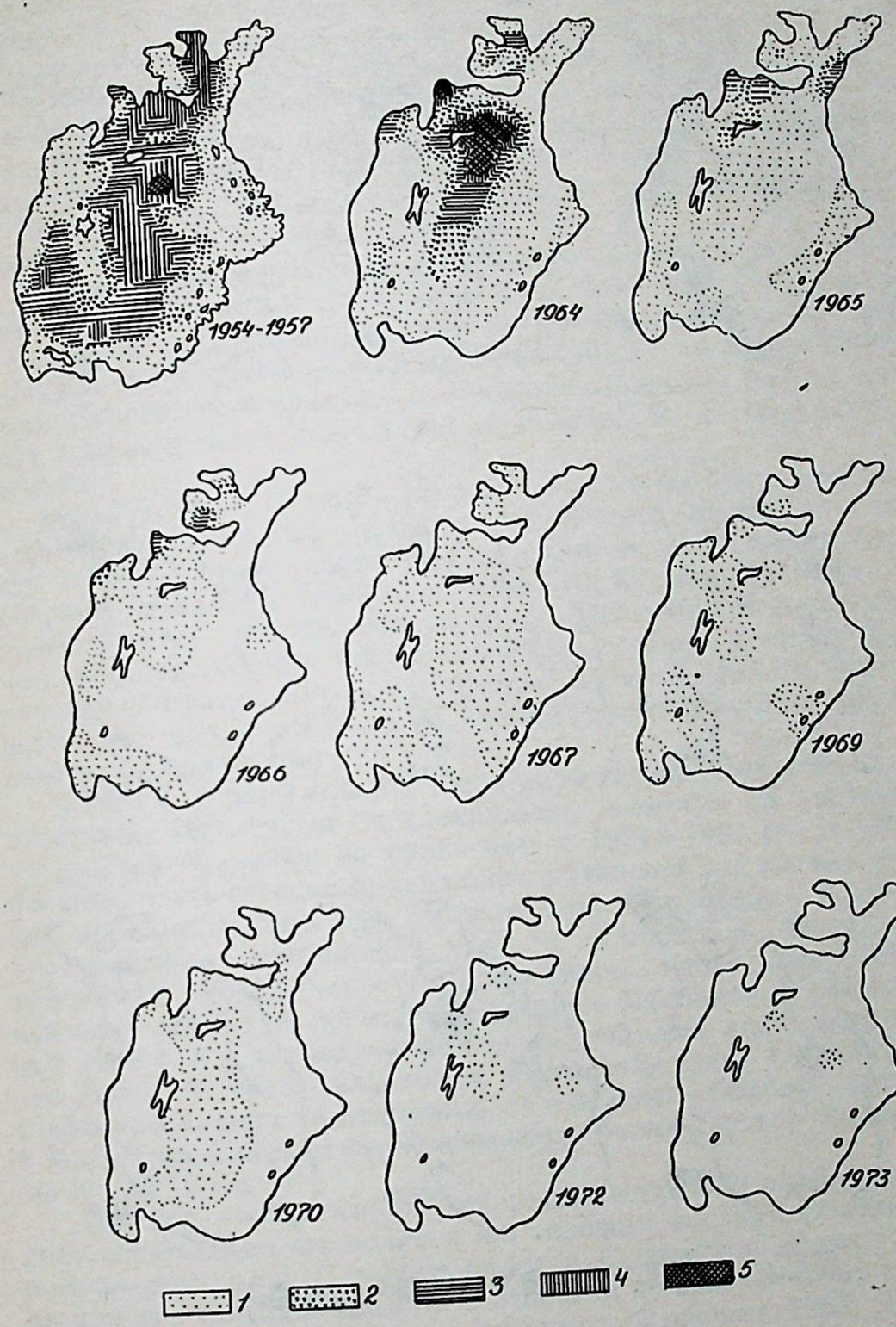


Рис. 4. Распределение биомассы Chironomidae в Аральском море (летняя стандартная съемка, *Chironomus* в 1954—1957 гг. по Е. А. Яблонской, 1960 б): *1* — 0,1—5; *2* — 5,1—10; *3* — 10,1—20; *4* — 20,1—40; *5* — более 40 г/м²

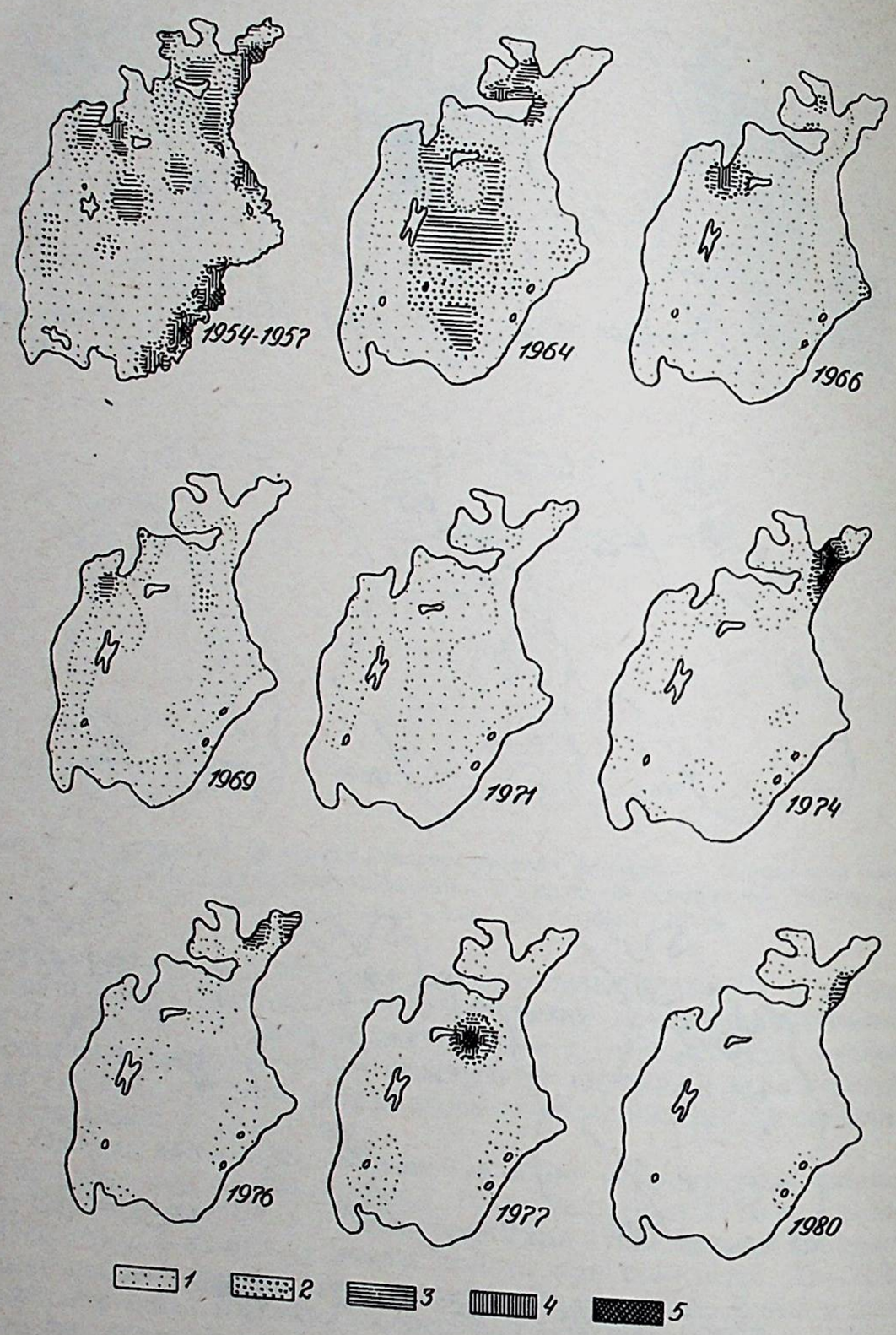


Рис. 5. Распределение биомассы *Dreissena* в Аральском море (летняя стандартная съемка, 1954—1957 гг. по Е. А. Яблонской, 1960 б): *1* — 0,1—10; *2* — 10,1—20; *3* — 20,1—40; *4* — 40,1—80; *5* — более 80 г/м²

ватории моря, лишь в северной части наблюдались скопления биомассой 20 г/м² и более. Однако уже в 1964—1965 гг. (рис. 6), наряду с понижением биомассы этих моллюсков в среднем по водоему, наблюдалось сокращение и их ареала, особенно резкое в восточной и западной частях моря. В 1966—1967 гг. распространение гипанисов было в виде отдельных пятен, биомасса снизилась с 8.2 г/м² в 1954 г. до 0.2 г/м² в 1967 г. (см. табл. 4). В 1968—1975 гг. наблюдалось небольшое расширение ареала и увеличение средней биомассы.

В последующие годы, когда средняя соленость воды в море стала приближаться к сублетальной для этих видов, численность и биомасса аральских гипанисов быстро снизилась, и в 1980 г. в период стандартной съемки не было найдено ни одного экземпляра. Скорее всего следует говорить об обеднении фауны Арала еще 3 эндемичными подвидами: *H. v. bergi*, *H. m. sidorovi*, *H. m. minima*.

Моллюски рода церастодерма — сердцевидки — характеризовались исследователями донного населения Арала как малочисленная и сравнительно редко встречающаяся форма (Бенинг, 1934, 1935; Яблонская, 1960 а, б; Хусаинова, 1958 и др.). Наиболее плотные поселения имелись в мелководной зоне восточного побережья, прилегающей непосредственно к осолоненным районам — култукам и в прибрежье заливов Малого моря. В целом же моллюски были единично распространены по всей акватории Арала (рис. 7).

В 1964 г. в ряде районов моря зарегистрировано сокращение площадей, заселенных сердцевидками, несмотря на увеличение их средней биомассы по сравнению с 1954—1957 гг. В 1966 г. большая часть северного, западного районов и ряд южных участков моря были свободны от поселений сердцевидок, в 1967 г. продолжалось опустошение моря в западном и центральных районах. В 1968 г., как и у других видов , наблюдалось восстановление ареала и повышение средней биомассы. В многоводный 1969 г. и в последующий год наблюдалось вновь опустошение большей части акватории Большого моря, *Cerastoderma* сохранились лишь на некоторых прибрежных станциях, и только в Малом море наблюдалось повышение биомассы этих моллюсков до 40 г/м² и более.

Для того, чтобы разобраться в количественном распределении рода, необходимо вернуться к его видовому составу. Обитающих в Аральском море *C. r. rhomboides* и *C. istmicum* обычно определяли как *Cardium edule* L. и относили к эвригалинному средиземноморско-атлантическому комплексу (Зенкевич, 1963; Яблонская, 1974 и др.). По Я. И. Старобогатову (1974) *C. r. rhomboides* обитал в прибрежных районах Арала до глубины 10—12 м, а *C. istmicum* распространен в осолоненных районах — култуках. Налицо явное разделение видов по одному из абиотических факторов — солености. Вполне реально предположить, что такое

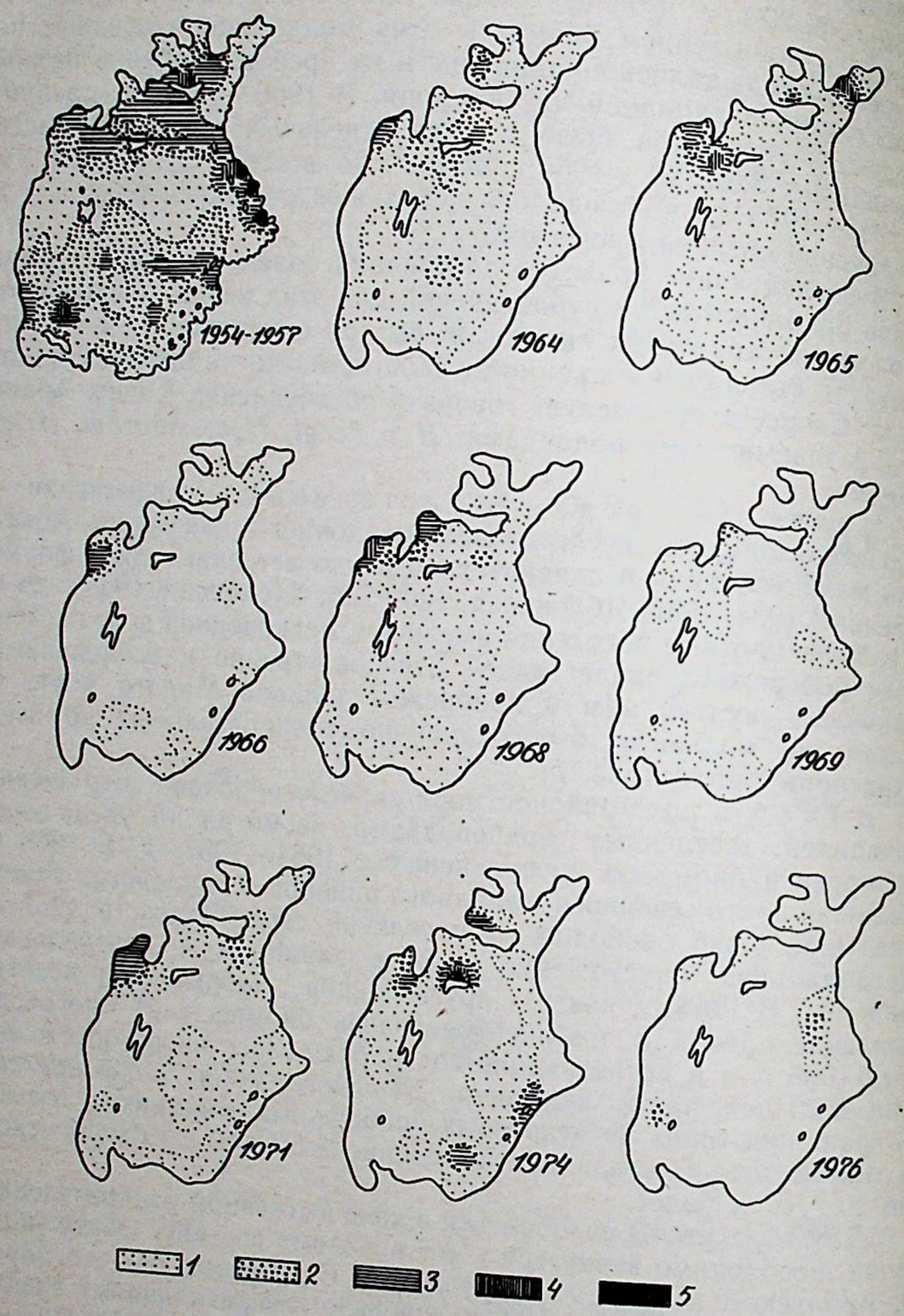


Рис. 6. Распределение биомассы *Hypanis* в Аральском море (летняя стандартная съемка, 1954—1957 гг. по Е. А. Яблонской, 1960 б):
1 — 0,1—5; *2* — 5,1—10; *3* — 10,1—20; *4* — 20,1—40; *5* — более 40 г/м²

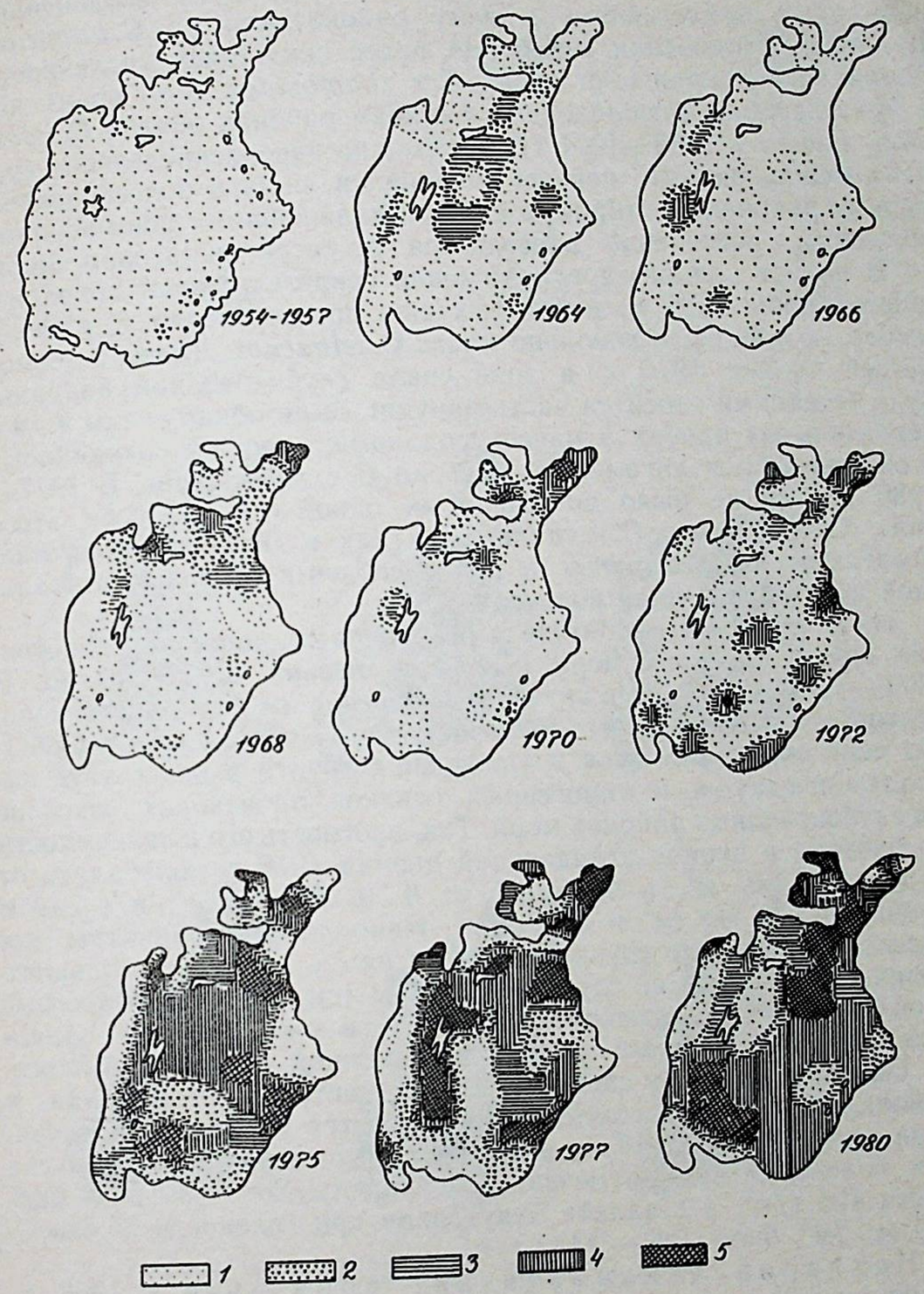


Рис. 7. Распределение биомассы *Cerastoderma* в Аральском море (летняя стандартная съемка, 1954—1957 гг. по Е. А. Яблонской, 1960 б):
1 — 0,1—5; *2* — 5,1—10; *3* — 10,1—20; *4* — 20,1—40; *5* — более 40 г/м²

положение было и в 1954—1957 гг.: в море был распространен *C. r. rhomboides* — сравнительно редкая форма, а в осолоненных заливах и прилегающих к нему районах обитал *C. istmicum*. В период осолонения моря еще более снижались численность, биомасса и сокращался ареал *C. r. rhomboides*, в то время как в прилегающих к осолоненным заливам районах обитал *C. istmicum*. Где-то в 1969—1971 гг. произошло перераспределение «ролей» между видами: первый сохранился лишь в более распресненных районах, а второй, в связи с дальнейшими повышениями солености, постепенно расселяется по всей акватории моря.

В пользу данного предположения свидетельствуют сохранившиеся пробы 1965 г., в которых еще присутствовал *C. r. rhomboides*, но уже было довольно много *C. istmicum*. Далее, в период летней съемки 1976 г. в зоне свала глубоководной впадины, куда течениями сносится часть ракуши, были обнаружены в дночерпательных пробах в массе уродливые, хорошей сохранности, с еще заметным лигаментом створки *C. r. rhomboides*. В 1977—1980 гг. же не было встречено ни одной живой особи этого вида. Скорее всего *C. r. rhomboides*, как и *Dr. p. obtusecarinata* и моллюски рода *Hypanis*, не приспособлен к обитанию в аральской воде повышенной солености.

На *C. istmicum* — обитателя осолоненных районов — повышение солености воды моря сказалось весьма благоприятно. В 1971—1972 гг. началось активное заселение им Аральского моря, постоянное повышение его численности и биомассы (см. табл. 4). По мере обмеления моря и уплотнения грунта в результате накопления ракуши и хемогенных осадков происходит освоение им глубоководных районов моря. Так, плотность его в зависимости от биотопа в период стандартной съемки 1978 г. колебалась от 0 до 1170 экз./м^2, а биомасса от 0 до 333.8 г/м^2, в среднем равняясь 170 экз./м^2 и 51.6 г/м^2. Наиболее благоприятны для поселений песчаные грунты, а также илы с примесью большого количества ракуши на глубинах до 20 м (см. табл. 5). Массовые скопления этих моллюсков имели место в южных, северо-западных районах Большого моря и в восточной половине Малого.

Осолонение моря способствует процветанию этого вида, в районах повышенной солености наблюдается увеличение его численности и биомассы. Так, в заливе Сарычегонак у г. Аральска при солености 20‰ отмечена численность 2600 экз./м^2, биомасса 426 г/м^2, а в заливе Тукузаркан при солености 25.4‰ — 800 экз./м^2, биомасса — 1482 г/м^2.

Недавний акклиматизант абра — уже в 1968 г. занял значительную часть Малого моря. По мере расселения моллюска происходило нарастание биомассы на освоенной акватории, а также в среднем по морю (рис. 8, см. табл. 4). Повышение солености совпало по времени с расселением абры и благоприятствовало ему. В 70-х годах зафиксировано быстрое завоевание моллюском дна Арала и постоянное нарастание его чис-

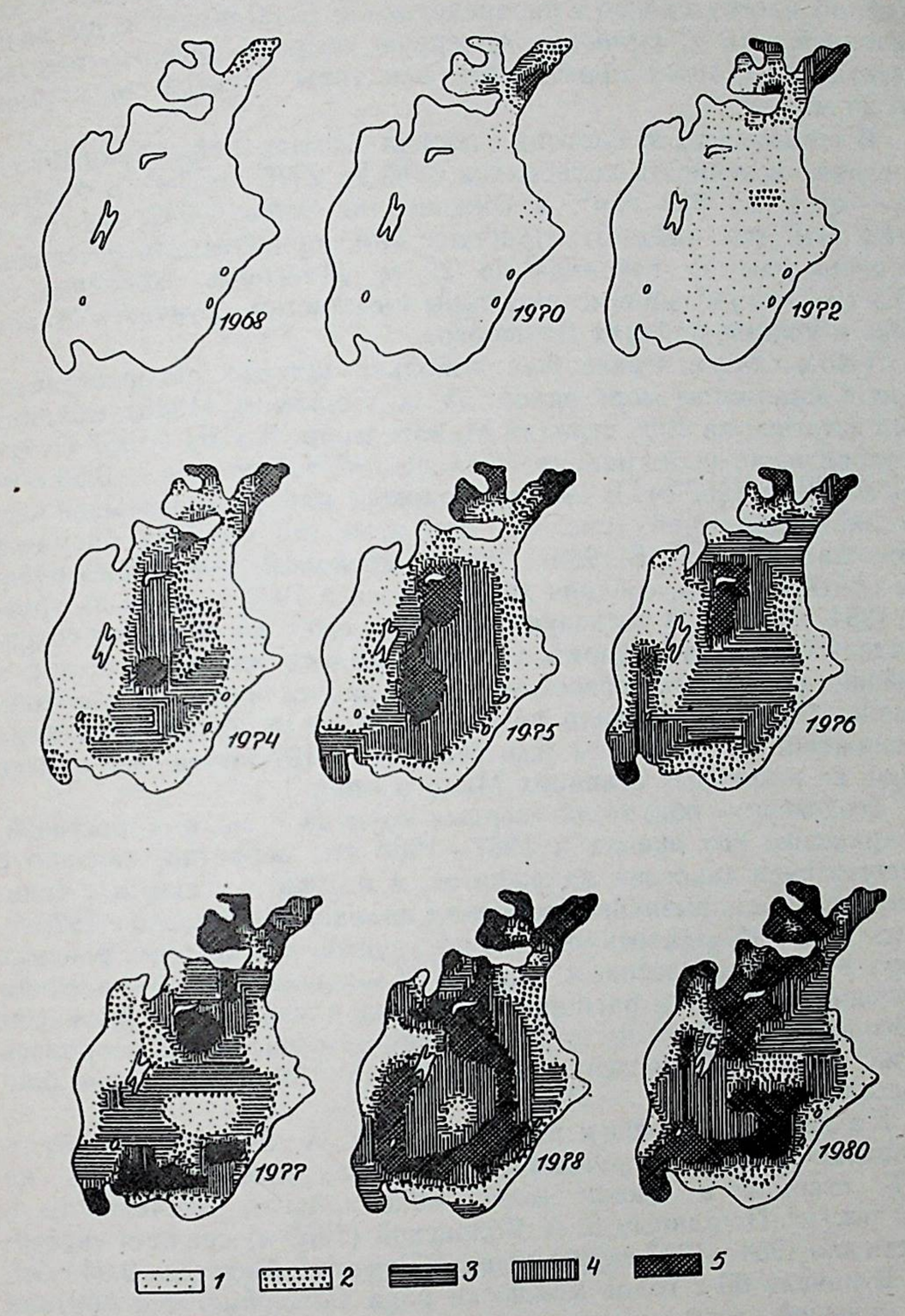


Рис. 8. Распределение биомассы *Abra ovata* в Аральском море (летняя стандартная съемка):

1 — 0,1—20; *2* — 20,1—40; *3* — 40,1—80; *4* — 80,1—120; *5* — более 120 г/м^2

ленности и биомассы. Его количественное распределение в эти годы во многом сходно с распределением *C. istmicum*, с той лишь разницей, что *C. istmicum* в первую очередь заселял твердые грунты, а *A. ovata* практически все типы грунтов на глубине до 25 м.

В зависимости от биотопа в период стандартной съемки 1978 г. средняя численность колебалась от 0 до 2975 экз./м^2, а биомасса — от 0 до 360 г/м^2, в среднем по морю — 952 экз./м^2, и 118,2 г/м^2 (см. табл. 5). Наиболее благоприятны для поселений *A. ovata* илы на глубинах до 20 м. Массовые скопления до 10.3 тыс. экз./м^2 зарегистрированы на илистых грунтах в Малом море и южных районах Большого.

Теодоксус. Ранее был довольно широко распространенным в Аральском море видом. Л. А. Бенингом (1935) моллюск был встречен на 40% станций Малого моря. В 1954—1957 гг. его средняя численность равнялась 41 экз./м^2, а биомасса — 0.53 г/м^2 (Яблонская, 1960 б). В 1964 г. теодоксус найден на большей части акватории моря (рис. 9), при этом его средняя биомасса равнялась 0.2 г/м^2. В 1965—1966 гг. несколько изменились районы обитания вида, средняя же биомасса в 1965 г. была на уровне 1954—1957 гг. В последующие 2 года его зона обитания сокращалась, снижалась биомасса, наблюдалось явное тяготение к районам восточного побережья — зоне зарослей водных растений. После 1969 г. произошло резкое сокращение ареала моллюска и снижение его биомассы (см. табл. 4), в 1972 г. он был найден лишь на некоторых станциях Малого моря.

Теодоксус — обитатель твердых грунтов и водных растений. Сокращение его ареала в 1967—1968 гг., вероятно, связано с уменьшением зарослей макрофитов, а в 1969 г. — еще и с сильным заилением, вызванным высоким паводком. И только с 1976 г., когда уже наблюдалось уплотнение грунтов в некоторых районах моря в связи с массовым развитием моллюсков и накоплением ракуши, начинается расширение ареала и нарастание биомассы этого вида. В 1980 г. частота встречаемости теодоксуса равнялась 20%, а средняя численность достигала 139 экз./м^2 при биомассе 1.0 г/м^2.

Каспиогидробии по данным Л. А. Бенинга (1935) — довольно редко встречающаяся форма, найдены лишь на 12% станций в Малом море, максимальная численность — 770 экз./м^2. По данным Е. А. Яблонской (1960 а) средняя численность для 1954—1957 гг. равнялась 17 экз./м^2, биомасса 0.04 г/м^2.

В начале 60-х годов моллюски рода *Caspiohydrobia* обитали на большей части акватории Аральского моря, их средняя биомасса была довольно высока (0.8—2.5 г/м^2). В 1967 г. моллюски расселились почти по всей акватории моря (рис. 10), образуя на большей части скопления биомассой более 4 г/м^2. Но в 1968 г. произошло снижение биомассы моллюсков и сокращение ареала, достигшее в 1969 г. значительных рамеров. Почти

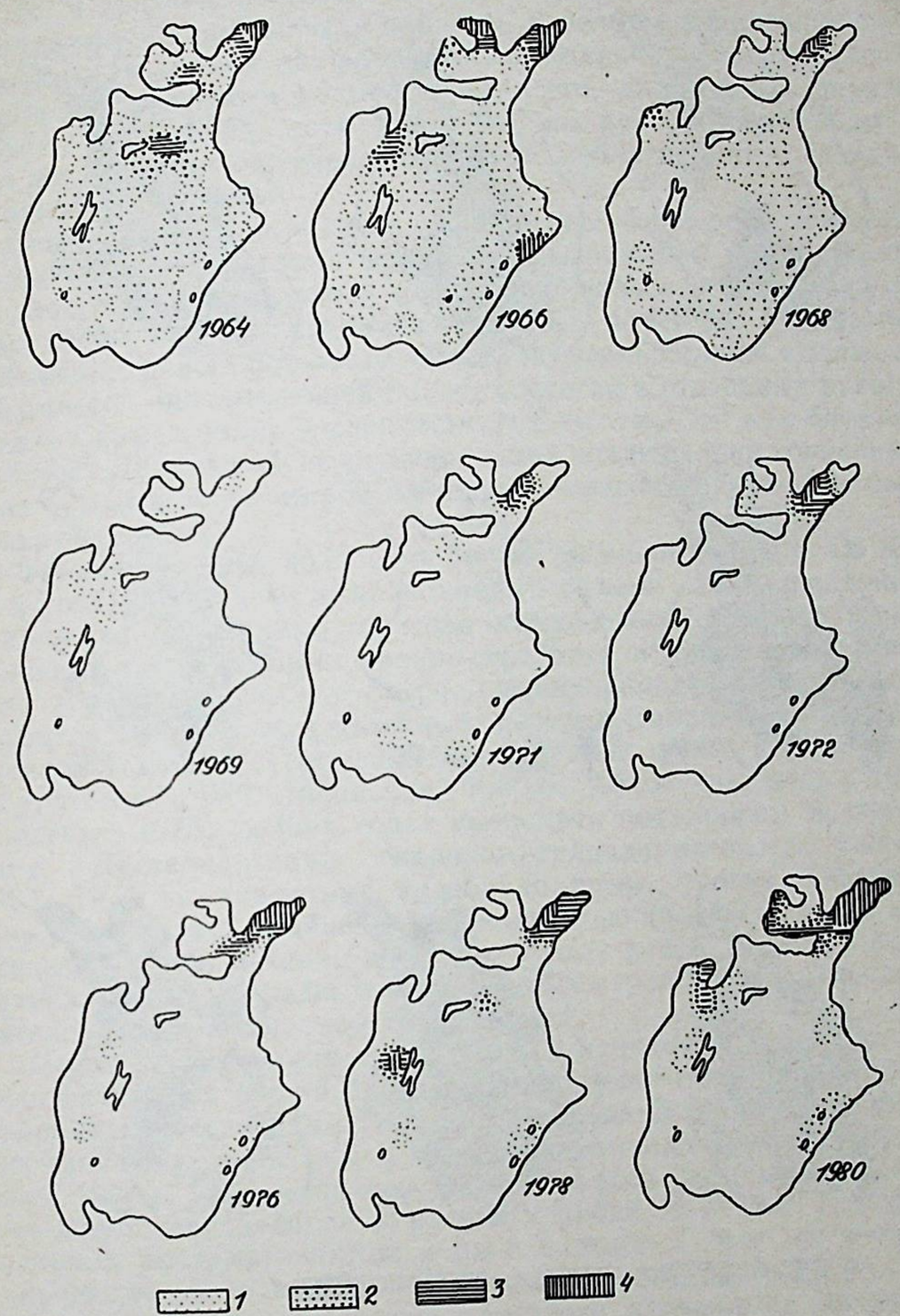


Рис. 9. Распределение биомассы *Theodoxus pallasi* в Аральском море (летняя стандартная съемка):
1 — 0,01—0,50; *2* — 0,51—1,00; *3* — 1,01—2,00; *4* — более 2,00 г/м^2

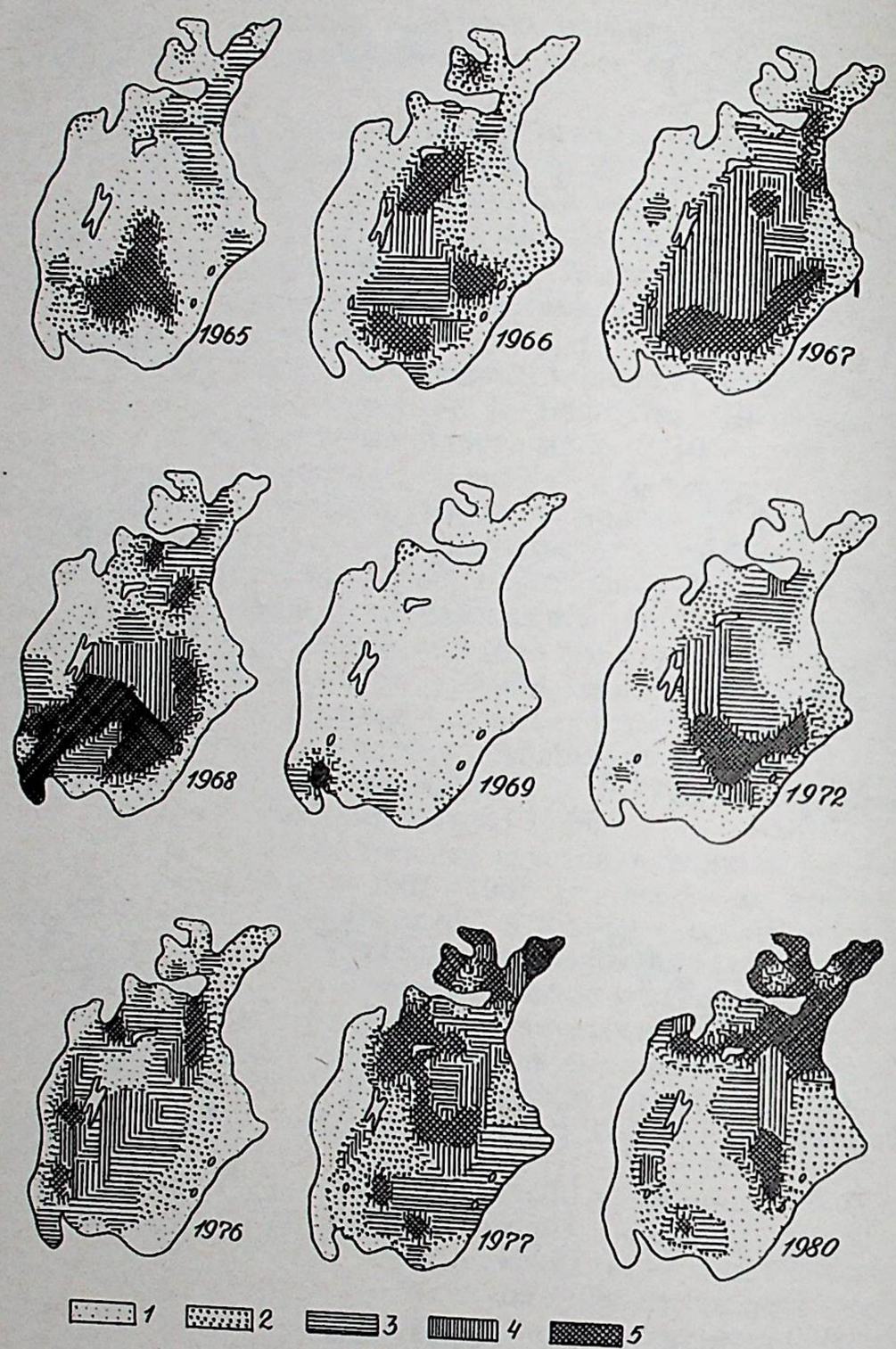


Рис. 10. Распределение биомассы *Caspiohydrobia* в Аральском море (летняя стандартная съемка):
1 — 0,1—1; *2* — 1,1—2; *3* — 2,4—4; *4* — 4,1—6; *5* — более 6 г/м²

по всему морю биомасса была исключительно низкой — не более 1 г/м², в среднем равняясь 0.7 г/м², причем на большей части акватории эти виды не были найдены. В целом каспиогидробии — галофильная группа эпифауны, положительно реагирующая на повышение солености воды; скорее всего, аномальный паводок 1969 г., вызвавший, хотя и слабое, но распреснение воды и, в то же время, значительное заиление, неблагоприятно сказался на этой группе видов.

Сокращение стока в последующие годы постепенно позволило моллюскам распространяться вновь на большей части акватории водоема, наблюдалось постоянное повышение численности и биомассы этой группы видов. В 1980 г. почти все Малое море и северный район Большого был занят скоплениями моллюсков с биомассой, превышающей 6 г/м², достигая в отдельных районах (залив Сарычегонак) численности 31.8 тыс. экз./м² при биомассе 93.6 г/м². Лишь в районе глубоководной впадины и на коричневых илах — в зоне влияния вод Амударьи — каспиогидробии не были обнаружены.

Флюктуационные колебания биомассы макрозообентоса в 40—50-х годах, связанные с колебаниями объема стока впадающих в Арал рек, от которого зависела обеспеченность донных беспозвоночных пищей и формирование субстрата, а также воспроизводство и запасы рыб-бентофагов, сдерживающих количественное развитие бентических животных через выедание пелагических личинок молодью и потребление взрослых форм (Никольский, Фортунатов, 1950; Яблонская, 1960 б; Яблонская и др., 1973; Карпевич, 1975), в 60-х годах сменились постоянным ее снижением. Дестабилизация гидролого-гидрохимического режима 1963—1970 гг. (заметные колебания стока, уровня, солености и пр.) отозвалась крайней неустойчивостью количественного распределения всех исконно присущих Аралу видов, несмотря на их принадлежность к разным экологическим группам и по способам питания, и по соленосной толератности.

До зарегулирования стока рек и в начальный период осолонения динамика общей биомассы макрозообентоса определялась динамикой пресноводных и солоноватоводных организмов, таких как гипанисы, дрейссены и личинки хирономид (рис. 11). Начиная с 1967 г., определяющей стала биомасса местных эвригалинных видов: сердцевидок и каспиогидробий, а с 1970 г.— эвригалинных акклиматизантов: абры и нереиса. С этог же времени дальнейшее уменьшение биомассы гипанисов, дрейссен и личинок насекомых не оказывало заметного влияния на динамику общей биомассы бентофауны.

Период 1966—1969 гг. характеризовался наиболее низкой биомассой макробентофауны (см. табл. 4), так как в это время биомасса пресноводных и солоноватоводных видов резко снизилась; местные эвригалинные виды, хотя и наметилась тенденция к увеличению их биомассы, не обеспечивали в достаточной

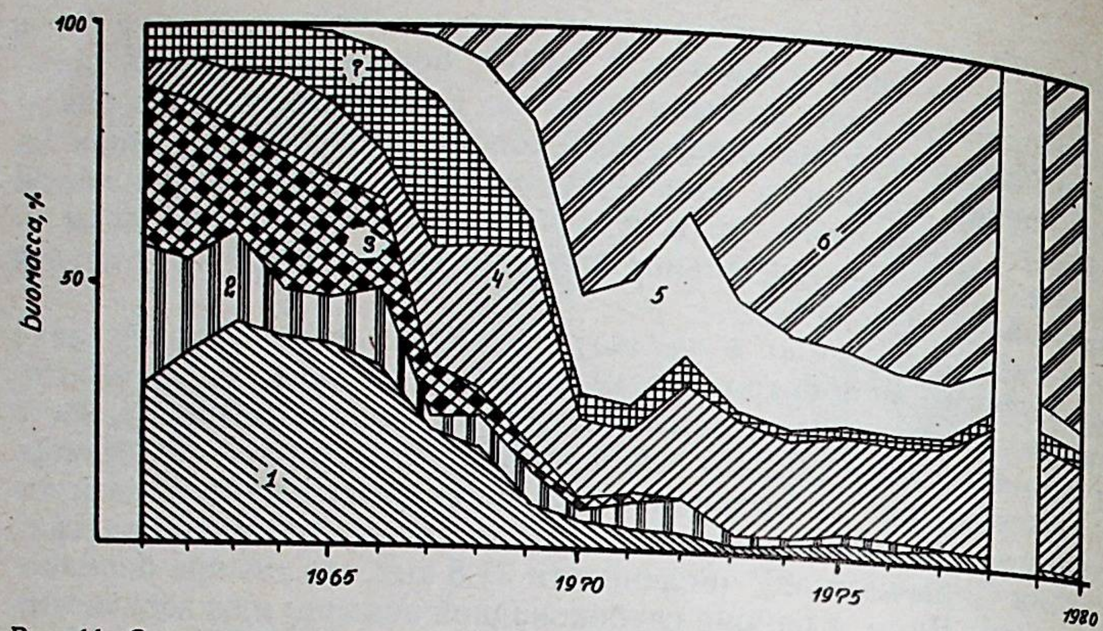


Рис. 11. Соотношение биомассы отдельных групп макрозообентоса Аральского моря (1961—1968 гг. по табличным данным из: Е. А. Яблонской и др., 1973): *1* — дрейссены; *2* — гипанисы; *3* — хирономиды; *4* — церастодермы; *5* — нереис; *6* — абра; *7* — прочие солелюбивые

мере запасы бентоса, а заселение водоема акклиматизантами находилось на начальном этапе. С 1970 г. начали сказываться результаты успешной интродукции донных беспозвоночных, биомасса которых, наряду с биомассой местных эвригалинных видов, постоянно нарастала вплоть до конца наших исследований. Общая биомасса макрозообентоса уже в 1970 г. была на уровне, предшествующем ее снижению. К концу 70-х годов наблюдалось ее увеличение до 184—196 г/м^2, что в 8.5 раз превышает среднюю многолетнюю до зарегулирования стока рек.

Сокращение ареалов и снижение биомассы в начале 60-х годов может быть объяснено нарушением исторически сложившихся связей между донными беспозвоночными и их потребителями, а именно: с увеличением пресса хищников в прибрежной зоне в связи с появлением огромного количества дополнительных потребителей — бычков и отчасти атерины и нарушением баланса биогенных элементов (Яблонская и др., 1973), хотя по мнению А. Ф. Карпевич (1975) уже в 1962—1963 гг. численность рыб-вселенцев снизилась. Во второй же половине 60-х годов при еще незначительном повышении солености наблюдалось сокращение численности акклиматизантов-бентофагов и молоди промысловых рыб (Маркова, 1967; Яблонская и др., 1973), однако повышения количественного развития бывших доминантов не произошло, напротив, биомасса личинок хирономид, дрейссен, гипанисов и ряда других видов продолжала снижаться.

Процесс сокращения ареалов и количественного развития в этот период был характерен почти для всех компонентов макрозообентоса, независимо от принадлежности к той или иной экологической группе; сходным образом на изменение режима моря

реагировали популяции пелофилов и обитателей твердых грунтов, эвригалинных и солоноватоводных видов. В 70-х годах процесс сокращения ареалов завершился выпадением многих пресноводных и солоноватоводных видов. Особенно поразительно выпадение из фауны Арала бокоплава, выносящего значительные колебания солености, и группы хирономид, в состав которой входили виды, обитающие в пресных и высокоминерализованных водоемах.

Выпадение пресноводных и солоноватоводных видов легко объяснимо уже незначительным повышением (по сравнению со средней многолетней) солености воды, поскольку соленость 12—14‰ в Аральском море является зоной стыка морской и солоноватоводной фаун, ниже которой преимущество в развитии получают солоноватоводные элементы, выше — эвригалинные морские и галофильные материковых вод (Андреев, 1981; Андреев, Андреева, 1981). В период перехода от солености, благоприятной для жизнедеятельности солоноватоводных видов, к солености, благоприятной для жизнедеятельности морских видов, на обширных участках моря возникали зоны с соленостью, неприемлемой для существования тех или иных видов, с чем, собственно, и связаны значительные изменения ареалов как солоноватоводных, так и морских элементов макробентофауны.

Определенное значение имела и интродукция беспозвоночных (для личинок хирономид — пелофилов; нереиса и, возможно, абры; для бокоплава — креветки), которые в сложившихся условиях оказались более приспособленными к изменяющейся среде обитания.

Во второй половине 70-х годов с завершением расселения акклиматизантов совпало резкое сокращение численности как непромысловых (устное сообщение К. И. Бычковой и Е. Л. Марковой), так и промысловых бентофагов. Так, в 1980 г. уловы промысловых рыб составили лишь 1.3% от среднего вылова 50-х годов (Лим, Маркова, 1981). Воздействие выедания на макробентофауну стало минимальным, что привело к резкому возрастанию численности и биомассы эвригалинных видов. Подобная ответная реакция фауны на исключение хищника наблюдалась и другими авторами (Holland et al., 1980; Persson, 1981). Взаимоналожение всех этих процессов и привело к перестройке фауны моря.

Таким образом, в результате сокращения стока рек и последовавшего осолонения моря в 1964—1980 гг. произошла смена доминантных видов в макробентофауне Аральского моря. Численность и биомасса пресноводных и солоноватоводных видов, доминировавших до зарегулирования рек, значительно снизились, вплоть до полного выпадения ряда видов из фауны моря (*Dr. polymorpha*, *H. minima*, *H. vitrea*, *D. aralensis*, *Ch. behningi* и других). Малочисленные ранее эвригалинные *Caspiohydrobia* и *C. istmicum*, наряду с акклиматизантами *A. ovata* и *N. diversicolor*, получив благоприятные условия для развития, стали доминантами макро-

бентофауны. Общая биомасса к концу 70-х годов достигла 184—196 г/м^2, что в 8.5 раз превышает среднюю многолетнюю до зарегулирования стока рек. В конечном итоге произошла смена пресноводной и солоноватоводной фаун на морскую эвригалинную и галофильную материковых вод. В переходный период, когда ни одна из фаун не получала благоприятных условий для развития, усугублявшийся массовым развитием рыб-вселенцев, отмечены самые низкие показатели количественного развития макробентофауны.

Выводы

1. Видовой состав макрозообентоса Аральского моря в конце 70-х годов резко отличался от изученного и описанного предшествующими исследователями. Из последнего наиболее полного списка, насчитывавшего по состоянию на 1971 г. 44 вида с преобладанием по числу видов насекомых (47.7%), в 1976 г. встречены 18 видов, а в 1980 г.— только 11 видов. С учетом 21 вида моллюсков рода *Caspiohydrobia*, указанных для Арала в последние годы, всего по состоянию на 1980 г. в составе макрозообентоса насчитывались 32 вида.

В первую очередь из фауны моря выпали олигохеты, многие личинки насекомых, в последующем — солоноватоводные моллюски каспийского комплекса. Наибольшего видового разнообразия в зообентосе моря достигли галофильные *Caspiohydrobia*, а наиболее массовыми и широко распространенными стали эвригалинные средиземноморско-атлантические виды.

2. Нарушение гидрологического режима моря на фоне вспышки численности вселенцев бентофагов вызвало резкое снижение количественного развития доминировавших ранее пресноводных и солоноватоводных элементов макрозообентоса, завершившееся выпадением ряда видов из фауны моря. Малочисленные до зарегулирования стока рек эвригалинные виды, наряду с эвригалинными акклиматизантами, получив благоприятные условия для развития, стали доминировать в макрозообентосе моря. К концу 70-х годов общая биомасса макрозообентоса достигла 184—196 г/м^2, что в 8.5 раз превышает среднюю многолетнюю до зарегулирования стока рек. Повышению биомассы макрозообентоса способствовало вселение гидробионтов, принадлежащих к другой трофической группе, чем обитавшие в Аральском море беспозвоночные, а в последующем — еще и сокращение численности рыб-бентофагов.

3. Сокращение стока рек и повышение солености воды привело к замене пресноводной и солоноватоводной фауны на морскую эвригалинную и галофильную материковых вод. В переходный период, когда представители ни одной из фаун не имели благоприятных условий для развития, усугублявшийся массовым развитием вселенных рыб-бентофагов, наблюдалась самая низкая биомасса макрозообентоса.

ЛИТЕРАТУРА

Андреев Н. И. Некоторые данные о влиянии осолонения воды на фауну беспозвоночных Аральского моря // Биологические основы рыбного хозяйства водоемов Средней Азии и Казахстана: Тез. докл. XVII конф. (Балхаш, 22—26 сент. 1981 г.).— Фрунзе: Илим, 1981.— С. 219—220.

Андреев Н. И., Андреева С. И. Некоторые закономерности изменения фауны беспозвоночных Аральского моря // Тез. докл. IV съезда Всесоюзн. гидробиол. о-ва (Киев, 1—4 дек. 1981 г.).— Киев: Наукова думка, 1981.— Ч. 1.— С. 50—51.

Андреева С. И. Зообентос Аральского моря // Биологические основы рыбного хозяйства водоемов Средней Азии и Казахстана: Матер. XVI конф.— Фрунзе: Илим, 1978.— С. 13—14.

Андреева С. И. Сукцессии донных биоценозов Аральского моря в условиях осолонения и акклиматизации беспозвоночных и рыб // Биологические основы рыбного хозяйства водоемов Средней Азии и Казахстана: Тез. докл. XVII конф. (Балхаш, 22—26 сент. 1981 г.).— Фрунзе: Илим, 1981.— С. 221—224.

Андреева С. И. Макробентофауна Аральского моря в современных условиях // Биологические основы рыбного хозяйства водоемов Средней Азии и Казахстана: Матер. XVIII конф. (Ташкент, 27—29 сент. 1983 г.).— Ташкент: Фан, 1983.— С. 48—49.

Андреева С. И. Моллюски рода *Caspiohydrobia* Starobogatov, 1970 (Gastropoda, Pyrgulidae) водоемов Казахстана // Моллюски. Результаты и перспективы их изучения: Автореф. докл. VIII Всесоюзн. совещ. по изуч. моллюсков (Ленинград, апрель 1987 г.).— Л.: Наука, 1987.— С. 178—180.

Андреева С. И., Андреев Н. И. Влияние осолонения на трофическую структуру бентоса // Круговорот вещества и энергии в водоемах: Матер. докл. VI Всесоюзн. лимнологического совещ. (Лиственичное на Байкале, 4—6 сент. 1985 г.).— Иркутск, 1985.— Вып. 1.— С. 6—7.

Андреева С. И., Андреев Н. И. Донные биоценозы Аральского моря при изменении его режима // Гидробиол. журн., 1987.— Т. 23.— № 5.— С. 81—86.

Атлас беспозвоночных Аральского моря / Под ред. Ф. Д. Мордухай-Болтовского и др.— М.: Пищевая промышленность, 1974.— 272 с.

Бенинг А. Л. Гидрологические и гидробиологические материалы к составлению промысловой карты Аральского моря // Тр. Аральского отд. ВНИРО, 1934.— Т. 3.— С. 183—205.

Бенинг А. Л. Материалы к составлению промысловой карты Аральского моря // Тр. Аральского отд. ВНИРО, 1935.— Т. 4.— С. 139—198.

Голиков А. Н., Старобогатов Я. И. Понто-каспийские брюхоногие моллюски в Азово-Черноморском бассейне // Зоол. журн., 1966.— Т. 45.— Вып. 3.— С. 352—362.

Деньгина Р. С. Бентос архипелага Карабайли Аральского моря // Тр. Лабор. озеровед. АН СССР, 1959.— Т. 8.— С. 234—255.

Жадин В. И. Моллюски пресных и солоноватых вод СССР // Определители по фауне СССР.— М.—Л.: Изд. Зоол. ин-та АН СССР, 1952.— Вып. 46.— 374 с.

Зенкевич Л. А. Биология морей СССР.— М.: Изд-во АН СССР, 1963.— 739 с.

Инструкция для сбора и обработки бентоса.— М.—Л., 1930.— 26 с.

Карпевич А. Ф. Теория и практика акклиматизации водных организмов.— М.: Пищевая промышленность, 1975.— 432 с.

Кортунова Т. А. Некоторые данные по акклиматизированным кормовым беспозвоночным Аральского моря // Тр. ВНИРО, 1970.— Т. 76.— С. 178—184.

Лим Р. М., Маркова Е. Л. Результаты вселения осетровых и камбалы-глоссы в Аральское море // Рыбное хозяйство, 1981.— № 9.— С. 25—26.

Логвиненко Б. М., Старобогатов Я. И. Тип моллюски. Mollusca // Атлас беспозвоночных Каспийского моря.— М.: Пищевая промышленность, 1968.— С. 308—385.

Маркова Е. Л. Видовой состав и учет урожайности молоди рыб в Аральском море // Тр. ВНИРО, 1967.— Т. 62.— С. 235—242.

Мейснер В. И. Микроскопические представители водной фауны Аральского моря и впадающих в него рек в связи с вопросом об условиях их распределения // Изв. Туркест. отд. русск. геогр. о-ва, 1908.— Т. 4.— С. 1—102.
Мордухай-Болтовской Ф. Д. Каспийская фауна в Азово-Черноморском бассейне.— М.—Л.: Изд-во АН СССР, 1960.— 286 с.
Мордухай-Болтовской Ф. Д. Состав и распределение каспийской фауны по современным данным // Тр. Всесоюзн. гидробиол. о-ва, 1978.— Т. 22.— С. 100—139.
Никольский Г. В., Фортунатов М. А. Ирригационное строительство и рыбное хозяйство Аральского моря // Материалы по ихтиофауне и режиму вод бассейна Аральского моря.— М., 1950.— С. 5—20.
Проскурина Е. С. Состояние и перспективы распространения акклиматизантов в Аральском море // Гидробиол. журн., 1979.— Т. 15.— № 3.— С. 37—41.
Старобогатов Я. И. Фауна моллюсков и зоогеографическое районирование континентальных водоемов.— Л.: Наука, 1970.— 371 с.
Старобогатов Я. И. Тип моллюски, Mollusca // Атлас беспозвоночных Аральского моря.— М.: Пищевая промышленность, 1974.— С. 237—257.
Старобогатов Я. И., Андреева С. И. Новые виды моллюсков семейства Pyrgulidae (Gastropoda, Pectinibranchia) из Аральского моря // Зоол. журн., 1981.— Т. 60.— Вып. 1.— С. 29—35.
Старобогатов Я. И., Иззатуллаев З. Новые виды солоноватоводных моллюсков семейства Pyrgylidae (Prosobranchia) из Таджикистана // Зоол. журн., 1974.— Т. 53.— Вып. 1.— С. 933—935.
Хусаинова Н. З. Биологические особенности массовых донных кормовых беспозвоночных Аральского моря.— Алма-Ата: Изд-во Казах. ун-та, 1958.— 116 с.
Хусаинова Н. З. Генезис донной фауны Аральского моря // Сборник работ по ихтиологии и гидробиологии.— Алма-Ата: Наука, 1959.— Вып. 2.— С. 3—33.
Хусаинова Н. З. Обзор исследований зообентоса Аральского моря // Сборник работ по ихтиологии и гидробиологии.— Алма-Ата: Наука, 1961.— Вып. 3.— С. 52—70.
Яблонская Е. А. Кормовая база рыб Аральского моря и ее использование // Тр. ВНИРО, 1960 а.— Т. 43.— Вып. 1.— С. 150—176.
Яблонская Е. А. Современное состояние зообентоса Аральского моря // Тр. ВНИРО, 1960 б.— Т. 43.— Вып. 1.— С. 115—149.
Яблонская Е. А. История изучения и состав фауны беспозвоночных Аральского моря // Атлас беспозвоночных Аральского моря.— М.: Пищевая промышленность, 1974.— С. 3—8.
Яблонская Е. А., Кортунова Т. А., Гаврилов Г. Б. Многолетние изменения бентоса Аральского моря // Тр. ВНИРО, 1973.— Т. 80.— С. 147—158.

Influence of predation on infaunal abundance in Upper Chesapeake Bay, USA / Holland A. F., Mountford N. K., Hiegel M. H., Kaumeyer K. R., Mihursky I. A. // Mar. Biol., 1980.— Vol. 57.— N 3.— P. 221—235.
Persson Lars-Eric. Were macrobenthis changes induced by thinning out of flatfish stocks in the Baltis proper? // Ophelia, 1981.— Vol. 20.— P. 137—152.

Summary

Disturbance of hydrological-hydrochemical regime of the Aral Sea and acclimatization of hydrobionts are lead to serious changes in species composition and quantitative distribution of macrozoobentos. In the initial period of the sea salinization (when crossing the salinity zone 12—14‰) the exchange of fresh and brackish water faunas to everyhaline fauna of the seas and halofyl fauna of the athalassic waters took place. The decrease of bentofag fish population and successful acclimatization of food-suitable everyhalive species Nereis diversicolor O. F. Müller and Abra ovata (Phil.) are lead to sharp increase of macrozoobentos biomass in 70's years.

ТРУДЫ ЗООЛОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА АН СССР, 1989, Т. 199
USSR ACADEMY OF SCIENCES
PROCEEDINGS OF THE ZOOLOGICAL INSTITUTE, LENINGRAD, 1989, VOL. 199

С. В. Котов

КОМПЛЕКСНАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА АРАЛЬСКОГО МОРЯ

S. V. Kotov. **Complex mathematical model of the Aral Sea hydrological regime**

Общеизвестно, что протекающие в водах Аральского моря биологические процессы существенным образом зависят от его гидрологического режима. Последний же является продуктом совокупного действия большого числа внешних и внутренних факторов, трудно поддающихся элиминации при анализе данных натурных измерений, объем которых, кстати сказать, на сегодняшний день для аральской акватории весьма ограничен (Косарев, 1975). Именно поэтому современные представления о специфике гидрологического режима Аральского моря все еще оставляют желать лучшего.

С учетом нынешнего уровня развития географической науки одним из самых перспективных путей по выходу из сложившейся в настоящее время ситуации в отношении изученности гидрологического режима Аральского моря является более широкое использование математического моделирования, для которого данные натурных измерений, имеющиеся по аральской акватории, могут рассматриваться только как реперные. Кроме того, математическое моделирование, учитывая уникальность экосистемы этого водоема, оказывается также единственно подходящим инструментом и при изучении возможных последствий различного рода антропогенного воздействия на внешние факторы, определяющие гидрологический режим всего Аральского моря или отдельных его районов.

Между тем, если исходить из анализа научной литературы, приходится с сожалением констатировать, что опыт применения математического моделирования к Аральскому морю до сих пор исчерпывается реализацией лишь нескольких частных моделей (Шкудова, Ковалев, 1969; Бортник, 1985), которые по своему назначению, в силу ряда причин (Доронин, Котов, 1987), не выходят за рамки исследовательских. Другими словами, с их помощью не представляется возможным добиться на длительном временном интервале (порядка года и более) приспособления внутреннего состояния аральских вод к внешним определяющим

факторам, т. е. воспроизвести собственно гидрологический режим Аральского моря во всем его многообразии.

Учитывая вышесказанное, настоящая работа преследует цель дать фрагментарное изложение постановочной части режимной комплексной математической модели, разработанной автором применительно к условиям аральской пелагиали.

По своей структуре предлагаемая комплексная математическая модель гидрологического режима Аральского моря состоит из 3 блоков: динамического, термогалинного и ледового. Ниже дается характеристика входящих в их состав основных уравнений геофизической гидротермодинамики.

Уравнения динамического блока

Для воспроизведения в годовом цикле крупномасштабной изменчивости горизонтальной циркуляции вод Аральского моря привлекаются стационарные уравнения движения экмановского типа, записанные ниже в приближении гидростатики для условий бароклинной жидкости:

$$-f \cdot V = -g\frac{\partial \xi}{\partial x} - \frac{g}{\varrho_0} \cdot \int_0^z \frac{\partial \varrho}{\partial x}\, dz + \frac{\partial}{\partial z} K \frac{\partial U}{\partial z}, \qquad (1)$$

$$f \cdot U = -g\frac{\partial \xi}{\partial y} - \frac{g}{\varrho_0} \cdot \int_0^z \frac{\partial \varrho}{\partial y}\, dz + \frac{\partial}{\partial z} K \frac{\partial V}{\partial z}, \qquad (2)$$

где x, y, z — оси декартовой системы координат, начало которой расположено на поверхности моря, а ось z направлена вертикально вниз; U, V — горизонтальные составляющие скорости течения вдоль осей координат x и y соответственно; f — параметр Кориолиса; g — ускорение свободного падения; ξ — отклонение уровня моря от среднего; ϱ, ϱ_0 — аномалия плотности и стандартная плотность аральских вод; K — коэффициент вертикального турбулентного обмена.

Правомочность использования этих уравнений подтверждается результатами предварительного анализа полных уравнений Рейнольдса, проведенного с помощью метода нормализации применительно к вышеуказанным масштабам пространственно-временной изменчивости (таблица). Так, значения безразмерных комплексов, представленные в таблице, убедительно свидетельствуют о том, что в пределах пелагиали Аральского моря, помимо геострофического баланса — из-за малых глубин и параметра Кориолиса, вертикальный обмен импульсом вносит также существенный вклад в процесс генерации горизонтальной циркуляции аральских вод. Вклад же эффектов горизонтального обмена и адвективного ускорения, как видно, на 2 порядка меньше, а следовательно отпадает целесообразность и их учета. В то же время вклад локального ускорения достаточно велик, что свидетель-

Числовые значения определяющих параметров и безразмерных комплексов

Параметры	Аральское море	
	Обозначения	Оценки (СГСМ)
1. Характерные масштабы:		
— времени	T_0	$1 \cdot 10^6$
— горизонтальной координаты	L_0	$2 \cdot 10^7$
— вертикальной координаты	H_0	$1 \cdot 10^3$
— аномалии плотности	$(\delta\varrho)_0$	$2 \cdot 10^{-3}$
— давления	P_0	$2 \cdot 10^3$
— уровня	ξ_0	$2 \cdot 10^0$
— горизонтальной скорости	U_0	$1 \cdot 10^0$
— вертикальной скорости	W_0	$1 \cdot 10^{-4}$
— параметра Кориолиса	f_0	$1 \cdot 10^{-4}$
— вертикального коэффициента турбулентного обмена	K_0	$1 \cdot 10^2$
— горизонтального коэффициента турбулентного обмена	μ_0	$1 \cdot 10^7$
2. Безразмерные параметры:		
— геометрический параметр	$m = H_0 \cdot L^{-1}$	$5 \cdot 10^{-5}$
— число Струхаля	$\mathrm{Sh} = L_0 \cdot (T_0 \cdot U_0)^{-1}$	$1 \cdot 10^1$
— число Кибеля	$\mathrm{Ki} = U_0 \cdot (f_0 \cdot L_0)^{-1}$	$1 \cdot 10^{-3}$
— число Эйлера	$\mathrm{Eu} = \varrho_0^2 \cdot U_0^2 \cdot K_0^{-1}$	$2 \cdot 10^{-3}$
— число Экмана для вертикального турбулентного обмена	$\mathrm{Ek}_к = f_0 \cdot H_0^2 \cdot K_0^{-1}$	$1 \cdot 10^0$
— число Экмана для горизонтального турбулентного обмена	$\mathrm{Ek}_\mu = f_0 \cdot L_0^2 \cdot \mu_0^{-1}$	$4 \cdot 10^3$
3. Безразмерные комплексы	$\mathrm{Sh} \cdot \mathrm{Ki}$	$1 \cdot 10^{-2}$
	$\mathrm{Ki} \cdot \mathrm{Eu}$	$5 \cdot 10^{-1}$
	$\mathrm{Ek}_к^{-1}$	$1 \cdot 10^0$
	Ek_μ^{-1}	$2 \cdot 10^{-4}$

ствует о необходимости учитывать в уравнениях движения нестационарный член. Однако в качестве первого приближения, помня, что Аральское море расположено в зоне устойчивых антициклонических воздушных переносов, представляется возможным этим членом также пренебречь.

В уравнениях движения (1) и (2) неизвестными величинами являются перекосы уровня и аномалия плотности. Для нахождения первых, согласно принятому в настоящее время подходу (Саркисян, 1977), используется вспомогательное уравнение завихренности, выраженное через интегральную функцию тока. Его вид таков:

$$\frac{f}{2aH}\nabla^2\Psi + \frac{f}{H}J(H, \Psi) + \beta_y\frac{\partial\Psi}{\partial x} - \beta_x\frac{\partial\Psi}{\partial y} = \frac{1}{\varrho_0}\mathrm{rot}_z\tau -$$

$$-\frac{g}{2aH\varrho_0}\int_0^H z \cdot \nabla^2\varrho\, dz - \frac{g}{H\varrho_0}\int_0^H z \cdot J(H, \varrho)\, dz, \qquad (3)$$

где Ψ — функция тока, такая что $M_x = -\partial\Psi/\partial y$, $M_y = \partial\Psi/\partial x$ (здесь M_x, M_y — составляющие полного потока вдоль осей коор-

динат x и y соответственно); $\alpha = \sqrt{f/2K_H}$; K_H — коэффициент турбулентного обмена в придонном слое трения; $\beta_x = \partial f/\partial x$; $\beta_y = \partial f/\partial y$; H — глубина моря; $\mathrm{rot}_z\tau$ — вихрь от касательного трения ветра на поверхности моря; ∇^2 — оператор Лапласа; J — оператор Якоби. Необходимо подчеркнуть, что уравнение (3) получено без использования условия $\beta_x = 0$. Это позволяет при расчетах произвольно ориентировать сеточную область (независимо от расположения меридианов) и добиваться лучшей аппроксимации рассматриваемой части акватории Аральского моря.

Итоговые выражения для определения перекосов уровня, с учетом введенного на основе соотношений Акерблома касательного напряжения трения у дна, выглядят так:

$$\frac{\partial\xi}{\partial x} = \frac{1}{g\varrho_0 H(2\alpha H-1)}\Big\{ f\varrho_0\Big[(2\alpha H-1)\frac{\partial\Psi}{\partial x}+\frac{\partial\Psi}{\partial y}\Big] - g\Big[(2\alpha H-1)\int_0^H\int_0^z\frac{\partial\varrho}{\partial x}d\eta\, dz+\int_0^H\int_0^z\frac{\partial\varrho}{\partial y}d\eta\, dz\Big] + [(2\alpha H-1)\tau_{0x}+\tau_{0y})\Big] + Hg\Big[\frac{(2\alpha H-1)^2}{(4\alpha^2H^2+1)}\int_0^H\frac{\partial\varrho}{\partial x}dz + \int_0^H\frac{\partial\varrho}{\partial y}dz\Big]\Big\}, \quad (4)$$

$$\frac{\partial\xi}{\partial y} = \frac{1}{g\varrho_0 H(2\alpha H-1)}\Big\{ f\varrho_0\Big[(2\alpha H-1)\frac{\partial\Psi}{\partial y}-\frac{\partial\Psi}{\partial x}\Big] - g\Big[(2\alpha H-1)\int_0^H\int_0^z\frac{\partial\varrho}{\partial y}d\eta\, dz-\int_0^H\int_0^z\frac{\partial\varrho}{\partial x}d\eta\, dz\Big] + \Big[(2\alpha H-1)\tau_{0y}-\tau_{0x}\Big] + Hg\Big[\frac{(2\alpha H-1)^2}{(4\alpha^2H^2+1)}\int_0^H\frac{\partial\varrho}{\partial y}dz - \int_0^H\frac{\partial\varrho}{\partial x}dz\Big]\Big\}, \quad (5)$$

где τ_{0x}, τ_{0y} — составляющие касательного напряжения трения ветра по осям координат x и y соответственно; η — переменная интегрирования.

Уравнение (3), устанавливающее связь между Ψ и возбуждающими ее факторами, было традиционно получено с учетом дополнительного граничного условия для вертикальной составляющей скорости течения ($W_H = 0$). Именно поэтому при определении значений W на различных глубинах в пределах аральской

пелагиали используется уравнение неразрывности в приближении Буссинеска, предварительно (с целью избежания переопределения нулевыми граничными условиями на дне и поверхности моря) продифференцированное по вертикали:

$$\frac{\partial^2 U}{\partial x\partial z}+\frac{\partial^2 V}{\partial y\partial z}+\frac{\partial^2 W}{\partial z^2}=0 \quad (6)$$

Что же касается значений аномалии плотности вод Аральского моря, необходимых для вычисления интегралов в уравнениях (1), (2), (3), (4) и (5), то они определяются из уравнения состояния, входящего в состав уравнений термогалинного блока модели.

Уравнения термогалинного блока

Поскольку по солености аральские воды за последние годы вплотную приблизились к океаническим (Гоптарев, Бортник, Шереметевская, 1985), то для определения ϱ привлекается уравнение состояния в форме, которая была предложена О. И. Мамаевым (1970):

$$\varrho = \{0{,}152 - [0{,}0735\cdot T + 0{,}00469\cdot T^2 - (0{,}802 - 0{,}002\cdot T)\cdot(S-35)]\}\cdot 10^{-3}, \quad (7)$$

где T, S — температура и соленость аральских вод, соответственно.

На указанных выше масштабах пространственно-временной изменчивости вполне справедливо допущение о более медленном по сравнению с циркуляцией аральских вод изменении поля аномалий плотности в Аральском море. В этой связи для нахождения значений T и S, фигурирующих в уравнении (7), используются уже нестационарные уравнения турбулентной диффузии тепла и соли вида:

$$\frac{\partial T}{\partial t}+U\frac{\partial T}{\partial x}+V\frac{\partial T}{\partial y}+W\frac{\partial T}{\partial z}=\frac{\partial}{\partial z}K\frac{\partial T}{\partial z}+\mu\cdot\nabla^2 T, \quad (8)$$

$$\frac{\partial S}{\partial t}+U\frac{\partial S}{\partial x}+V\frac{\partial S}{\partial y}+W\frac{\partial S}{\partial z}=\frac{\partial}{\partial z}K\frac{\partial S}{\partial z}+\mu\cdot\nabla^2 S, \quad (9)$$

где μ — коэффициент горизонтального турбулентного обмена.

Известно (Косарев, 1975), что характерными структурными элементами водной толщи Аральского моря являются верхний квазиоднородный слой (*ВКС*) и нижний стратифицированный слой воды. Наиболее заметна эта двухслойность проявляется на протяжении теплого времени года в пределах западной глубоководной части акватории Аральского моря. С учетом этого коэффициент вертикального турбулентного обмена, входящий в урав-

нения (8) и (9), задается при расчетах меняющимся скачкообразно на нижней границе *ВКС*:

$$K = \begin{cases} K_1, & (z \leqslant h) \\ K_2, & (z > h), \end{cases} \tag{10}$$

где h — толщина *ВКС*. Последняя определяется из условий вида:

$$h: \begin{cases} \dfrac{\frac{g}{\varrho_0}\frac{\partial \varrho}{\partial z}}{\left[\left(\frac{\partial U}{\partial z}\right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial z}\right)^2\right] \Big/_{z \to h+0}} = \mathrm{Ri} \leqslant 0{,}25, \\ \varrho/_{z \to h+0} > \varrho/_{z \to h-0}, \end{cases} \tag{11}$$

согласно которым считается, что при устойчивой плотностной стратификации вод Аральского моря нижняя граница *ВКС* совпадает с глубиной, где число Ричардсона возрастает до 0,25; при конвективном перемешивании за нижнюю границу *ВКС* берется глубина, ниже которой происходит переход к устойчивой стратификации аральских вод. При этом вертикальный сдвиг скорости ниже *ВКС* находится из соотношения, полученного из предварительно решенной системы уравнений Экмана с двухслойным распределением K. Оно выглядит так:

$$\left[\left(\frac{\partial U}{\partial z}\right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial z}\right)^2\right] \Big/_{z \to h+0} = \frac{4 \cdot \alpha_2^2 \cdot |\tau|^2 \cdot e^{-2\alpha_1 h}}{\varrho_0^2 \cdot K_1^2 \cdot \alpha_1^2 \cdot (1-\gamma)^2}, \tag{12}$$

где

$$\alpha_1 = \sqrt{f/2K_1}; \ \alpha_2 = \sqrt{f/2K_2}; \ \gamma = -(\alpha_2 K_2/\alpha_1 K_1); \ |\tau|^2 = \tau_{0x}^2 + \tau_{0y}^2.$$

Вышеприведенные уравнения из состава динамического и термогалинного блоков модели в своей совокупности образуют замкнутую систему, однако вычисления на ее основе справедливы только для периодов года, когда значения поверхностной температуры аральских вод выше температуры замерзания. Значение последней находится посредством общеизвестного (см., например, Доронин, Хейсин, 1975) уравнения:

$$\Theta = 10^{-2} \cdot (0{,}3 + 5{,}27 \cdot S + 4 \cdot 10^{-3} \cdot S^2 + 4 \cdot 10^{-5} \cdot S^3), \tag{13}$$

где Θ — температура замерзания. Момент достижения этой температуры в рамках модели фиксируется как дата начала на Аральском море процессов ледообразования. Для вывода внутреннего гидрологического состояния аральских вод на установившийся в конце годового цикла расчетов режим (т. е. с целью удовлетворения известным законам сохранения) необходимо далее привлекать ряд дополнительных уравнений — уравнений ледового блока модели.

Уравнения ледового блока

Как известно (Косарев, 1975), ледяной покров на Аральском море не является многолетним. Он сравнительно тонок и, следовательно, его скорости достаточно быстро (примерно через 4—6 часов после начала действия возбуждающей силы) должны выходить на стационарный режим (Доронин, Хейсин, 1975). Именно поэтому для воспроизведения динамики ледяного покрова на Аральском море (применительно к указанным ранее масштабам пространственно-временной изменчивости) используются стационарные уравнения дрейфа льда в приближении вязкой сжимаемой жидкости:

$$f \cdot \varrho_л \cdot V_л \cdot h_л = \tau_{0x} + \tau_{hx} - h_л \frac{\partial P}{\partial x}, \tag{14}$$

$$f \cdot \varrho_л \cdot U_л \cdot h_л = \tau_{0y} + \tau_{hy} - h_л \frac{\partial P}{\partial y}, \tag{15}$$

где $\varrho_л$, h — плотность и толщина льда; $U_л$, $V_л$, τ_{hx}, τ_{hy} — составляющие скорости дрейфа льда и касательного напряжения трения на нижней границе ледяного покрова, соответственно вдоль осей координат x и y; P — давление ледяного сжатия. При этом необходимо отметить, что члены, учитывающие в уравнениях (14) и (15) давление ледяного сжатия, при расчетах определяются не через общепринятые априорные зависимости между напряжениями во льду и характеристиками его деформаций (Доронин, Хейсин, 1975), а из вспомогательного уравнения, полученного применительно к сплошному ледяному покрову с учетом процессов торошения (Котов, Царев, 1985):

$$P: \begin{cases} 0, \ (\text{при } N < 1) & (16) \\ h_л \cdot \Delta^2 P = \left(\frac{\partial \tau_{0x}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{0y}}{\partial y}\right) + \\ + 0{,}5 \cdot \varrho_0 \sqrt{fK_1} \cdot \left(\frac{\partial U_0}{\partial x} + \frac{\partial V_0}{\partial y}\right) + \\ + b \cdot (P - P_0) \cdot \chi \cdot (P - P_0), \ (\text{при } N = 1) & (17) \end{cases}$$

где U_0, V_0 — составляющие скорости поверхностного градиента течения; b — эмпирическая постоянная; P_0 — некоторое критическое давление ледяного сжатия, после которого происходит торошение льда (величина $P_0 \sim b_1 h_л$, здесь b_1 — эмпирическая постоянная); χ — функция Хевисайда; N — сплоченность ледяного покрова.

Для нахождения значений $h_л$ и N, фигурирующих в уравнениях (14) и (15), с учетом того, что в рамках модели описание динамики ледяного покрова осуществляется с масштабом пространственного осреднения существенно большим размера отдельных льдин, используются следующие уравнения:

$$\frac{\partial h_л}{\partial t} = -\left[\frac{\partial(h_л U_л)}{\partial x} + \frac{\partial(h_л V_л)}{\partial y}\right] + f_h, \tag{18}$$

$$\frac{\partial N}{\partial z} = -\left[\frac{\partial(N U_л)}{\partial x} + \frac{\partial(N V_л)}{\partial y}\right] + f_N, \tag{19}$$

где $f_{h_л}$, f_N — локальные источники изменения толщины и сплоченности ледяного покрова за счет термических факторов, соответственно. Их значения определяются из упрощенных уравнений теплового баланса ледяного покрова (Доронин, Хейсин, 1975). Например, при нарастании ледяного покрова (период с отрицательными значениями температуры воздуха):

$$f_{h_л} = \frac{\lambda_л \cdot (\Theta - T_а)}{L_л \cdot \varrho_л \cdot h_л [1 - (h_c \lambda_л)/(h_л \lambda_c)]}, \quad f_N = 0,$$

а при его таянии (период с положительными значениями температуры воздуха):

$$f_h = \frac{(1 - A_л) \cdot Q + F_э}{L_л \cdot \varrho_л}, \quad f_N = \frac{(1 - N) \cdot [(1 - A_в) \cdot Q + F_э]}{L_л \cdot \varrho_л \cdot h_л},$$

где $\lambda_л$, $Z_л$, $A_л$ — теплопроводность, теплота плавления (кристаллизации) и альбедо льда; h_c, λ_c — толщина и теплопроводность снежного покрова на льду; Q, $F_э$ — коротковолновая радиация и эффективное излучение; $A_в$ — альбедо водной поверхности; $T_а$ — температура воздуха в приводном слое над морем. Здесь же необходимо подчеркнуть, что из-за отсутствия в настоящее время надежных данных по Аральскому морю о толщине и теплопроводности снежного покрова при расчетах полагается $h_c = 0{,}1 \cdot h_л$ и $\lambda_c = 0{,}1 \cdot \lambda_л$.

Итак, уравнения (1)—(19) из состава динамического, термогалинного и ледового блоков модели замкнуты. Их решение осуществляется при следующих граничных условиях: на поверхности моря задаются потоки тепла, влаги и количества движения, выраженные через стандартные метеорологические характеристики; на дне и берегах моря принимается отсутствие через них потоков тепла, соли и льда. Математически это записывается так:

— на поверхности моря, при $z = 0$

$$\frac{\partial U}{\partial z} = -\frac{\tau_{0x}}{\varrho_0 \cdot K_1}; \quad \frac{\partial V}{\partial z} = -\frac{\tau_{0x}}{\varrho_0 \cdot K_1}, \quad (h = 0) \tag{20}$$

$$\begin{cases} \tau_{hx} = 0.5 \cdot \varrho_0 \cdot \sqrt{f \cdot K_1} \cdot (U_0 - U_л), \\ \tau_{hy} = 0.5 \cdot \varrho_0 \cdot \sqrt{f \cdot K_1} \cdot (V_0 - V_л), \end{cases} \quad (h_л > 0) \tag{21}$$

$$W_0 = 0, \tag{22}$$

$$\begin{cases} \dfrac{\partial T}{\partial z} = \dfrac{1}{c\varrho_0 \cdot K_1} \cdot [Б + D_а \cdot W_п \cdot (T_а - T_0 - LE], \quad (h_л > 0) & (23) \\ T_0 = \Theta \quad (h_л = 0) & (24) \end{cases}$$

$$\begin{cases} \dfrac{\partial S}{\partial z} = -\dfrac{S_0}{K_1} \cdot (Е - О), \quad (h_л > 0) & (25) \\ \dfrac{\partial S}{\partial z} = -\dfrac{S_0}{K_1} \cdot \dfrac{\partial h}{\partial t}, \quad (h_л = 0) & (26) \end{cases}$$

где Б — радиационный баланс морской поверхности; Да — число Дальтона; $W_а$ — скорость ветра; LE — поток тепла за счет испарения при $T_а = T_0$ (Е — О) — поток солей за счет разницы испарения и осадков на поверхности моря; ($c\varrho_0$) — объемная теплоемкость воздуха.

— на дне моря, при $z = H$

$$U_H = V_H = 0, \tag{27}$$

$$W_H = 0, \tag{28}$$

$$\frac{\partial T}{\partial z} = \frac{\partial S}{\partial z} = 0, \tag{29}$$

— на береговом контуре моря

$$U = V = 0, \tag{30}$$

$$\Psi = \text{const}, \tag{31}$$

$$\frac{\partial T}{\partial n} = \frac{\partial S}{\partial n} = 0, \tag{32}$$

$$h_л = 0, \ N = 0, \ P = 0, \ (n \cdot \vec{V}_л > 0) \tag{33}$$

$$\begin{cases} \dfrac{\partial h_л}{\partial n} = \dfrac{\partial N}{\partial n} = 0, \\ h_л \dfrac{\partial P}{\partial n} = (n \cdot \vec{\tau}) + 0.5 \cdot \varrho_0 \sqrt{f K_1} \cdot (n \vec{V}_0), \ (n \cdot \vec{V}_л \leqslant 0) \end{cases} \tag{34}$$

где n — направление внутренней нормали к береговому контуру моря; $\vec{\tau}$ — вектор касательного напряжения трения ветра; $\vec{V}_0$ —

вектор скорости поверхностного градиентного течения; $\vec{V}_л$ — вектор скорости дрейфа льда.

Так как Аральское море это внутренний водоем, для которого на протяжении последних лет характерно отсутствие в его водном пресном балансе речного стока (Гоптарев, Бортник, Шереметевская, 1985), то жидких границ сейчас здесь не имеется, поэтому при расчетах полагается, чтобы const = 0. Однако при рассмотрении ряда экологических задач (Котов, Арипов, наст. сб.) зачастую возникает необходимость в задании граничных условий в районах, приуроченных к местам гипотетического впадения рек. В этом случае const полагается по величине, равной речному расходу и, кроме того, учитывается тепловой сток рек и их опресняющее влияние за счет привлечения уравнений баланса массы тепла и солей:

$$\begin{cases} q_р T + \mu \dfrac{\partial T}{\partial n} \Pi = q_р \cdot T_р, \\ q_р S + \mu \dfrac{\partial S}{\partial n} \Pi = q_р \cdot S_р = 0, \end{cases} \qquad (35)$$

где $q_р$ — расход реки; $T_р$ — температура воды в реке; П —площадь поперечного сечения границы с речным эстуарием; T, S — значения температуры и солености на границе с речным эстуарием (искомые величины).

Таким образом, являющаяся основой предлагаемой модели система из уравнений геофизической гидротермодинамики (1)—(19) с граничными условиями (20)—(34), после задания соответствующих начальных условий (Котов, Арипов, наст. сб.), позволяет в достаточно полном объеме воспроизводить основные закономерности внутригодовой изменчивости крупномасштабных полей характеристик динамического и термогалинного режимов, а также характеристик состояния ледяного покрова, формирующихся в пределах пелагиали Аральского моря. О качестве получаемых при этом результатов численных расчетов весьма подробно изложено в работах С. В. Котова и С. Л. Арипова (1987; наст. сб.).

В заключение необходимо подчернуть следующее обстоятельство. Уровень Аральского моря в среднем от года к году снижается (Косарев, 1975; Гоптарев, Бортник, Шереметевская, 1985). Данный процесс, к сожалению, не отражен в рамках постановочной части изложенной выше режимной комплексной математической модели, поскольку уравнения динамического блока там были составлены с использованием условия «твердой крышки». Чтобы как-то обойти это ограничение, в качестве первого приближения для оценки среднегодовой величины снижения уровня Аральского моря ($\Delta\xi$) привлекались данные о годовой изменчивости солезапаса его вод (Q_S), получаемые в процессе расчета (см., например, Котов, Арипов, наст. сб.). По ним находилось среднегодовое значение солености ($\overline{S}$), и далее, используя оценки перспективных изменений $\overline{S}$, площади (П) и уровня (ξ) Аральского моря, заимствованные из работы А. Б. Заклинского (1972), определялось программным образом соответствующее изменение параметров аппроксимационного сеточного контура.

ЛИТЕРАТУРА

Бортник В. Н. Численное исследование циркуляции вод в Аральском море.— М.: Изд-во ВЦ АН СССР, 1985.— 35 с.

Гоптарев Н. П., Бортник В. Н., Шереметевская О. И. О методе долгосрочного прогноза среднегодовой солености Аральского моря // Труды ГОИН, 1985.— Вып. 163.— С. 4—8.

Доронин Ю. П., Хейсин Д. Е. Морской лед.— Л.: Гидрометеоиздат, 1975.— 320 с.

Доронин Ю. П., Котов С. В. Моделирование гидрологических процессов шельфового моря в хозяйственных целях // Сб. «Вопросы эффективности гидрологических исследований в целях интенсификации народного хозяйства», 1987.— Вып. 96.— С. 40—46.

Косарев А. И. Гидрология Аральского и Каспийского морей.— М.:Изд-во МГУ, 1975.— 272 с.

Котов С. В., Царев В. А. Комплексная исследовательская модель гидрологического режима Белого моря // Тез. докл. I Регион. конф. «Проблемы изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря» (Архангельск, 20—24 октября 1985 г.).— Архангельск, 1985.— С. 41—42.

Котов С. В., Арипов С. Л. Анализ результатов моделирования внутригодовой изменчивости элементов гидрологического режима Аральского моря // Тез. докл. III Всесоюзн. конф. по географии океана «Географические и экономические проблемы изучения и освоения южных морей СССР» (Нальчик, 26—30 мая 1987 г.).— Ленинград, 1987.— С. 93—94.

Мамаев О. И. *TS*-анализ вод Мирового океана.— Л.: Гидрометеоиздат, 1970.— 364 с.

Шкудова Г. Я., Ковалев Н. П. Опыт применения гидродинамической стационарной модели для расчета течений в мелком море // Метеорология и гидрология, 1969.— № 10.— С. 76—86.

Саркисян А. С. Численный анализ и прогноз морских течений.— Л.: Гидрометеоиздат, 1977.— 182 с.

Заклинский А. Б. и др. Аральское море // Труды ГОИН, 1972.— Вып. 108.— С. 167—219.

Summary

The formulation portion of a complex mathematical model is presented in fragments reproducing seasonal changes of interconnected hydrological fields originated from within the Aral sea.

ТРУДЫ ЗООЛОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА АН СССР, 1989, Т. 199
USSR ACADEMY OF SCIENCES
PROCEEDINGS OF THE ZOOLOGICAL INSTITUTE, LENINGRAD, 1989, VOL. 199

С. В. Котов, С. Л. Арипов

ЧИСЛЕННЫЕ ОЦЕНКИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ НЕКОТОРЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА АРАЛЬСКОГО МОРЯ

S. V. Kotov, S. L. Aripov. **Numerical estimation of long-term changes in some features of the Aral Sea regime**

Существенное уменьшение притока речных вод к Аральскому морю за счет увеличения масштабов безвозвратного водопотребления в бассейнах Амударьи и Сырдарьи, а также естественная маловодность двух последних десятилетий текущего столетия привели к нарушению пресного водного баланса этого водоема (таблица). В итоге его уровень начал катастрофически снижаться, что, как известно (Бортник, 1983), вызвало значительные изменения в гидрологическом режиме Аральского моря. Нежелательный характер этих изменений, если учесть что на протяжении ближайших 15—20 лет интенсивность снижения уровня моря, видимо, останется прежней (порядка 0.5—0.8 м/год), делает необходимым получение оценок их развития в будущем. Это, собственно говоря, и являлось основной задачей настоящей работы.

Настоящая работа — продолжение предыдущей публикации авторов, в которой речь шла о численном эксперименте по воспроизведению внутригодовой изменчивости современного гидрологического состояния вод Аральского моря (Котов, Арипов, 1987). Представляется целесообразным еще раз коротко напомнить об этом численном эксперименте.

Он был проведен на базе разработанной применительно к условиям пелагиали Аральского моря комплексной математической модели сезонных гидрологических процессов (Котов, наст. сб.). Реализация последней осуществлялась на примере конкретного 1985 г., для которого характерным являлось полное зарегулирование речного стока и тяготение среднего уровня моря к отметке 41.9 м абс. Учитывая морфометрические параметры Аральского моря при этой отметке, пелагическая часть его акватории была аппроксимирована прямоугольной сеткой с шагами по горизонтали 10×18 км; по вертикальной координате были выбраны 13 горизонтов (0; 0.5; 1.0; 1.5; 2.0; 3.0; 4.0; 6.0; 10.0; 15.0; 20.0 и 30.0 м) также с неравномерными шагами между ними. Глубины, задаваемые в узлах сетки, снимались с навигационной карты, затем проводилось осреднение согласно методике, изложенной в работе А. С. Саркисяна (1977).

Средние значения пресного водного баланса Аральского моря по отдельным периодам и за 1985 г. (км^3/год)

Период, годы	Приход		Расход	Пресный водный баланс
	речной сток	осадки	испарение	
до 1960	59.0	9.2	—66.0	2.2
1961—80	30.0	7.1	—59.7	—22.6
1985	—	3.1	—68.5	—65.4

За начальное условие в расчетах принималось состояние покоя в отношении динамики аральских вод, а также задавались трехмерные поля температуры и солености, характеризующие особенности термогалинной структуры водной толщи Аральского моря (в пределах пелагической части акватории) в предвесенний период 1985 г. Условия на боковых границах, дне моря и его поверхности задавались в общепринятой форме (Саркисян, 1977; Котов, наст. сб.). Необходимо лишь подчеркнуть, что для составления граничных условий на морской поверхности значения соответствующих метеорологических характеристик, заданных по ряду береговых ГМС на каждую декаду 1985 г., в процессе вычислений интерполировались во внутренние узлы сетки по методу «средневзвешенных со степенными весами» (Котов, Дианов, 1987). Важным моментом при этом являлось также и использование процедуры расчета обменных потоков через морскую поверхность с учетом трансформации характеристик воздушных масс на границах раздела суша—море в зависимости от повторяемости ветров над рассматриваемой частью аральской акватории в течение 1985 г.

Пренебрегая сезонной изменчивостью уровня Аральского моря на протяжении 1985 г., интегрирование уравнений, лежащих в основе вышеуказанной математической модели, было проведено с шагом по времени равным 10 суткам на период в 5 модельных лет. Такая продолжительность расчетного периода оказалась вполне достаточна для приспособления внутреннего гидрологического состояния аральских вод к заданным на границах внешним воздействиям. Контроль за этим осуществлялся по выходу средней для объема пелагиали Аральского моря кинетической энергии на установившийся (в статистическом, конечно же, смысле) режим.

Итогом выполненного численного эксперимента был рассчитанный для условий 1985 г. по различным глубинам в пределах аральской пелагиали сглаженный ход полей гидрологических характеристик, например, температуры, солености, скоростей течений (горизонтальные и вертикальные компоненты); вычислены были также сроки образования ледяного покрова, изменение

его толщины, движение и таяние. Сопоставление результатов расчетов с имевшимися по 1985 г. обобщенными данными инструментальных наблюдений показало практически полное их соответствие друг с другом. Это явилось основанием к использованию полученных по 1985 г. результатов расчетов для задания того начального фона, на котором в рамках настоящей работы был проведен численный эксперимент по выявлению последствий антропогенного вмешательства в пресный водный баланс Аральского моря.

Из-за отсутствия на сегодняшний день качественных сверхдолгосрочных прогнозов погоды этот численный эксперимент проводился с учетом допущения о том, что характерные для 1985 г. метеоусловия в районе Аральского моря сохранятся неизменными вплоть до 2000 г. Основное внимание в процессе его выполнения было сосредоточено на следующих вопросах.

— какой необходим минимальный приток коллекторно-дренажных возвратных вод через реки к Аральскому морю, чтобы уровень последнего стабилизировался на отметке 41.9 м абс. (положение среднего уровня в 1985 г.)?

— до какой отметки снизится уровень моря по сравнению с его положением на 1985 г., если исходить из реально возможного сейчас объема коллекторно-дренажных вод, который может быть возвращен в Аральское море?

С целью получения ответов на данные вопросы по ходу численного эксперимента на гипотетических жидких границах аппроксимирующей аральскую пелагиаль сетки, которые располагались в районах бывших устьевых участков рек, для каждого временного шага были заданы притоки тепла и распреснения, эквивалентные определенному притоку коллекторно-дренажных возвратных вод. Распределение последнего внутри года при этом задавалось пропорционально интегральному испарению с морской поверхности рассматриваемой пелагической части акватории (причем 75% его величины отводилось на Амударью и только 25% — на Сырдарью). Учитывая, что из гидрологических характеристик наиболее остро реагирующей на изменения пресного водного баланса Аральского моря является соленость вод (Доронин, 1986), в качестве критерия, определяющего процесс стабилизации уровня моря, был выбран интегральный по объему аральской пелагиали солезапас (Q_s). Его значения на каждом временном шаге вычислялись по следующей формуле:

$$Q_s = \varrho \iint_{\Pi} \left(\int_0^H S\,dz \right) d\Pi,$$

где П — площадь пелагической части акватории Аральского моря на данном расчетном горизонте; H — глубина; ϱ, S — значения плотности и солености воды в узлах расчетной сетки.

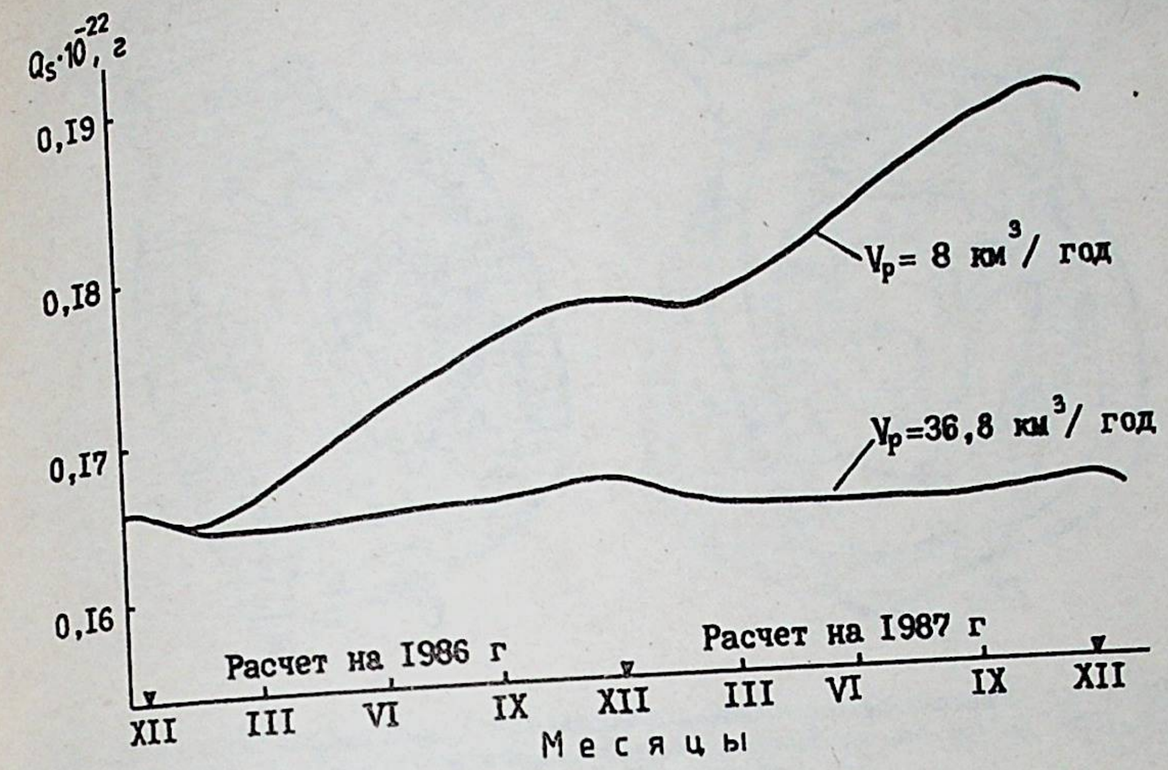


Рис. 1. Изменение значений интегрального по объему пелагиали Аральского моря солезапаса, рассчитанное на перспективу при дотациях коллекторно-дренажных возвратных вод в объемах 8—36,8 км³/год

Уровень моря считался стабилизированным при выходе значений Q_s в расчетном году на установившийся режим. В противном случае после замыкания очередного годового цикла расчетов вычислялось изменение среднего уровня моря (Котов, наст. сб.) и одновременно с этим определялись (программным образом) новые контуры сетки. Затем осуществлялся переход к следующему годовому циклу расчетов, и так до тех пор, пока не происходил выход значений Q_s на установившийся режим.

Результаты расчетов значений Q_s при различных объемах коллекторно-дренажных вод, которые в процессе вычислений подавались к Аральскому морю, представлены на рис. 1. Из анализа этого рисунка следует, что стабилизация среднего уровня моря на отметке 41.9 м абс. может быть достигнута уже в ближайшие 2 года (1986—1987 гг.) при условии притока коллекторно-дренажных возвратных вод объемом не менее 36.8 км³/год. В случае же когда объем притока коллекторно-дренажных возвратных вод составляет 8 км³/год, что является наиболее реальным на сегодняшний день даже при самой жесткой водосберегающей политике (Герасимов и др., 1983), выход значений Q_s на установившийся режим наступает гораздо позже, согласно расчетам — примерно в 1994—1995 гг., когда средний уровень Аральского моря снижается до отметки 35.5 м абс., т. е. почти на 7 м ниже его

7 Заказ 1044

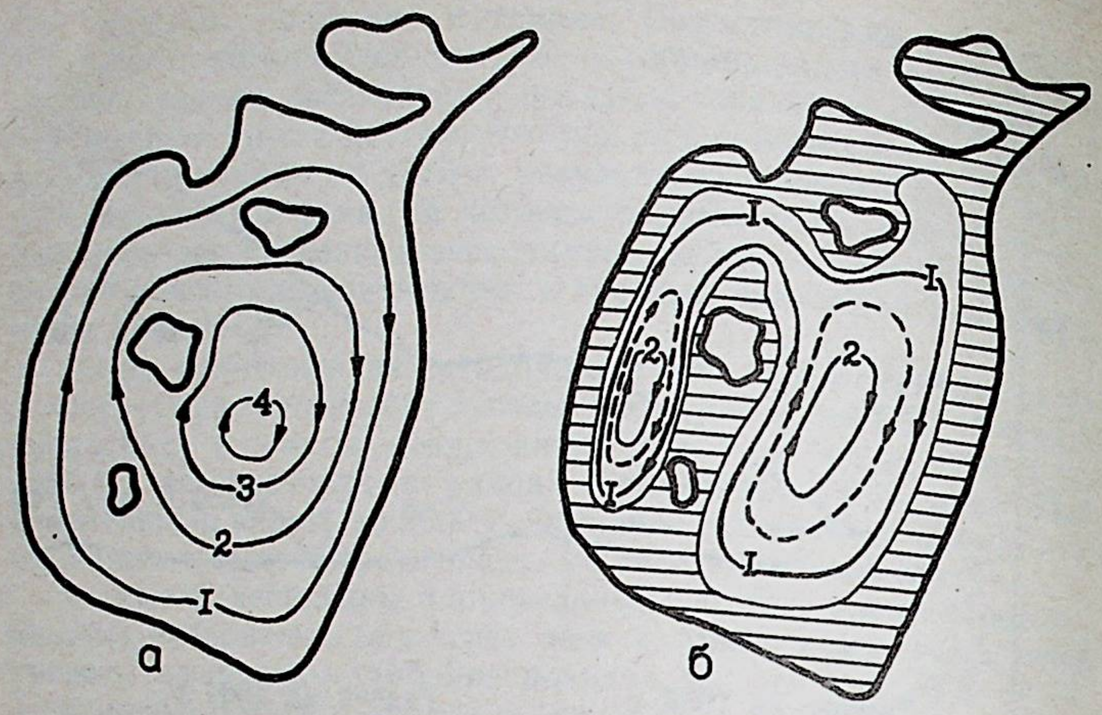


Рис. 2. Рассчитанные поля интегральной циркуляции аральских вод ($\Psi \cdot 10^{-10}$ см^3/с) при стабилизации уровня моря на отметках 41.9 м абс. (*а*) и 35.5 м абс. (*б*). Первая декада ноября.

Заштрихована зона осушки

положения в 1985 г. Это привело к существенным изменениям не только морфометрии рассматриваемой части акватории Аральского моря, но и гидрологического режима его вод (рис. 2—4). Из-за ограниченности места в качестве примера на данных рисунках представлены рассчитанные для осеннего сезона (на I декаду ноября) при различных отметках среднего уровня моря поля лишь некоторых гидрологических характеристик, которые, как известно (Бортник, 1983; Герасимов и др., 1983), наиболее важны в биологическом отношении, а именно интегральной циркуляции, поверхностных значений температуры и солености аральских вод. Остановимся на их анализе несколько подробнее.

Начнем с полей интегральной циркуляции аральских вод. Падение среднего уровня моря до отметки 35.5 м абс., как видно из рис. 2, выразилось в следующем:

— во первых, на фоне общего для Аральского моря антициклонического круговорота отчетливо стали прослеживаться два меньших по размерам антициклонических вихря, территориально приуроченных к так называемым Западному и Восточному Аралу;

— во-вторых, почти в 2 раза уменьшилась интенсивность интегральной циркуляции по сравнению с той, которая была при расположении среднего уровня Аральского моря на отметке 41.9 м абс.

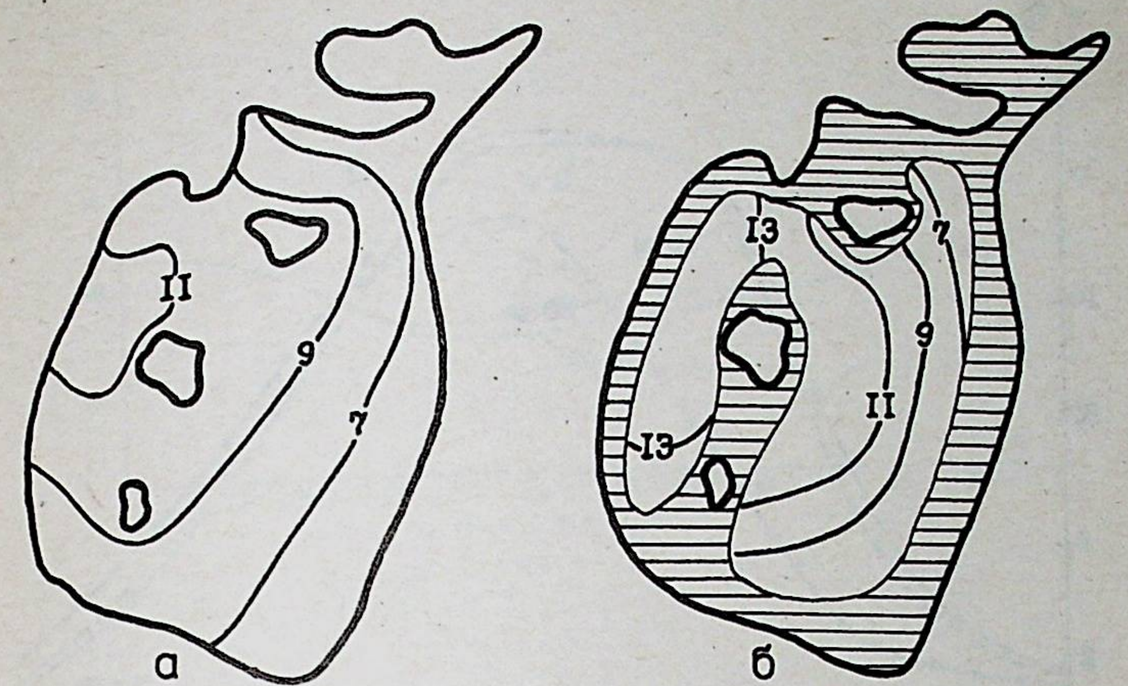


Рис. 3. Рассчитанные поля поверхностных значений температуры аральских вод (T, °C) при стабилизации уровня моря на отметках 41.9 м абс. (*а*) и 35.5 м абс (*б*). Первая декада ноября.

Заштрихована зона осушки

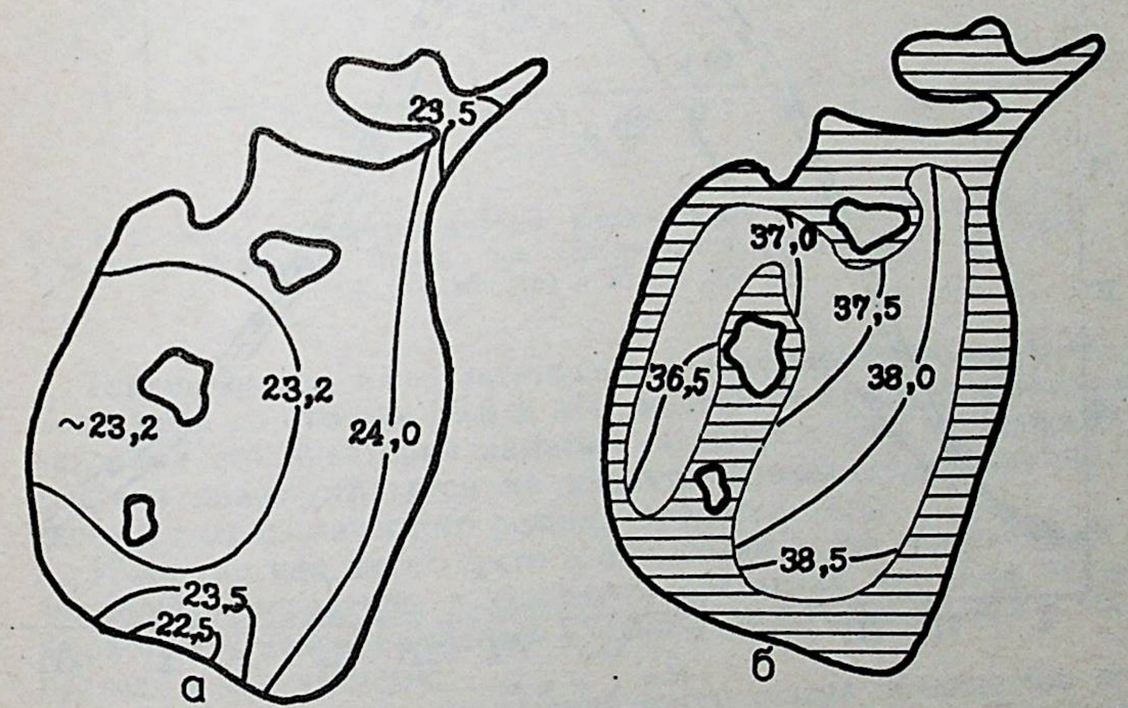


Рис. 4. Рассчитанные поля поверхностных значений солености аральских вод (*S*, ‰) при стабилизации уровня моря на отметках 41.9 м абс. (*а*) и 35.5 м абс. (*б*). Первая декада ноября.

Заштрихована зона осушки

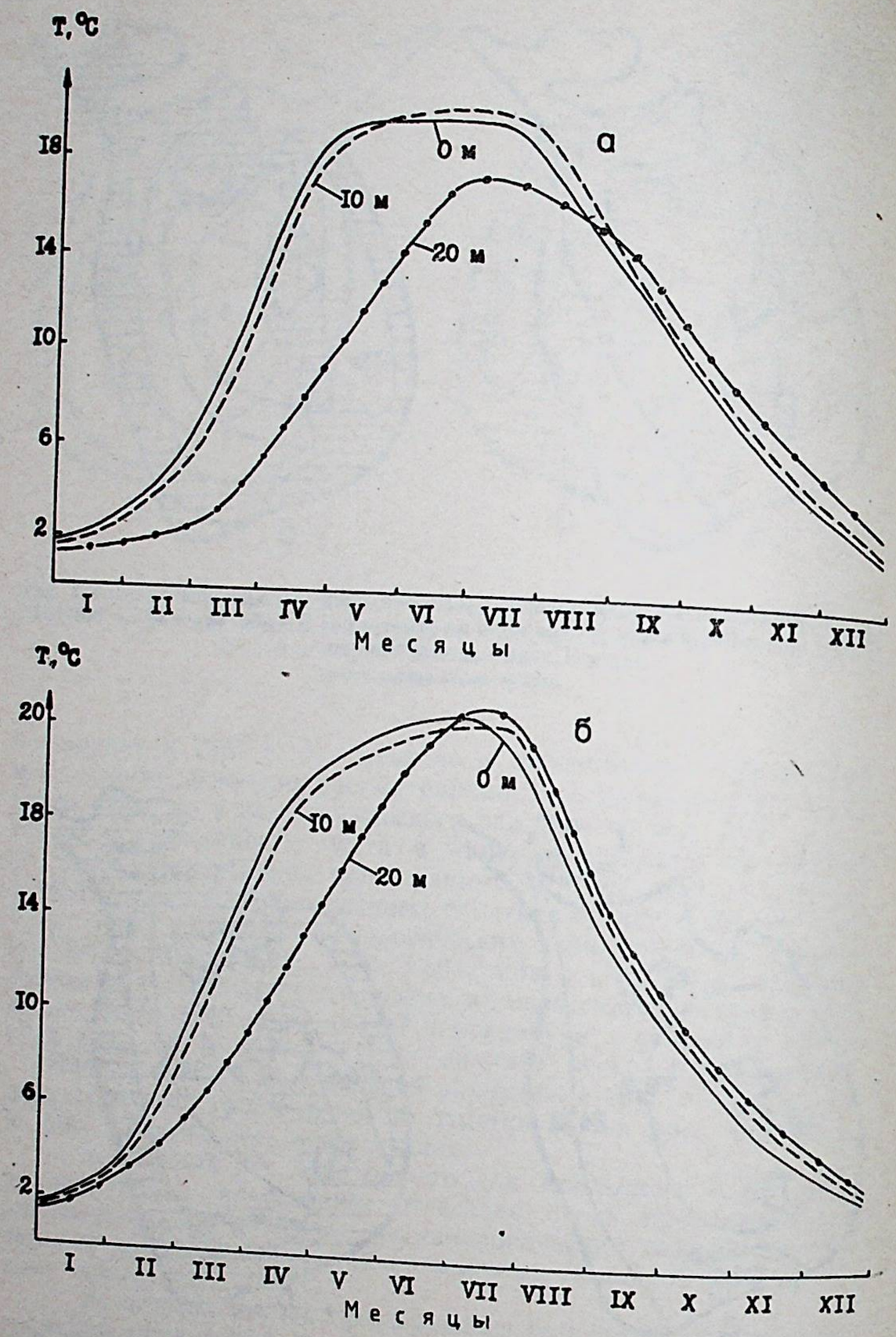


Рис. 5. Годовой ход температуры воды, рассчитанный на различных горизонтах в пределах Западного Арала, при стабилизации уровня моря на отметках 41.9 м абс. (*а*) и 35.5 м абс. (*б*)

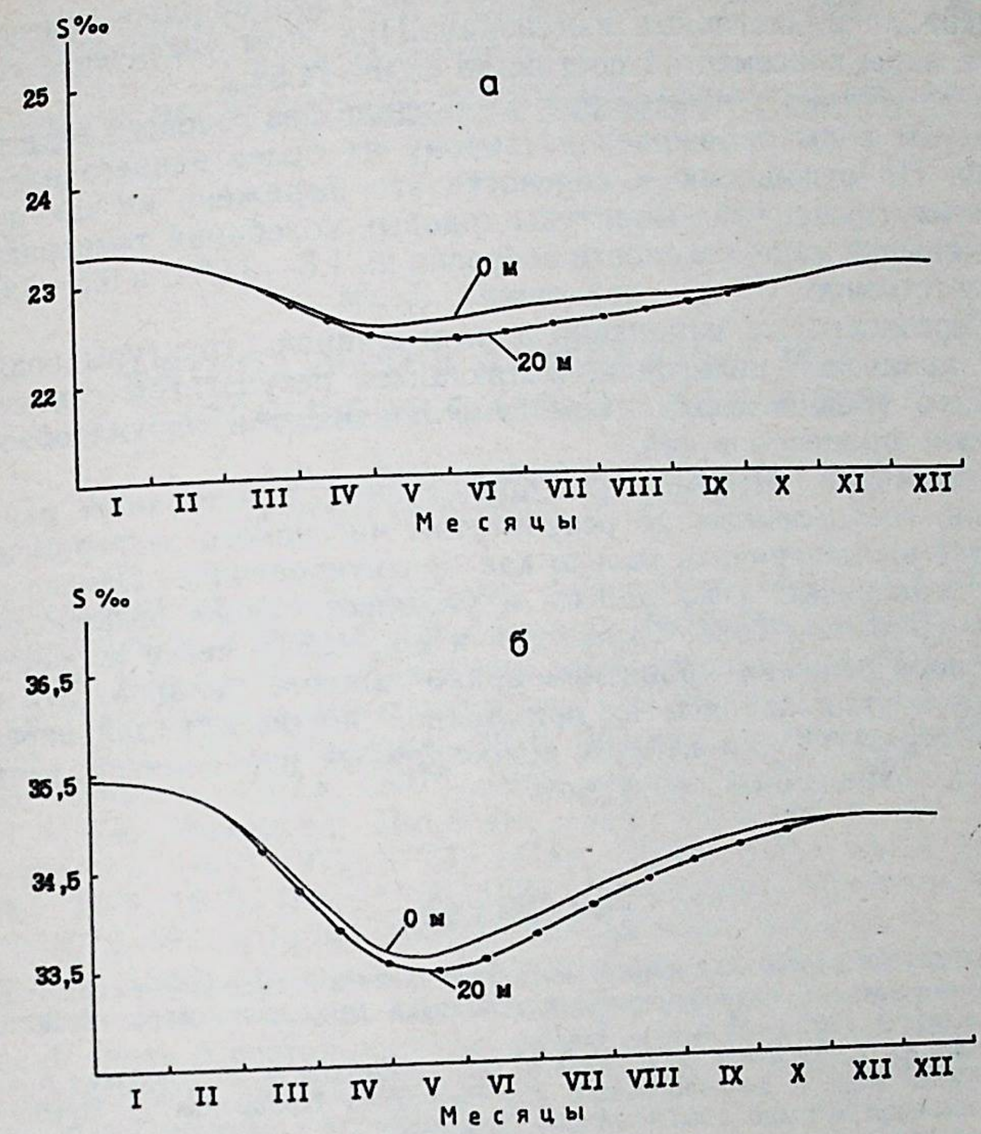


Рис. 6. Годовой ход солености воды, рассчитанный на различных горизонтах в пределах Западного Арала, при стабилизации уровня моря на отметках 41.9 м абс. (*а*) и 35.5 м абс. (*б*)

Таким образом, в результате снижения среднего уровня Аральского моря до отметки 35.5 м абс. водообмен между отдельными районами его акватории заметно ухудшится. Это, естественно, так или иначе отразится на характеристиках гидробиологического и гидрохимического режима аральских вод.

Иная картина имеет место в отношении полей поверхностных значений температуры и солености аральских вод. Как видно из рис. 3—4, падение среднего уровня моря до отметки 35.5 м абс. привело к следующему:

— во-первых, для рассматриваемого сезона повсеместно отмечалось увеличение температуры воды на 1.5—2.0° С. При этом произошло обострение горизонтальных градиентов, однако температурное поле в целом не изменило своей структуры;

— во-вторых, для рассматриваемого сезона поле солености претерпело аналогичные изменения. При этом увеличение солености воды повсеместно составило 13.0—14.5‰;

— в-третьих, согласно рис. 5—6 сдвиг фаз годового хода температуры воды произошел в сторону их более раннего наступления. По отношению к солености это выражено не так ярко. Отметим также, что амплитуды годовых колебаний температуры и, в меньшей мере, солености возросли на 1.5—3.0° С и 0.5—1.5‰, соответственно.

Перечисленные изменения термогалинной структуры водных масс аральской пелагиали, являющиеся результатом снижения среднего уровня моря, несомненно повлияют и на гидробиологические процессы в ней.

Резюмируя, отметим, что приведенные в настоящей работе оценки, составленные по результатам численного эксперимента, следует рассматривать только как ориентировочные. Однако они не противоречат, а во многом и уточняют оценки, выполненные ранее (Бортник, 1983; Герасимов и др., 1983) менее корректно, на основе решения уравнений водно-солевого баланса. Это является подтверждением их прикладной значимости для определения стратегии дальнейших водоохранных мероприятий, реализуемых современной практикой.

ЛИТЕРАТУРА

Бортник В. Н. Современные и прогнозируемые изменения гидрологических, гидрохимических и гидробиологических условий Аральского моря // Водные ресурсы, 1983.— № 5.— С. 3—16.

Герасимов И. П., Кузнецов Н. Т., Кесь А. С., Городецкая М. Е. Проблема Аральского моря и антропогенного опустынивания Приаралья // Проблемы освоения пустынь, 1983.— № 6.— С. 22—32.

Доронин Ю. П. Региональная океанология.— Л.: Гидрометеоиздат, 1986.— 303 с.

Котов С. В., Арипов С. Л. Анализ результатов моделирования внутригодовой изменчивости элементов гидрологического режима Аральского моря // Тез. докл. III Всесоюзн. конф. по географии океана «Географические и экономические проблемы изучения и освоения южных морей СССР» (Нальчик, 26—30 мая 1987 г.).— Л., 1987.— С. 93—94.

Котов С. В., Дианов М. Б. Расчет полей метеоэлементов над акваторией Белого моря // Тез. докл. III регион. конф. «Проблемы изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря» (Кандалакша, 24—30 сентября 1987 г.).— Кандалакша, 1987.— С. 91—92.

Саркисян А. С. Численный анализ и прогноз морских течений.— Л.: Гидрометеоиздат, 1977.— 182 с.

Summary

Results of numerical experiment are presented by which an estimation of long-term changes in biologically most significant feachers of the Aral sea hydrological regime was made when stabilized at different mean levels subject to a degree of human interference in fresh water balance of the sea.

ТРУДЫ ЗООЛОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА АН СССР, 1989, Т. 199
USSR ACADEMY OF SCIENCES
PROCEEDINGS OF THE ZOOLOGICAL INSTITUTE, LENINGRAD, 1989, VOL. 199

Ю. Б. Околодков

ФИТОПЛАНКТОН ПРИБРЕЖНЫХ ВОД О. БАРСАКЕЛЬМЕС (АРАЛЬСКОЕ МОРЕ)

Yu. B. Okolodkov. **Phytoplankton in coastal waters near the Isle of Barsakelmes, the Aral Sea**

Исследования фитопланктона Аральского моря проводятся на протяжении более 100 лет (Борщов, 1877; Берг, 1908; Ostenfeld, 1908; Карзинкин, 1924; Киселев, 1927; Бенинг, 1934, 1935; Воронихин, 1940; Киселев, Возженникова, 1950; Луконина, 1960; Музафаров, 1960, 1965; Иванова, 1963; Яблонская, 1964; Дарибаев, 1966; Пичкилы, 1967а, 1967б, 1968, 1970а, 1970б, 1970в, 1970г, 1971, 1974; Макарова, Пичкилы, 1969; Эргашев и др., 1969; Ельмуратов, 1971, 1972, 1973, 1974а, 1974б, 1974в, 1975, 1976а, 1976б, 1977, 1978, 1981, 1986, 1987; Ельмуратов, Эргашев, 1970, 1971, 1972, 1974а, 1974б, 1975, 1976; Эргашев, Ельмуратов, 1975; Эргашев, 1980). В связи с быстро изменяющейся экосистемой Аральского моря и для оценки тенденций ее изменений необходимо знать о состоянии экосистемы в настоящий момент.

Материалом для данной статьи послужили сборы фитопланктона, выполненные сотрудником Зоологического института АН СССР Н. В. Аладиным 2—4 июня 1988 г. у северного побережья о. Барсакельмес (пробы 1—4) и 26 сентября 1988 г. у южного побережья острова (проба 5). Проба 3 взята сетью из капронового сита № 70 с диаметром входного отверстия 40 см при глубине траления 0.5—1 м и протяженности около 250 м. Пробы 1, 2, 4, 5 в объеме 0.5 л отобраны бутылкой на глубине 15—20 см. Все сборы проведены на расстоянии приблизительно 1 км от берега при глубине места 1 м. Материал фиксировали 4%-ным формалином. Временные препараты водорослей изучали с помощью светового микроскопа «Биолам Р7» и фазово-темнопольного устройства МФА-2 фирмы ЛОМО.

Доминирующими по численности видами были диатомовые Cylindrotheca closterium, Cocconeis scutellum, Plagiotropis lepidoptera и Algae gen. sp. (таблица).

Cylindrotheca closterium — солоноватоводно-морской планкто-бентосный вид, космополит. Доминировал в пробах 1—3, составляя соответственно 24%, 13% и 37% от общей численности. Клетки длиной 41—60 мкм (для сравнения: по данным Л. О. Пич-

Список видов фитопланктона и их численность в прибрежных водах о. Барсакельмес

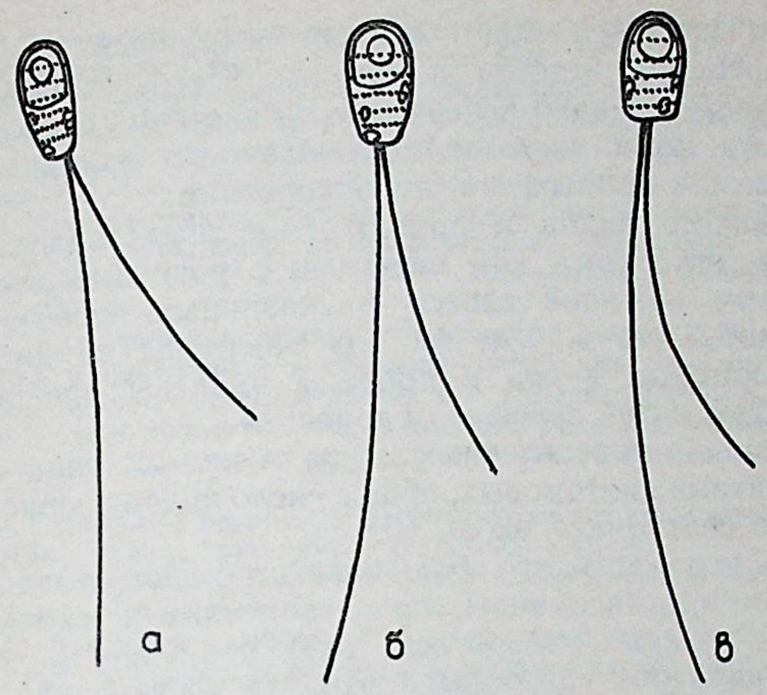
Название таксона	Численность, кл/л			
	проба 1, станция 1, 2.06.88	проба 2, станция 3, 3.06.88	проба 4, станция 4, 4.06.88	проба 5, 26.09.88
Bacillariophyta				
Amphora sp.	—	—	1380	—
Cocconeis scutellum Ehr.	17250	—	5520	13000
Cylindrotheca closterium (Ehr.) Reimann et Lewin	148350	1840	96600	—
Diploneis smithii (Bréb.) Cl. var. pumila (Grun.) Hust.	3450	460	2760	—
Entomoneis sp.	10350	—	—	—
Grammatophora sp.	+	—	1380	—
Licmophora sp.	—	—	—	520
Navicula sp.	—	—	—	520
Nitzschia linearis W. Sm.	—	920	1380	—
N. longissima (Bréb.) Ralfs	10350	—	1380	—
Nitzschia sp.	—	—	—	1560
Plagiotropis lepidoptera (Greg.) Poulin et Cardinal	24150	1840	9660	—
Thalassiosira sp.	—	920	—	—
Pennatophyceae gen. spp.	241500	7820	57960	4160
Euglenophyta				
Euglenophyta gen. sp. 1	—	—	—	1040
Euglenophyta gen. sp. 2	—	—	—	1040
Chlorophyta				
Cladophora sp.	+	—	—	—
Zygnematales gen. sp.	+	—	—	—
Algae gen. sp.	158700	—	86940	520
Всего:	614100	13800	264960	22360

Примечание. Знак «+» означает — встречен единично.

килы (1970г) — 41—110 мкм, А. Е. Ельмуратова (1976б) — 40—253 мкм). В 1967—1968 гг. был отмечен в значительном количестве: 11400—69700 кл/л (Ельмуратов, 1976б), 155555 кл/л (Пичкилы, 1970г).

Cocconeis scutellum — солоноватоводно-морской эпифитный вид, аркто-бореальный. Доминировал в пробе 4, составляя 58% от общей численности. Клетки длиной 26—34 мкм, шириной 14—22 мкм. Ранее в Аральском море были встречены лишь другие представители рода Cocconeis Ehr.— пресноводно-солоноватоводные виды C. placentula Ehr., C. pediculus Ehr., C. disculus (Schum.) Cl. (Пичкилы, 1970г., Ельмуратов, 1981).

Plagiotropis lepidoptera — солоноватоводно-морской планктонный вид, по-видимому, тропическо-аркто-бореальный. Доминировал в пробе 2, составляя 13% от общей численности. Ранее был отмечен в незначительном количестве — 1481 кл/л (Пичкилы, 1970г).



Algae gen. sp.:
а — вид сверху; *б*, *в* — вид сбоку

Algae gen. sp. (рисунок) — систематическая принадлежность этого вида не установлена. Доминировал в пробах 1 и 3 (соответственно 26% и 33% от общей численности). Клетки длиной 3.5—4.0 мкм, высотой 2 мкм имеют яйцевидную или овальную со срезанным передним концом форму, слегка сжаты с боков, с 2 неравными по длине жгутиками — длинный жгутик 17—26 мкм, короткий жгутик 7—17 мкм. Клеточные покровы поперечно исчерчены, 24 нежных пунктирных штриха в 10 мкм (видны только через объектив 90 ФА (МИ) с помощью фазово-темнопольного устройства при общем увеличении 2025 *). Хлоропласт, по-видимому, один, желто-зеленого цвета, форма не установлена, расположен у заднего конца клетки. Пиреноид округлый, диаметром около 1 мкм, расположен также у заднего конца клетки.

Имея в распоряжении лишь фиксированный материал, можно предположить, следуя системе водорослей по Фотту (Fott, 1971), что данный вид относится либо к порядку Chrysomonadales золотистых водорослей, либо к порядку Heterochloridales желто-зеленых водорослей, либо к порядку Volvocales зеленых водорослей. По форме клеток, длине жгутиков и расположению хлоропласта и пиреноида встреченный нами вид более всего сходен с Scourfieldia marina Throndsen, отнесенной к порядку Pyramimonadales класса Prasinophyceae (Throndsen, 1969: p. 184—186, fig. 20a) и описанной из прибрежных вод Норвегии с температурой 12.8° С и соленостью 29.4‰ (диапазоны значений этих параметров, при которых был отмечен вид, составляли соответственно 5.6—15.5° и 22.6—32.4‰). В более поздних работах

Трондзен (Throndsen, 1980) относит описанный им вид к роду Pseudoscourfieldia Manton в порядке Pterospermatales класса Prasinophyceae. Однако исчерченность клеточных покровов у обнаруженного нами вида не исключает его принадлежности к эвгленовым или криптофитовым водорослям.

Большинство видов в пробах 1—4 представлены пустыми панцирями, створками или клетками с разрушенным содержимым. Обилие неживой взвеси в указанных пробах позволяет предположить, что многие из них взмучены со дна водоема. Клетки некоторых видов в пробе 1 найдены прикрепленными к фрагментам нитей зеленых водорослей.

Учитывая не определенных до рода или до вида представителей пеннатных диатомовых, общее число видов в июне составило около 15, в сентябре — около 10.

Клетки подавляющего большинства видов имели размеры менее 30 мкм, а все виды, представленные в таблице, кроме фрагментов зеленых водорослей, даже при учете максимальных линейных размеров способны проходить через наиболее мелкоячеистое сито, используемое обычно в отечественной планктологии.

Фактом, заслуживающим наибольшего внимания, является то, что, по крайней мере, 3 из 4 доминирующих видов — солоноватоводно-морские, причем 1 из них ранее встречался в незначительном количестве и 1 вид приведен впервые для Аральского моря, что вполне может быть объяснено осолонением вод.

ЛИТЕРАТУРА

Бенинг А. Л. Гидрологические и гидробиологические материалы к составлению промысловой карты Аральского моря // Тр. Аральск. отд. ВНИРО, 1934.— Т. 3.— С. 183—205.

Бенинг А. Л. Материалы к составлению промысловой карты Аральского моря // Тр. Аральск. отд. ВНИРО, 1935.— Т. 4.— С. 139—220.

Берг Л. С. Аральское море. Опыт физико-географической монографии // Изв. Турк. отдел. Импер. Русск. геогр. о-ва, 1908.— Т. 5. Научные результаты Аральской экспедиции.— Вып. 9.— С. 1—580.

Борщов И. Г. Водоросли Аральского моря // Тр. Арало-Касп. эксп. Приложение II к записке В. Аленицына «Аральское море».— СПб, 1877.— С. 4—38.

Воронихин Н. Н. Заметка о некоторых водорослях Аральского моря // Бот. матер. Отд. спор. раст. Бот. ин-та АН ССС, 1940.— Т. 5.— Вып. 1—3.— С. 33—36.

Дарибаев А. К. Гидробиологический режим Муйнакского и Кусатауско-Каракчинского нерестилищ Аральского моря и питание молоди рыб // Рыбы и гидробиологический режим Южно-Аральского бассейна.— Ташкент: Фан, 1966.— С. 197—260.

Ельмуратов А. К характеристике летнего фитопланктона некоторых южных заливов Аральского моря // Биология, экология, география споровых растений Средней Азии.— Ташкент: Фан, 1971.— С. 9—10.

Ельмуратов А. Количественная характеристика фитопланктона Аббасского залива Аральского моря // Флора и значение споровых растений Средней Азии.— Ташкент: Фан, 1972.— С. 84—89.

Ельмуратов А. Альгофлора южных заливов Аральского моря: Автореф. дис... канд. биол. наук.— Ташкент, 1973.— 31 с.

Ельмуратов А. Водоросли приустьевой части Южного Арала // Водоросли и грибы Средней Азии. Вып. 1.— Ташкент: Фан, 1974а.— С. 49—55.

Ельмуратов А. К характеристике развития численности и биомассы фитопланктона Муйнакского залива Аральского моря // Пятая конференция по споровым растениям Средней Азии и Казахстана (26—27 апреля 1974 г.) Тез. докл.— Ч. 1.— Ашхабад, 1974б.— С. 119—120.

Ельмуратов А. К исследованию альгофлоры южных заливов Аральского моря // Матер. Юбил. респ. конф. по микробиологии, альгологии и микологии, посв. 50-летию УзССР и компартии Узбекистана.— Ташкент, 1974в.— С. 101—103.

Ельмуратов А. Количественное развитие и сезонная динамика биомассы фитопланктона в приустьевой и открытой частях юга Аральского моря // Водоросли и грибы Средней Азии Вып. 2.— Ташкент: Фан, 1975.— С. 43—53.

Ельмуратов А. Редкие синезеленые водоросли, обнаруженные на юге Аральского моря // Альгофлора и микрофлора Средней Азии.— Ташкент: Фан, 1976а.— С. 143—151.

Ельмуратов А. Состав и распределение фитопланктона южных заливов Аральского моря: Дис. ... канд. биол. наук.— Л., 1976б.— 221 с.

Ельмуратов А. Состав и распределение фитопланктона южных заливов Аральского моря: Автореф. дис. ... канд. биол. наук.— Кшинев, 1977.— 24 с.

Ельмуратов А. Водоросли перифитона Акпеткинского архипелага Аральского моря // Матер. VI конф. по споровым растениям Средней Азии и Казахстана (сентябрь 1978 г., Душанбе).— Душанбе, 1978.— С. 34—35.

Ельмуратов А. Е. Фитопланктон южной части Аральского моря.— Ташкент: Фан, 1981.— 144 с.

Ельмуратов А. Е. Водоросли отдельных водоемов Акпеткинского архипелага Аральского моря // Биологические основы рыбного хозяйства водоемов Средней Азии и Казахстана. Тез. докл. XIX конф. (9—11 октября 1986 г., АН ТССР, Институт зоологии).— Ашхабад, 1986.— С. 55—56.

Ельмуратов А. Е. Состав и динамика фитопланктона некоторых озер Акпеткинского архипелага Аральского моря // Вестн. Каракалпакск. фил. АН УзСССР, 1987.— № 1.— С. 56—62.

Ельмуратов А., Эргашев А. Весенний состав фитопланктона на юге Арала (заливы Сарыбас, Аббас) // Вестн. Каракалпакск. фил. АН УзССР, 1970.— № 2(40).— С. 90—91.

Ельмуратов А., Эргашев А. Э. К количественной характеристике фитопланктона Сарыбасского залива Аральского моря // Биология, экология, география споровых растений Средней Азии.— Ташкент: Фан, 1971.— С. 7—8.

Ельмуратов А. Е., Эргашев А. Э. Динамика фитопланктона Сарыбасского залива Аральского моря // Флора и значение споровых растений Средней Азии.— Ташкент: Фан, 1972.— С. 89—95.

Ельмуратов А. Е., Эргашев А. Э. Альгофлора Муйнакского и Аджибайского заливов Аральского моря // Водоросли и грибы Средней Азии. Вып. 1.— Ташкент: Фан, 1974а.— С. 35—48.

Ельмуратов А. Е., Эргашев А. Э. К флористическому анализу альгофлоры южных заливов Аральского моря // Матер. Юбил. республ. конф. по микробиологии, альгологии и микологии, посвященной 50-летию УзССР и компартии Узбекистана.— Ташкент, 1974б.— С. 92—95.

Ельмуратов А. Е., Эргашев А. Э. Динамика количественного развития и биомассы фитопланктона Муйнакского и Аржибайского заливов Аральского моря // Водоросли и грибы Средней Азии. Вып. 2.— Ташкент: Фан, 1975.— С. 89—96.

Ельмуратов А. Е., Эргашев А. Э. Эколого-географический анализ альгофлоры южных заливов Аральского моря // Альгофлора и микофлора Средней Азии.— Ташкент: Фан, 1976.— С. 25—34.

Иванова Г. А. О фитопланктоне некоторых озер дельты р. Амударьи // Узб. биол. журн., 1963.— № 5.— С. 29—34.

Карзинкин Г. С. Планктон юго-западного угла Арала // Русск. гидробиол. журн., 1924.— Т. 3, № 1—2.— С. 24—32.

Киселев И. А. Новые данные о водорослях Аральского моря // Изв. Отд. прикл. ихтиол. и научно-пром. исслед., 1927.— Т. 5.— Вып. 2.— С. 270—305.

ТРУДЫ ЗООЛОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА АН СССР, 1989, Т. 199
USSR ACADEMY OF SCIENCES
PROCEEDINGS OF THE ZOOLOGICAL INSTITUTE, LENINGRAD, 1989, VOL. 199

Н. В. Аладин

ЗООПЛАНКТОН И ЗООБЕНТОС ПРИБРЕЖНЫХ ВОД о. БАРСАКЕЛЬМЕС (АРАЛЬСКОЕ МОРЕ)

N. V. Aladin. **Zooplankton and zoobentos in coastal waters near the Isle of Barsakelmes, the Aral Sea**

Исследование зоопланктона и зообентоса прибрежных вод о. Барсакельмес было начато в 1981 г. и продолжено в 1984, 1987, 1988 гг. Данный остров был выбран для гидробиологических наблюдений не случайно. Это — один из крупнейших островов на Аральском море. Он расположен в центре северной акватории так называемого Большого Арала, и воды, его омывающие, считаются типичными для открытых районов моря. В прибрежных водах о. Барсакельмес в отличие от вод береговых заливов повышение солености протекает относительно плавно, что не приводит к резкому, скачкообразному изменению видового состава биоценозов. Существенную роль при выборе места исследования сыграл также и тот факт, что на острове расположен государственный заповедник и имеются помещения для научной работы. Автор выражает признательность сотрудникам заповедникпа и старшему преподавателю Ленинградского государственного педагогического института Л. А. Кузнецову за помощь при выполнении работы.

Бентос собирали скребком, дночерпателем и драгой, а планктон — сетью из капронового сита № 70 и № 40 с диаметром входного отверстия 40 см при глубине траления 0.5—1 м и протяженности около 250 м. Все сборы проведены на расстоянии приблизительно 0.5—1 км от берега при глубине места 1—1.5 м. Использовалась постоянная сетка станций и с 6 основными и 4 дополнительными пунктами наблюдений. По мере отступления береговой линии из-за высыхания Аральского моря вносилась корректировка сетки станций. Сборы зоопланктона и зообентоса проводили только в летние месяцы.

В 1981 г. в прибрежных водах о. Барсакельмес были обнаружены следующие виды беспозвоночных: коловратки — *Branchionus plicatilis*, *Synchaeta sp.*, кладоцеры — *Evadne anonyx*, *Podonevadne camptonyx*, *P. trigona*; копеподы — *Calanipeda aquae-dulcis*, *Halicyclops rotundipes aralensis*, *Acantocyclops sp.*; двустворчатые моллюски — *Abra ovata*, *Cerastoderma istmicum*; брюхоногие моллюски — *Caspiohydrobia sp.*, *Theodoxus sp.*, полихета — *Nereis diversicolor*, остракоды — *Cyprideis torosa*, *Amnicythere cymbula*, *Tyrrhenocythere amnicola donetziensis*, *Limnocythere* (*Galolimnocythere*) *aralensis*; креветка — *Palaemon elegans*; крабик — *Rhithropanopeus harrisii tridentata*. Средняя биомасса зоопланктона в прибрежных водах о. Барсакельмес в летние месяцы 1981 г. была 134 мг/м^3, а зообентоса — 191 г/м^2.

В 1984 г. число видов беспозвоночных обнаруженных в прибрежных водах острова осталось практически без изменения. В зоопланктоне присутствовали те же виды коловраток, кладоцер, копепод и личинок двустворчатых моллюсков. В зообентосе, однако, исчезли представители 2 видов остракод — *T. a. donetziensis* и *L.* (*G.*) *aralensis*. Остальные виды донных беспозвоночных продолжали встречаться, как и в 1981 г. Средняя биомасса зоопланктона и зообентоса даже несколько увеличилась и составляла соответственно 152 мг/м^3 и 207 г/м^2.

В 1987 г. число видов беспозвоночных резко сократилось. В планктоне были отмечены 4 вида: коловратка — *Brachionus plicatilis*; кладоцеры — *E. anonyx*, *P. camptonyx*; копепода — *Calanipeda aquae-dulcis*. В зообентосе остались 6 видов: двустворчатые моллюски — *A. ovata*, *C. istmicum*; брюхоногий моллюск — *C. sp.*; полихета — *N. diversicolor*; остракода — *C. torosa*; креветка — *P. elegans*. Средняя биомасса зоопланктона и зообентоса также заметно снизилась и не превышала 113 мг/м^3 и 136 г/м^2 соответственно.

В 1988 г. число видов беспозвоночных в прибрежных водах о. Барсакельмес продолжало сокращаться. Из планктона исчезла кладоцера — *E. anonyx*, а в зообентосе крайне редко стала встречаться полихета *N. diversicolor*. Средняя биомасса зоопланктона в летние месяцы 1988 г. была 102 мг/м^3, а зообентоса — 121 г/м^2.

Следует отметить, что за весь период наблюдений с 1981 г. по 1988 г. в летнем планктоне как по численности, так и по биомассе доминировали копепода *C. aquae-dulcis* и личинки двустворчатых моллюсков. В 1981 и 1984 гг. представители данного вида копепод давали около 50% численности и биомассы зоопланктона, а в 1987 и 1988 гг.— уже более 60% численности и более 70% биомассы. Чо же касается зообентоса, то, как и в первые годы, наблюдений, так и в последующие по численности доминировали остракоды (около 60%) и каспиогидробии (около 25%), а по биомассе — двустворчатые моллюски: *A. ovata* — более 65%; *C. istmicum* — более 20%.

Необходимо также подчеркнуть, что из-за большой трудности определения брюхоногих моллюсков (каспиогидробий) нами они до вида не определялись и условно обозначились как *C. sp.* Просмотр бентосных сборов 1987 г. специалистом по роду *Caspiohydrobia* С. И. Андреевой (Петропавловский государственный

Оби, это — волжские виды в Дону, это — широкая сквозная долина через Приволжскую возвышенность у Камышина, это — чуждая Каспию «каспийская фауна» Арала и многое другое, о чем речь будет идти ниже.

Среди сложных вопросов исторической географии позднеголоценового времени одним из самых противоречивых и дискуссионных является вопрос о взаимоотношениях и гидрографии водоемов понто-каспийской солоноватоводной области. Динамика географии этого региона в голоцене была чрезвычайно интенсивной, многоплановой и чрезвычайно сложной. В этой работе мы ограничимся только анализом последних 3000 лет существования этого региона. События этого периода происходили уже в историческое время, и до нас дошла весьма обширная литература, наиболее существенные выдержки из которой следующие.

Согласно данным Геродота (V в. до н. э.) очень маленький изолированный Каспий имеет только один приток — Аракс (современная Кура с Араксом). В Азовское море впадает Дон, имеющий в числе притоков Лик (Урал), Оар (Волгу) и Сыргиз (Сал).

На реконструированной карте по сохранившимся материалам Гекатея Милетского (V в. до н. э.) Каспий изображен заливом Северного Ледовитого океана и имеет только один приток, по всей видимости, Куру. Никаких признаков существования Волги на карте нет.

Древнегреческий историк Ктесий из г. Книда (середина V — первая половина IV в. до н. э.) особое внимание уделял бактрийцам, которые, согласно данным современных историков, занимали земли, расположенные сейчас в бассейне Верхней Амударьи, севера Афганистана и юга Таджикистана. Ктесий же указывал на более широкие пределы страны бактриев — от р. Танаиса (которая, согласно разработкам И. В. Пьянкова, не что иное как Сырдарья, гидрография которой, как и принадлежность к бассейну, в то время возможно была иной) до Инда. Весьма тщательное исследование всего населения Ктесия позволило И. В. Пьянкову оценить итог географических наблюдений Ктесия, заключающийся в том, что «Бактрия простирается от Танаиса до Инда. Танаис отделяет ее от Европы, Инд от Индии. Инд, по-видимому, течет с „гор". Танаис, возможно, течет с тех же гор, но в сторону, противоположную от Инда и впадает в Понт» (Пьянков, 1975, с. 21).

В работе Аристотеля (IV в. до н. э.) Каспий состоит из двух изолированных морей — Гирканского и Каспийского, при этом в Каспийское море с севера впадает р. Аракс. Этот аристотелевский Аракс соединяется также с р. Танаис (Дон), которая впадает в Азовское море, принимая к себе еще один приток, по местоположению — Кубань, но, наверное, все же это — Маныч, так как биогеографически соединение Дона и Кубани в это время исключается, ибо ихтиофауны Кубани и непосредственно Дона генетически чужды и не несут на себе следов недавнего контакта этих рек. Здесь необходимо оговориться, что, конечно, приток Дона — Северский Донец в современной ихтиофауне — несет следы былого контакта с Кубанью. Но это было, когда Кубань, Северский Донец, Берда, Салгир временно представляли единую речную систему, но возраст такой пересройки гораздо больше чем 3000 лет, и поэтому нами здесь не рассматривается.

В произведении неизвестного автора «О мире» (IV в. до н. э.), которое неверно приписывается Аристотелю, есть указания на то, что Северный океан проходит к югу узким и удлиненным рукавом, затем расширяется, образуя Гирканское и Каспийское моря (Латышев, 1890).

Выдающийся географ и путешественник Пифей (IV в до н. э.) совершил с 350 по 320 гг. до н. э. кругоевропейскую экспедицию, начавшуюся по маршруту Массалия (Марсель) — Гибралтар — Великобритания — п-в Бретань... и окончившуюся через Танаис (Дон) — Азовское — Черное — Мраморное — Средиземное моря. Анализ всех имеющихся о Пифее данных свидетельствует, что он был за Полярным кругом и прошел проливом Карские ворота, где он наблюдал так называемое «морское легкое» («Pulmo marinus») — массы битого льда, окраины ледяного поля, туманы, перемешивающиеся со снежными зарядами, т. е. все то, что так характерно для восточных районов Баренцова моря.

Интересно, что плавание Пифея послужило толчком к определенному корректированию общеизвестной на то время традиции и эпоса. Так, согласно наиболее поздней версии поэмы об аргонавтах Аполлония Родосского (III в. до н. э.) путь аргонавтов проходил по р. Танаис (про существование Волги здесь нет никаких данных), далее в Северный Ледовитый океан, а оттуда вдоль западных берегов Европы через Гибралтарский пролив в Средиземное море (Ельницкий, 1961).

По Эратосфену (III в. до н. э.) Каспийское море открывается проливом прямо в Северный Ледовитый океан, притоков, кроме Яксарта (Сырдарья), Окса (Амударья) и Куры нет, в том числе нет и Волги. В Азовское море впадает только Дон. Гидрография, приведенная Эратосфеном, свидетельствует о высоком уровне Каспийского моря в то время.

Македонец Патрокл (III в. до н. э.) в 285—281 гг. до н. э., проводя детальное обследование Каспийского моря, отмечает, что в последнее впадает Окс (Амударья), Яксарт (Сырдарья), никакой Волги нет, но есть пролив, соединяющий Каспий с Северным Ледовитым океаном. Согласно гидрографии, поданной на карте Патрокла, уровень Каспия был примерно на 15 м выше уровня Мирового океана.

Во II веке до н. э. китайские путешественники и географы описывают народ янь-цай, который обитал на северо-западе от Китая возле «Северного моря». Как это установлено академиком В. В. Бартольдом (1940), янь-цай это, без сомнения, китайская транскрипция названия аорсов (аланов), которые обитали на северо-востоке нынешнего Прикаспия. Кстати, древний историк, алан по происхождению, Джордан (Иорданес), который жил уже в VI в. н. э., говорил, что в свое время Дон, принимая к себе как приток Урал, вытекал из Рипейских гор.

Согласно Страбону (I в. до н. э.) Каспийское море — это залив Северного Ледовитого океана, глубоко вдающийся на юг. Интересным моментом на карте Страбона являются свидетельства о высоком, хотя и меньшем по сравнению с Патроклом и Эратосфеном, уровнем Каспийского моря.

У Помпония Мела (I в. до н. э.) Каспий соединяется проливом с Северным Ледовитым океаном, Волги нет. В другой своей работе этот автор сообщает, что в 58 г. до н. э. в руки римского проконсула Квинта

несколько плывших из «Индийского» моря мореплавателей, корабль которых разбился у берегов нынешней Голландии. Живший в это время Плиний, упоминая об этом случае, говорит, что подобранные инды были купцами и плыли для торговли. Можно также вспомнить, что на римской карте Потрея Мелы (43 г. до н. э.) Индийский океан показан восточнее Северного моря (Müller, 1898). Весьма интересно в этом плане изречение Страбона (1964), характеризующее знание того времени о местоположении Индии и территорий, подпадающих в это название: «... из тех самых Индийских гор, из которых текут Ох (Атрек), Окс (Амударья) и многие другие, вытекает и Иаксарт (Сырдарья) и впадает подобно им, в Каспийское море, находясь далее всех на севере...» (с. 482—483).

Отсюда, согласно этим античным данным, Каспий в VI в. до н. э. имел очень низкий уровень, на конец V в. он достиг приблизительно современного положения, в IV в. происходил более интенсивный подъем каспийских вод, и уровень его приблизился к таковому Мирового океана; в III в. трансгрессия Каспия достигала максимума (около 15—20 м выше уровня Мирового океана), затем начался спад, который постепенно происходил во II, I веках до н. э. и в первые века нашей эры. Вышеприведенные ученые совершенно не сообщали о впадении Волги в Каспий, более того, они утверждали, что с IV в. до н. э. по I стадии нашей эры существовал прямой пролив, соединяющий Каспий с Полярным бассейном.

В отношении археологических и иных исторических данных нужно сказать, что они (особенно в вопросе о резкой трансгрессии Каспия в это время) полностью подтверждают данные античных авторов. Так, в зоне северного Прикаспия не зафиксировано ни одного памятника IV—II вв. до н. э., который был бы расположен ниже современного уровня Мирового океана (современный Каспий находится на отметке — 29 м), а археологические находки II—I вв. до н. э. расположены не ниже —15 м, и только в конце этого времени встречаются свидетельства поселений человека на уровне современного стояния Каспия. То же самое, как об этом свидетельствует С. М. Муравьев, наблюдается и на Куринской низменности, где на всей территории предполагаемой трансгрессии практически не найдено никаких античных памятников, кроме тех, которые датируются периодом до трансгрессии (VII в. до н. э.), или после нее, т. е. начиная с I в. до н. э. (Бельская, 1986).

Археологический взгляд на территорию Зауральской части Западной Сибири, где предположительно находился пролив, соединяющий Каспий с Полярным бассейном, четко определяет наличие судоходного водоема, активно используемого к тому же в античное время. Как указывает В. Н. Чернецов (1941) во второй половине I тыс. до н. э. в культуре племен, обитавших на территории северо-западной Сибири, стали появляться элементы, до той поры там не известные, но хорошо знакомые из южных, в первую очередь степных (скифо-сарматских) районов. Так, в раскопах здесь обнаружены части чешуйчатого рогового панциря сарматского типа, скифские котлы, вотивные бронзовые кинжалы, изображения другого оружия скифского типа, изображения не живущих здесь в тайге

животных (кабана, барана), бронзовая литая фигурка, представляющая свернувшегося в кольцо хищника, и масса иных южных изделий.

По данным В. А. Могильникова (1979) в V—IV вв. до н. э. отмечается проникновение сакского этноса Приаралья в лесостепное Прииртышье. Это скотоводческое население по долинам Тобола и других рек проникает далеко на север, вплоть до южной зоны тайги. С другой стороны, представители северных таежных культур продвигаются в зону современной лесостепи (Косарев, 1979). Согласно последнему автору топографическая приуроченность поселений человека на юге Западной Сибири зависела в позднем неолите (XXV—XXIII вв. до н. э.) от высокого уровня воды водоемов; во второй половине бронзового века (XV—X вв. до н. э.) — от низкого, и в наиболее интересующую нас эпоху раннего железа (V—IV вв. до н. э.) — снова от высокого. При этом констатируется, что гидрографические показатели четко совпадают с колебаниями уровня Каспийского моря. Высокому стоянию Каспия соответствовал и высокий уровень воды водоемов Западно-Сибирской равнины.

Интересным отголоском плаваний в Скифию и из Скифии через Зауральский пролив явилось наименование Северного Ледовитого океана — «Oceanus Scithicus», т. е. Скифский океан на картах Баттисты Аньезе, Иовия, Олауса Магнуса (Савельева, 1971) и других картографов эпохи Возрождения, широко использовавших в своих трудах данные античных авторов.

Переходя к средневековью, мы также отмечаем несоответствие тогдашней гидрографии современной. Показательно в этом отношении то, что древнерусский (киевский) флот прямым путем попадает из Черного моря в Каспийское. Волок, если он и существовал в маловодные годы, находился только в зоне Днепровских порогов, в дальнейшем же суда двигались только по воде.

Перечень литературных источников можно начать с заявления дербентского правителя Шахриаре, который в 644 г. заявил о том, что находится между двумя врагами: с одной стороны — хазары, а с другой — русы, причем с последними, кроме дербентцев, никто не умеет воевать. Это изречение свидетельствует о том, что дербентцы уже давно имели контакт с русами, но между Киевской Русью и прикаспийским Дербентом расположено государство хазар, именно через территорию которого и могли проходить корабли русичей. Кстати, в хронографии византийца Феофана, датируемой 671 г., указывается, что могучая река Волга (Атал), вместе с притоком Доном (Танаис) впадает в Азовское море.

То, что отношения Киевской Руси с хазарами зачастую были враждебными, не является секретом. После же похода в начале IX столетия древнерусских дружин, возглавляемых князем Бравлином, против хазар в Крым, где ими была захвачена территория «от Корсуня до Корча», обеспокоенность хазар русской проблемой возросла, и было принято решение об укреплении границ со славянскими землями. При этом основой плана противоборства Киевской Руси стала постройка крепости Саркел (Белая Вежа). Основная задача этой крепости — стоять на пути древнерусских дружин на восток и контролировать торговые пути из Киевской Руси на Каспий и Кавказ.

На первый взгляд, вызывает удивление расположение крепости. Ведь Саркел отождествляется с левобережным Цимлянским городищем, которое расположено на берегу Дона в 4 км от станицы Цимлянской — там сейчас Цимлянское водохранилище. Однако так просто ничего не делается. Предводители хазар знали, что корабли киевлян по пути на Каспий должны пройти мимо Саркела.

Согласно «Истории Табаристана», написанной Мухаммедом Эль Хасаном в 880 г., на каспийский г. Абескун с моря напали древнерусские войска, нападение которых удалось отбить с большим трудом.

В 910 г. на 297 г. хиджры 16 киево-русских кораблей через Дон и Волгу проходят в Каспийское море. Снова борьба возле Абескуна. Вначале были успехи, однако правитель Табаристана Абуль-Аббас-Мухаммед бен Ибрагим Сулин организовал ночное нападение непосредственно на корабли и уничтожил их, что и стало главной причиной поражения киевских дружин.

Очередной поход на Каспий был организован в 911 г. и начался с нападения на порт Сари, расположенный на южном берегу Каспийского моря, затем русы быстро отступили морем до Шимеруда в районе Гилян, и опять-таки ночью по приказу Гилян-шаха было совершено нападение на корабли, что и привело к срыву похода.

Следующий поход 913—914 гг. обеспечивался предварительной договоренностью с хазарским хаканом о возможности мирного прохода киево-русских войск через владения хазар. По данным средневековых источников, в первую очередь Мас'уди (Бартольд, 1940; Шекера, 1963), древнерусские корабли спустились по Днепру до Черного моря, прошли затем Азовское, Таганрогский залив, далее Доном поднялись до крепости Саркел, еще выше без всяких препятствий перешли в Волгу, а отсюда по Волге попали в Каспийское море. Основные события в Каспийском море, согласно Мир Зегид эд-Дин Мераши, произошли в 914 г., при этом русам способствовала удача. Окончив свои каспийские дела, русичи возвратились к дельте Волги, где уплатили предводители хазар договоренную ранее часть добычи, но проживавшие здесь мусульмане организовали дружину и решили напасть на киевлян. Предупрежденные хаканом об опасности, тяжело нагруженные суда древнерусской дружины настойчиво плыли против течения Волги на север, однако были догнаны мусульманами, с которыми на берегах Волги они вступили в трехдневную битву.

Наиболее же крупным походом и опять же таки, как это свидетельствует анализ многочисленных источников, через Азов — Дон — Волгу и на Каспий был поход 943—944 гг. Перечень морских походов киево-русских дружин, купцов, мореходов на Каспий, где использовался маршрут через Дон и Волгу и далее на Каспий, можно было бы продолжить. Ясно одно: киевлянам был известен прямой путь из Киева в Каспий. Отсюда и очевидно, что сам Каспий и гидрография протекавших здесь рек еще совсем недавно были иными, чем сейчас.

Важнейшим методом познания прошлого является биогеографический метод. Исходя из того, что живые организмы являются наиболее

надежными показателями событий прошлого, мы провели биогеографический анализ изучаемой территории, который показал нижеследующее.

Дон — единственная река Черноморско-Азовского бассейна, где встречаются организмы «волжской фауны». Примерами их могут быть волжский подуст *Chondrostoma nasus variabile*, общий, согласно М. Бэческу и Р. Майеру (1969), Дону и Волге типично ориентальный вид щиповки *Cobitis sibirica*, морской по происхождению паразит рыб *Skrjabinopsolus skrjabini*, встречающийся, помимо Дона, только в эстуариях рек Каспийского округа и другие, в то время как в Волге есть элементы «днепровской фауны» типа *Anisus septemgyratus*. В этом плане интересно, что описанных из Волжской дельты Я. И. Старобогатовым и В. В. Пироговым (1970) таксон *Pseudanodonta elongata milachevitchi* является исходным от обитающего в реках черноморского бассейна *P. elongata tanousi*. Эти и другие данные свидетельствуют о том, что Волга и Дон недавно составляли единую цельную речную систему.

И Черное, и Каспийское моря имеют элементы, которые исторически недавно проникли сюда из северных морей. В свое время нами (Полищук, 1978) был определен состав северного элемента Черного моря, установлена его идентичность современной балтийской фауне и показано, что перелив вод Балтийского моря в Черное вместе с населяющими их животными произошел в VIII в. до н. э. Что же касается Каспийского моря, то высказывавшиеся предположения о том, что Каспий получил свои северные элементы также из Балтики (Берг, 1949 и др.),— не выдержали критики. Конечно, есть виды, особенно из представителей иольдиевой фауны, общие Каспию, Северному Ледовитому океану и Балтике, при этом, впрочем, они отсутствуют в Черном море. Но, как это было доказано Экманом (Ekman, 1916), балтийские таксоны сильнее уклонились от арктических основных форм, чем каспийские формы (отсюда в Каспий они попали позже того, как они распространились в Балтике — *П. В.*). Как итог Экман констатирует: «...с зоогеографической точки зрения приходится признать, что Каспийское море недавно стояло в непосредственной связи с Северным Ледовитым океаном». Аналогичные выводы на основании сравнительно-морфологических исследований каспийских, балтийских и североокеанических *Mesidothea* и *Pseudalibrotus* сделаны и Е. Ф. Гурьяновой (1932), показавшей, что последние Каспийского моря стоят ближе к сибирским, чем балтийско-беломорские, однако наиболее веские и неопровержимые доказательства в пользу происхождения северных элементов фауны Каспия из Карского моря были приведены П. Л. Пирожниковым (1937). Наш же биографический анализ также четко подтверждает, что никаких фаунистических данных о связях Каспийского и Балтийского морей в историческое время нет. Более четко прослеживается недавняя связь Каспийского и Карского морей.

Эта связь прослеживается не только по составу первичноводной фауны. Весьма характерным примером в этом отношении является существование изолированной популяции такой характерной «каспийской» птицы, как краснозобая казарка на побережье Обской губы. Во-первых, эта южная птица совершенно не характерна для крайней Сибири, она

попала сюда крайне недавно; во-вторых, по своей экологии она может распространяться на новые территории только вдоль лиманно-морских водоемов; в-третьих, таким водоемом мог быть только Зауральский пролив из Каспия в Ледовитый океан; в-четвертых — континентальное пересыхание пролива отрезало северную популяцию вида от основной южной и, в-пятых, мы теперь можем рассматривать изолированную популяцию краснозобой казарки у Обской губы как реликт исторически недавнего Зауральского пролива.

Не менее замечательны и находки вверх по реке на стоянках древнего человека остатков проходных рыб, ограниченных ныне нижним течением основной реки. Так, А. Н. Гундризер и В. К. Вершинин (1979) констатируют находку чира в поселении V—III вв. до н. э. Шеломон II на р. Томь. Такая длинная миграция, неизвестная доселе для этой рыбы, вполне объяснима существованием недавнего морского пролива, из которого чиру было не так и далеко мигрировать в Томь. Кстати, как это отмечает Б. Г. Иоганзен (1951), в верховьях Оби, на ее Ишимо-Иртышском участке Северного Казахстана до наших дней существует изолированная, явно дизъюнктивная популяция малой колюшки *Pungitius pungitius*, далеко к югу оторванная от основного ареала этого вида, расположенного на крайнем севере.

Однако наиболее выдающимся доказательством абсолютно недавнего распространения вод Северного Ледовитого океана далеко на юг, являются находки живых фораминифер в грунтовых водах и колодцах пустыни Каракум (Бродский, 1928; Николюк, 1948). Эти сугубо морские животные представлены здесь рядом видов. Первый из них — *Miliammina oblonga* var. *arenacea* — является широко распространенным в водах Атлантики и Северного Ледовитого океана довольно крупным (340—700 мкм) видом. Как указывает В. Ф. Николюк (1948), найденные же в каракумских подземных водах представители этого таксона были карликовыми — до 139 мкм, чрезвычайно тонкостенными и прозрачными, что говорит об угасании вида в данных конкретных условиях. Второй вид — *Spiroculina turcomanica*, описанный К. А. Бродским из колодцев Каракумов, затем был найден в Баренцовом море, где он обитает в псаммоне, т. е. в условиях, несколько сходных с таковыми в пустыне Каракум. Этим, наверное, можно объяснить и тот факт, что размеры каракумских и баренцовоморских видов полностью совпадали. Третий вид — *Fischerina* sp. также оказался представителем рода, широко распространенного в океанических водах. С точки зрения биогеографического анализа, проведенного В. Ф. Николюком (1948), «сопоставление каракумской реликтовой фауны фораминифер с камерниками ближайших морей, как то: Черного, Аральского и Каспийского — выявляет ее полное отсутствие даже отдаленно родственных видов».

В дальнейшем Е. М. Майер (1974) в грунтовых водах Средней Азии констатировал и четвертый вид фораминифер — *Jadammina polystoma*, встречающийся в арктических морях СССР и отсутствующий при этом в Средиземном и Азовском морях.

С точки зрения экологии, местом обитания фораминифер в каракумских грунтовых водах оказались межпесчинковые водоемы, величины

которых колеблются от 250 до 1500 мкм. Важнейшим моментом оказалось то,что фораминиферы были встречены только в соленых водах, по содержанию солей, температуре и наличию кислорода оказавшихся очень близкими к морским. Таким образом, здесь на протяжении отрезка времени с момента проникновения сюда форминифер существуют постоянные условия, в которых эти морские животные находятся в нормальном жизненном состоянии.

Но вся палеогеография (в том числе и голоценовая) этого региона свидетельствует о колоссальных перестройках ландшафтов, не оставляющих места предположению о постоянстве существования здесь грунтовых соленых вод, да еще и близких по составу к морским. Так, на рубеже III—II тыс. до н. э., когда здесь не было пустыни и доминировал влажный пресноводный период, условий для образования тут соленых грунтовых вод не было.

Интересный реликт того плювиального периода недавно найден В. А. Зархидзе (1984) в районе урочища Кастюркель в 30 км восточнее залива Карабогазгол. Здесь, в выженной иссушенной гипсовой пустыне им был отмечен необычно глубокий карстовый провал, имеющий диаметр в горловине 8 м, глубину более 12 м, причем с четырехметрового уровня провал конусообразно расширяется, достигая на дне в 2 раза большей ширины, чем снаружи. Это дно было покрыто яркой «оранжерейной» зеленью папоротника — пузырника ломкого (Cystopteris fragilis). По периферии заросли пузырника окружал бордюр нежно-зеленых мягкостебельных подмаренников (Galium), которые по строению стебля и листьев (цветков не было) наиболее подходили подмареннику джунгарскому, встречающемуся сейчас в горах.

Что касается пузырника ломкого, то это — достаточно широко распространенный вид, произрастающий от Арктики до субарктических зон Южной Америки, Тасмании и Новой Зеландии, обычно в условиях прохладного или умеренно-теплого климата с достаточной влажностью. Его заросли обычно приурочены к выходам коренных пород — известнякам, мергелям и т. д. В современных условиях ближайшие к данному провалу заросли пузырника расположены более чем в 500 км в Туркмении, где небольшая популяция этого вида вегетирует в расщелинах скал хребта Большой Балхан на высоте 1500 м. Кроме того, отдельные заросли его есть в тенистых и увлажненных местах Копетдага на высотах до 2000 м, причем от вышеуказанного карстового провала их отделяют знойные ущелья и пустыня, солончаки и безжизненные воды залива Карабогазгол. Есть в провале и беспозвоночные животные, залетают сюда птицы, при этом, как указывает В. А. Зархидзе, «жизнь обитателей „затерянного мирка“ течет спокойно, как и тысячи лет назад...».

Наступление здесь так называемого «ксеротермического максимума», опустынивание и появление первых признаков засоления происходит в середине II тыс. до н. э. Это засоление прогрессировало в дальнейшем, чему способствовали периодические трансгрессии Каспия, оставлявшие после себя соленые лагуны, и только в последующее время (а именно во второй половине I тыс. до н. э.) здесь создались условия, которые,

по нашему мнению, оказались подходящими для существования Ледовитоморских фораминифер, проникших сюда, без сомнения, вышеуказанным Зауральским проливом.

С биогеографической точки зрения, определяющей фон населения Понто-Каспийской солоноватоводной области, является автохтонная понто-каспийская или «каспийская», по Ф. Д. Мордухай-Болтовскому (1960), фауна, которая в настоящее время насчитывает 195 видов (Порлищук, 1987). Именно она придает ей особый зоогеографический облик, резко отличающий Понто-Каспийскую зону от рек других бассейнов мира. Парадоксом ее распространения оказалось то, что среди крупных рек Понто-Каспия Волга оказалась наиболее бедной по составу понто-каспийцев, ибо в ней было отмечено только 80 видов этого комплекса, в то время как в Дунае их 135, в системе Днепро-Буга — 139, Днестра — 122 и в Дону — 116.

Оказалось, что причина бедности Волги именно в составе понто-каспийцев ее низовьев и дельты, где их оказалось непостижимо мало, в то время как средний и верхний участки Волги не уступают таковым черноморско-азовских рек. Значит, в силу обстоятельств в дельте Волги комплекс понто-каспийской фауны еще не успел сформироваться. Впечатление о крайней молодости, ювенильности волжской дельты еще более усиливается при морфо-экологическом сравнении одних и тех же видов понто-каспийцев, обитающих в системах Черного и Каспийского морей. Так, в черноморских реках они более пластичны, встречаются как в солоноватоводных лиманах, так и в более пресных водах низовий рек, проникают вверх по течению Дуная, Днестра, Южного Буга, Днепра и Дона на десятки километров. Как это прекрасно показано Я. А. Бирштейном (1946), эти же самые виды в Каспии более солелюбивые, в дельте и низовьях в своей основной массе не встречаются, а в придельтовой зоне со стороны моря не переходят границы в 4‰. Все это свидетельствует, что для них Волга с ее пресной водой является нехарактерным элементом, что она появилась здесь недавно, а все животные до этого существовали в лагунных условиях с повышенной соленостью воды.

Это же явление прослеживается и среди представителей иных зоогеографических категорий. Наиболее характерным примером в этом плане является установление К. А. Киселевичем (1926) двух отдельных колоний (стад) сазана в Волжско-Каспийском районе: «морского», который совершенно не заходит в пресные воды, и «ямного», живущего преимущественно в пресной воде.

Здесь следует остановиться еще на одном чрезвычайно важном моменте распределения понто-каспийской фауны. При общем ее обеднении с запада на восток, как исключение из правила, мы находим в низовьях Дона ряд каспийских видов (*Leptocythere reticulata*, *Pandorites podoceroides*, *Benthophilus ctenolepidus magistri*), явно попавших сюда из Каспия недавно и поэтому нигде более в Понто-Азовском бассейне не встречающихся. В этом плане мы находим объяснение и сообщению В. В. Богачева (1922, с. 19) о том, «что барон О. В. Розен получил ... несколько свежих, сохранивших роговую связку раковин *Didacna trigonoides*,

найденных в фауне Черного моря». Ведь *D. trigonoides* — самобытный каспийский вид, живущий в мелководных зонах, и именно ему как раз сподручно было неглубоким проливом проникнуть в Черноморско-Азовский бассейн, хотя выжить там он, в конце концов, так и не смог.

В этом плане огромный интерес представляет из себя зона Кума-Манычской впадины как места, наиболее подходящего для проникновения сюда свежих понто-каспийцев. Эта впадина представляет из себя тектоническое понижение — мульду, отделяющую Предкавказье от Восточно-Европейской равнины. Это древняя, достаточно широкая (до 20—30 км) долина, образованная эллювиально-делювиальными и аллювиальными отложениями антропогена и заполненная разновозрастными террасами, являющимися следами различных по размерам и возрасту водоемов.

Сейчас эта долина занята системой озер (наибольшее из них — Маныч-Гудило) и протекающими тут Манычами, представляющими из себя маловодные, сильно засоленные и заиленные речки. И, несмотря на такие крайне неблагоприятные для понто-каспийцев экологические условия, здесь сохранилось 12 реликтовых понто-каспийских видов (*Cordilophora caspia*, *Dreissena polymorpha*, *Leptocythere longa*, *Limnocletodes behningi*, *Chaetogammarus ischnus behningi*, *Pontogammarus aralensis*, *Corophium curvispinum*, *C. robustum*, *Limnomysis benedeni*, *Astacus leptodactylus*, *Alosa caspia tanaica*, *Knipowitschia longicaudata* — при этом фауна Маныча имеет еще и черты самобытности: только здесь в бассейне Дона отмечен *Corophium robustum*), являющихся дериватами значительного и экологически благоприятного для данной категории животных лиманно-морского водоема, коим, без сомнения, был существовавший здесь мелководный пролив, соединявший недавно Черное и Каспийское моря.

О недолговечности и мелководности этого соединительного Кума-Манычского пролива свидетельствует факт отсутствия признаков миграций представителей холодолюбивого северного элемента из одного моря в другое и недавнее проникновение из Каспия таких видов, как *Leptocythere reticulata*, *Pandorites podoceroides*, *Benthophilus ctenolepidus magistri*, нигде более в Понто-Азове, кроме как в низовьях Дона, не встречающихся, а из Черного моря в Каспий — *Mytilaster lineatus*, изолированная популяция которого в свое время в западной части Каспия была обнаружена В. В. Богачевым (1928). Причем этот автор не сомневался, что *M. lineatus*, живущий в Таганрогском заливе и гирлах Дона среди мелких рдестов, проник совсем недавно в Каспийское море по водоемам Кума-Манычской впадины. Еще раньше В. В. Богачев (1922, с. 18) указывал, что в это же время «в низовье Дона проникли *Cardium edule* (*Cerastoderma lamarcki*), *Tapes* (*Polititapes*), *Venus*, *Cerithium*, найденные не только под г. Азовом, но и по Манычу», и далее — «на водоразделе Маныча, откуда часть вод стекает в сторону Каспия, а другая часть к Дону, в соленых озерах я находил во множестве пустые створки *Cardium edule*».

Как известно, крупные меридианно текущие реки (например, Днестр, Днепр, Енисей, да и сама Волга выше Волгограда) являются могучими

биогеографическими границами, но, если же взять нижнюю Волгу на участке от Волгограда до Каспия, то ничего подобного здесь нет. Нижняя Волга практически не имеет разграничивающего значения ни для флоры (Высоцкий, 1915), ни для фауны (Мензбир, 1934). Разграничение же происходит по Ергеням, относящимся к Европейско-Сибирской подобласти. Вся же Прикаспийская низменность, как по левую, так и по правую сторону Волги, относится к Центральноазиатской подобласти Палеарктики, характеризующейся флорой и фауной сухих степей и глинисто-песчаных пустынь.

Исходя из того, что Каспий недавно сильно трансгрессировал, доходя на севере до зоны лесостепи, а на западе до Ергеней, можно было бы предполагать,что центральноазиатская флора и фауна Прикаспия уничтожались — ведь ни на Ергенях, ни в лесостепной зоне Приволжской возвышенности следов их переживания нет. Отсюда было бы логичным допустить, что во время регрессии правобережная степь (при условии, конечно, что Волга современным руслом продвигалась к югу) должна была бы заселяться лесостепными, ергенинскими или, в крайнем случае, северокавказскими видами, однако этого не произошло. Правобережная от нижней Волги степь заселена среднеазиатскими видами, которые могли попасть сюда только по суше, ведь Волга была бы для них непреодолимым барьером. Из зоогеографов еще П. А. Свириденко (1927), обнаружив на правобережьи Волги мугоджарского суслика, высказал предположение, что нижнее колено Волги от Волгограда и до впадения в Каспий представляет собой новое образование, а сама Волга будто бы протекала по Сарпинской долине, что и позволило посуху распространиться мугоджарскому суслику на территории современного степного Правобережья. В дальнейшем А. А. Бируля (1928), объясняя нахождение на Правобережье среднеазиатской формы скорпиона *Buthus eupeus thersites*, констатировал, что это — типичный сухолюб, для которого в летнее время Волга является абсолютной преградой, а в зимний период переход его через реку также невозможен, ибо зимой скорпионы прячутся в трещины и выбоины поверхностных слоев земли и замирают на все холодное время. Несмотря на то, что в этой работе А. А. Бируля приводит и другой интереснейший факт (проникновение из Ергеней на восток на левобережье Волги вплоть до Урала европейского вида сольпуги *Galeodes araneoides*), он все же остается на позициях П. А. Свириденко — Волга недавно прорвалась через Прикаспийскую низменность в Каспий, но протекала она вначале по Сарпинской долине, а вся территория Прикаспийской низменности представляла собой единый степной участок, где свободно мигрировали среднеазиатские виды.

Интересные моменты мы находим в геоморфологических данных. В первую очередь, необходимо отметить наличие следов возможного перелива уральских вод у г. Переволоцкого в р. Самару, а далее по этой реке — в Волгу, что подтверждает данные Геродота и других античных авторов о впадении Урала в Волгу. Кстати, на возможность существования судоходного пути по единой системе Дон — Волга — Самара — Урал косвенно указывают археологические находки, когда у г. Бузулук

(р. Самара) и г. Орск (р. Урал) были найдены зеркала, изготовленные в Ольвии (была расположена в зоне нынешнего Бугского лимана) в IV в. до н. э. (Граков, 1971).

Весьма интересно в этом плане одно из первых известных нам античных путешествий VII—VI вв. до н. э. Арисея из Проконесе в страну исседонов, т. е. в приуральскую часть Европы и в Зауралье. Попутно Аристей сообщил о том, что к северу от страны исседонов находится море (Северный Ледовитый океан), и путь туда исседонам хорошо известен. В рассуждениях об Аристее и его замечательном путешествии Е. В. Ястребов (1984) отмечает, что совершать длинные сухопутные поездки в те времена было делом весьма сложным, и поэтому путешествия были в основном морскими. Развивая эту мысль, можно было бы сказать — «водными», т. е. по системам водоемов. Весьма же скептическое отношение вышеупомянутого автора к тому, что в публикации В. Толмачева (1913) констатируется то, «что известный венский профессор В. Томашек якобы доказал, что Аристей Проконнеский подробно описал путь от берегов Черного моря через Урал в Сибирь, и что одним из главных предметов вывоза с Урала было золото», на наш взгляд, несостоятельно. Именно единая водная система Понт Эвксинский — Дон — Волга — Урал и была маршрутом грузопотоков и путешествий древности, как и возможного пути путешествия самого Аристея.

То, что современная дельта Волги образовалась уже после последней, упомянутой нами выше, исторической трансгрессии конца I тыс. до н. э., видно на основании изучения Е. Ф. Белевичем (1956, 1958, 1961, 1970) дельтовых донных отложений. Обращает на себя внимание невыработанность долины Волги в пределах Прикаспийской низменности (ниже Волгограда). И правый, и левый ее берега сложены здесь с поверхности молодыми голоценовыми, каспийскими по происхождению, отложениями, что позволило в свое время еще С. Г. Гмелину (1783) констатировать: «Многие окаменелые вещи на обеих степях попадающиеся, кажется, еще доказывают, что пределы Каспийского моря в прежние времена далее, нежели ныне, простирались, или, по крайней мере, подтверждают древний слух о приращении и убытии сего моря».

Весьма показательными образованиями низовьев Волги являются бугры Бэра, представляющие из себя холмы рыхлого песчано-глинистого материала из переотложенных хвалынских и постхвалынских осадков, имеющие более—менее эллипсоидальное очертание. Описавший их К. Бэр (1856) считал их следами быстрого, вдруг возникшего катастрофического потока, создавшего что-то вроде огромных катышей. Эти влекомые, как снежный ком, нарастающие катыши застывали, в более спокойных участках образования цепи бугров, названные именем их первоописателя. Как и К. Бэр, так и Н. Барбот де Марни (1862), и ряд иных исследователей были уверены, что бугры образовались в результате быстрого, стремительного, неожиданного спада вод Каспийского моря: «...бугры эти являют нам в гигантских бук-

внезапна и насильственна..., доказывают быстрый и насильственный сток Каспийского моря».

В распределении бугров Бэра имеется одна весьма существенная загадка — это их распространение вдоль низовьев Волги и ... от вершины Кума-Манычской впадины в сторону Каспия! Биогеографических же доказательств какого-то могучего потока вод, которые могут быть только черноморскими, из Кума-Манычской впадины в сторону Каспия в верхнем голоцене нет. В то же время Бэр, описывая эти бугры, отмечал, что их много не только возле Астрахани, но еще больше в Кума-Манычской впадине, где они «придают стране такой вид, будто бы ее пропахали гигантским плугом или как-будто кто-нибудь провел на еще мягкой поверхности ее борозды громадными пальцами, без линейки, не придерживаясь строго одного и того же направления». Проведший прекрасный анализ всех имеющихся на то время данных по нижневолжскому региону П. Православлев (1906) резюмировал: «Расположение их в Кума-Манычской степи образует как бы веер, хорда которого лежит поблизости северо-западных берегов Каспия и достигает 300—400 верст длины, а вершина покоится в Манычской низменности».

Важным доказательством низкого стояния Каспия до момента образования бугров Бэра является и то, что сейчас часть этих бугров затоплена морем, что в самой дельте есть ямы с глубинами до 16 м, которые по данным К. А. Рачковской (1951) врезаны не только в хвалынские, но и в хазарские породы. Эти ямы в условиях современного замедленного течения вод дельты образовываться тут не могут. Только значительно низший базис эрозии дельты, ее расположение где-то далеко южнее, наличие могучего речного потока, способного прорыть эти ямы, могут объяснить наблюдаемые здесь эти феномены. Да и авандельта Волги не является в собственном смысле авандельтой; она не связана с аккумулятивной работой современной реки, а представляет собой погруженную под уровень моря террасу, на которой Волга сейчас строит свою теперешнюю дельту (Кленова, 1957). Как указывает последний автор, и «дно северной части Каспийского моря отражает последние стадии существования бассейна и покрыто его водами лишь в самое недавнее время. Здесь сохранился наземный эрозионный рельеф, и захват морем этого пространства можно отнести к одному из повышений уровня, происшедших уже в историческое время».

Важнейшим элементом рельефа этого района является зона Сарпинской ложбины. Начинаясь от колена Волги у Волгограда, она протягивается вдоль Ергеней на 120 км, еще далее к югу она продолжается в виде ложбины Даван. Глубины Сарпинской ложбины доходят до 10—12 м при ширине 6—8 км. Эта долина сейчас четко прослеживается полосой узких и длинных Сарпинских озер, разобщенных конусами выноса ергенинских оврагов, песчано-илистыми перекатами и узкостями — остатками бывших кос и перекатов существовавшего здесь потока. А то, что это был именно поток, подтверждается тем, что дно озер, заболоченных депрессий и плавнеобразных (заросших тростником и рогозом) образований ложбины выстлано аллювиально-озерными отложениями. В юго-западной части Сарпинская ложбина разветвляется, причем к западному ее ответвлению подходят ложбины из приергенинских лиманов. По продвижению к югу выраженность облика Сарпинской долины уменьшается, она постепенно переходит в Сарпинскую низменность, сохраняя все уменьшающиеся следы своего существования вплоть до долины Восточного Маныча.

Следы недавних, хотя и значительно меньших по силе потоков, прослеживаются и помимо Сарпинской долины. Так, в том месте, где начинается Сарпа от правого обрыва Волги и левого борта Сарпинской долины отходят более мелкие ложбины. Неравномерно распределяясь по поверхности Волго-Сарпинского междуречья, они группами и пучками прорезают его, огибая солянокупольные поднятия. Ложбины эти имеют вид прямолинейных, узких и длинных понижений с глубинами 0.5—5 м при ширине 0,1—1 км, местами на них прослеживаются террасы. На пути своего следования ложбины разветвляются, соединяются, впадают в озеровидные образования и, как правило, слепо оканчиваются, переходя в Прикаспийскую низменность.

Рассматривая строение долины нижней части р. Волги, можно констатировать, что от колена Волги у Ергеней и далее на юг вдоль Ергенинской возвышенности вплоть до Кума-Манычского порога, нигде нет места, где бы прослеживался возможный перелив волжских вод в сторону Азовского моря. К северу от Волгограда правый берег Волги составляют высокие кручи Приволжской возвышенности, которые только в одном месте (а именно, в районе г. Камышина) перерываются широкой сквозной долиной, которая соединяет долину Волги с долиной р. Иловли — притоком Дона.

Здесь мы наблюдаем чрезвычайно интересное аномальное явление, связанное с недавним перехватом р. Камышинки, которая была притоком Иловли, непосредственно Волгой. Камышинка сейчас является притоком Волги. При этом своими нынешними истоками она близко подходит к долине Иловли. Их разделяет пятикилометровый водораздел, через который прослеживается сквозное понижение от верховьев Камышинки к долине р. Иловля. По западной части этого понижения протекает маленькая речка Грязнуха, впадающая в Иловлю. Вся эта сквозная Волго-Иловлянская долина то прямо с поверхности, то под наносом покровных суглинков выполнена могучим слоем (6—9 м толщины) типичных речных отложений, в которых доминируют светло-серые кварцевые пески с чередованием косой и горизонтальной слоистости.

А. Н. Мазарович (1927), исходя из того, что любая река в норме состоит из русла и веера притоков, его питающих, и что в Камышинке же такого веера притоков нет, что на восток, на левый берег Волги прослеживается продолжение Волго-Иловлянской долины, принимающее в себя ряд веерообразно расходящихся притоков, делает вывод о том, что Камышинка в свое время текла в обратном направлении и впадала в р. Иловлю. Лишь затем (причем исторически недавно) она была перехвачена Волгой, которая отсекла присущий пра-Камышинке веер прито-

ков, отсюда сквозное понижение Иловлянско-Камышинского водораздела является сохранившейся частью древней долины Камышинки.

Интересная мысль о значительном возрасте сквозной долины (во всяком случае, ее восточной части) была высказана М. Ф. Колбиным (1957), считавшим, что образование и развитие р. Камышинки как притока Волги необходимо относить к тому же моменту, когда образовалась и древняя Волга. После же схода последней (хазарской, по М. Ф. Колбину), трансгрессии р. Камышинка интенсивно размывала выполнявшие долину осадки, быстро продвигаясь верховьями на запад. При этом она перехватила долину притока Иловли, образовав таким образом сквозное понижение Волго-Иловлянского водораздела.

Необходимо отметить также то, что на восток от современного русла Волги в Заволжской низменности прослеживаются разновозрастные следы бывших русел и долин реки, располагающиеся сейчас на различных гипсометрических уровней по отношению к современному ее уровню. Некоторые из них погружены на значительную глубину, вплоть до 18,5 м ниже современного уровня реки. При этом нельзя забывать о сбросах сильной амплитуды, имевших место сразу же к востоку от Приволжской возвышенности. Отсюда расположение древних долин Волги, находимых восточнее ее современного течения, не отображает их реального горизонтального расположения в период существования на них водотоков.

Резюмируя вышесказанное и иные реалии, можно предположить и несколько иную последовательность событий. Не исключено и то, что Верхняя Иловля одно время сама была притоком Волги, и, хотя поднятия Приволжской возвышенности направили течение Иловли в Дон, сквозная долина продолжала существовать, и по ней сток пошел в обратном направлении. Более того, когда Волга протекала несколько восточнее нынешней ее долины, образовалась система пра-Камышинки с тем самым веером ее притоков, находящихся сейчас по левую сторону Волги. Значит и Волга и верховья пра-Камышинки протекали в пределах восточнее Приволжской возвышенности, что и облегчило в дальнейшем прорыв последней в долину Камышинки, по которой и было изменено направление потока всей Волги.

Подтверждением недавности произошедшего события является чрезвычайно низкое положение водораздела в сквозной долине, что позволяло планировать здесь постройку судоходного канала, соединяющего Дон и Волгу. По данным М. Б. Вольфа (1951) в 1568 г. турецкий султан Селим II предпринял строительство канала между Иловлей и Камышинкой, а в 1697 г. такую же попытку предпринял и Петр I.

Рассматривая географию зауральских районов Сибири и Средней Азии видим, что низинные равнины Западно-Сибирской равнины на севере в широтном направлении перерываются грядой сибирских увалов, которые, в свою очередь, имеют довольно широкую долину прорыва, образованную Обью. Даже в зоне этой сквозной Обской долины между увалами сохранился ряд значительных озер — Унтор, Вандмтор, Хотлох, Бод-Сор и другие, ширина которых в десятки раз больше, чем таковая р. Оби в этом месте, т. е. это — не пойменные водоемы, а реально существующие остатки какого-то значительного, исторически недавнего водного массива. Как указывает В. А. Дементьев (1940), долина Оби, как и ее притока Иртыша, наиболее крупные в Западной Сибири, имеют глубины до 60—80 м, при ширине до 80 и даже 120 км, прекрасно выработаны, содержат обширную (до 20—40 км) пойму с многочисленными протоками и старицами, а также береговыми валами. Имеющиеся здесь 2—3 надпойменные террасы, эрозионно-аккумулятивные по своему происхождению, достигают крупных размеров с высотами 10—15 м для нижней террасы и около 40 м для верхней. Симметрия долины наблюдается в среднем течении реки, что является свидетельством существования здесь озероподобного расширения.

Долина Оби, переходя в такую же хорошо выработанную долину Иртыша, продолжается на юг в сторону Тобола, по которой переходит в так называемую Тургайскую ложбину (Тургайскую долину, Тургайский прогиб), представляющую собой эрозионно-тектоническое понижение с плоским дном, которое в виде сравнительно узкой (20—75 км) и пониженной (высоты до 125, а то и 200 м) почти в меридианальном направлении полосы, пересекает с севера на юг Тургайское плато и соединяет равнины Западной Сибири и Северные части Туранской низменности. Эта ложбина дренируется реками Тургай и Убаган, и в ней наблюдается много остаточных озер. Кстати, наличием пролива в зоне Тургайской ложбины зоогеографы объясняют существование здесь миграционных путей водоплавающих птиц, спорадическое гнездование в Киргизских и Оренбургских степях некоторых птиц, обычно гнездящихся далеко на севере (*Phalaropus hyperboreus*, *Crimophilus fulicarius*, *Pelidna ferruginea*), да и гораздо более южных, чем в других частях Палеарктики, гнездования тут ряда бореальных видов (Тугаринов, 1929).

Важнейшим моментом, позволяющим датировать события в зоне долины Тобола, является характер ее почвенного покрова. А. И. Волков (1962) отмечает, что «...отложения аллювиальной равнины (Тобола) повсеместно прикрыты почвой черноземного типа мощностью до 1 м. Ясная дифференциация ее на горизонты, постепенный переход в нижележащие отложения, значительная, хорошо выдерживающаяся мощность свидетельствуют о том, что эта почва образовалась на месте в течение довольно длительного отрезка времени в условиях отсутствия даже временного затопления. Этот единый почвенный горизонт черноземного типа прослеживается далеко на север, вплоть до устья Тобола, т. е. в лесных районах, где условий для формирования почв черноземного типа в настоящее время нет». И далее — «При этом во многих местах можно видеть, как черноземный почвенный горизонт, прикрывающий аллювиальную равнину, уходит под аллювий поймы, обращаясь в погребенную почву».

Здесь кроется чрезвычайно важный момент, позволяющий датировать время образования надчерноземного аллювия и связываемого с ним существования здесь пролива. Дело в том, что образование чернозема нами увязывается с существованием кульминации климатического оптимума в Сибири, который, по данным П. М. Борисова (1970) имел продолжительность в 4500 лет и существовал от 7,5 до 3,0 тыс. лет назад. На этот оптимум в свое время указывали многие ботаники, в том числе и

Ф. О. Гринь (1940), в работе которого подведен итог предшествовавших ему трудов по этой проблеме. Что же касается близлежащих районов Западной Сибири, то заболачивание его, наиболее вероятно, произошло в самое позднее время. Как указывал А. Я. Бронзов (1930), «...современному периоду широкого распространения болот на Васюганье ... предшествовал ксеротермический период, во время которого на Васюганье, по-видимому, господствовала лесостепь...», при этом и возраст болот он датировал цифрой не старше 2500—3500 лет. Если в зоне Васюганья была лесостепь, то логично предположить, что именно в этот сухой период и были все возможности для образования черноземов в долине Тобола и Тургайского прогиба. Да и ни про какие крупные озера, существующие здесь ныне, тогда не могло быть и речи.

Тургайский прогиб выходит в зону обширной Туранской низменности, важнейшими водными объектами которой являются Арал и Сарыкамыш. Проведенный А. С. Кесь (1978, 1979) тщательный анализ показал, что в голоцене Амударья и Сырдарья, мигрируя по равнинам Средней Азии, зачастую не достигали Аральской впадины, она высыхала, и здесь господствовали эоловые процессы. Анализ донных осадков Арала свидетельствует о наличии здесь в голоцене не менее 4 трансгрессий и 3—4 регрессий, причем во время последних минерализация воды становилась достаточной для выпадения солей, прослои которых мощностью до 10 см здесь сохранились. Миграции же рек, в первую очередь Аму- и Сырдарьи, приводили к тому, что различные депрессии и понижения Каракумов и Кызылкумов то составляли элементы речных русел, то заполнялись озерами, а затем осолонялись и превращались в солончаки.

В пределах Сарыкамыша и прилегающих к нему впадин прослеживаются верхнеголоценовые отложения с *Cerastoderma lamarcki* и собственно сарыкамышские озерные отложения. Последние представлены более глубоко расположенным торфом и белесыми иловатыми озерными отложениями, обволакивающими все понижения рельефа и содержащими современную флору и фауну. По А. А. Ямнову (1953) местами эти отложения представлены сплошной мощной дерниной стеблей и их корневищ. Эти отложения выполняют все понижения рельефа, в том числе и отмершие русла протоков Амударьи, свидетельствуя тем самым, что воды последней где-то в средневековье опреснили Сарыкамышскую впадину, да и находки фоссильных *Corbicula* подтверждают последнее.

Непосредственно само Аральское море является биогеографической загадкой. Бедность его исходной фауны, т. е. естественного населения, существующего здесь до начала акклиматизационных работ, поражает. Тут отсутствуют многие группы животных, образующих большую численнось и качественное разнообразие в близкородственных морях и, в первую очередь, в Каспийском море. Здесь вообще нет полихет, мизид, корофиид, кумовых, изопод, декапод, бычков, сельдевых; сильнейшее обеднение наблюдается и среди других групп животных. Например, бокоплавы, осетровые, понто-каспийские олигохеты, колюшковые представлены одним видом. В то же время в Арале мы встречаем и самобытные виды, и разнообразные морские группировки, и широкое наличие эндемов подвидового ранга, и палеонтологические данные, свидетельствующие,

что в исходных водоемах предшественников Арала обитали каспийские моллюски, отсутствующие теперь в Арале. Более того, после успешно проведенных акклиматизационных работ в Арале прижились вселенные понто-каспийские виды, сельдиевые из Балтики и другие, что свидетельствует о наличии тут благоприятных условий для их развития.

Все существующие гипотезы (что Арал высыхал, Арал опреснялся, Арал не был соединен с Каспием, химический состав аральской воды оказался непригодным для существования понто-каспийцев и т. д.) имеют изъяны, хотя высказанное еще в 1881 г. О. А. Гриммом предположение о том, что временное значительное осолонение Арала уничтожило здесь ряд форм, первоначально существовавших со времени соединения Арала с Каспием, но не помешало нескольким видам уцелеть в качестве реликтов — на наш взгляд, заслуживает внимания.

Вот эти самые каспийские реликты в Арале и служили укоренению взгляда о том, что в Арале существует осколок современной понто-каспийской и каспийской фаун. Это предполагало и приблизительную одинаковость развития событий в морях Понто-Каспийско-Аральской области, во всяком случае, в верхнем голоцене, т. е. в период анализируемого нами времени.

Отсюда стало необходимым провести новый биогеографический анализ гидрофауны Арала, который показал следующее:

1. Аральское море крайне бедно на виды солоноватоводных («лиманных») комплексов, столь характерных, например, для лиманов Черного моря.

2. Из организмов, общих Каспию и Аралу, выделяется доминирующая группа **морских по происхождению** каспийских видов. Это, в первую очередь, фораминиферы (*Ovammina leptoderma*, *Ammoscalarie verae*, *Gaudrynella perexilis*, *Florius trochospiralis*, *Ammonia beccarii caspica*, *Elphidium schochine*, *E. littorale caspicum*, *E. brotzkajae*), турбеллярии (*Byrsophlebs geniculata*, *Mecunostomum agile*), круглые черви (*Adoncholaimus aralensis*), кладоцеры (*Podonevadne camptonyx*, *P. angusta*), галакаровый клещ (*Copidognathus oxianus*) и ряд других. Близко к этой группе примыкают и понто-каспийско-аральские морские эндемики — *Codonella relicta*, *Pontaralia relicta*, *Phonorhynchoides flagellatus*, *Paraleptastacus spinicauda trisetosa*.

3. Континентальные виды представлены галобионтами и иными эвригалинными организмами, обычно распространенными в солоноватых водоемах,— *Tintinnopsis cylindrata*, *Halectinosoma abrau*, *Cyprideis torosa*, *Hemicythere sicula*, *Limnosythere aralensis*, *L. dubiosa*.

4. Эндемики Арала в ранге линеонов представлены генетически морскими (*Kirgisella forcipata*, *Phonorhynchoides flagellatus*, *Schizopera aralensis*, *Sch. reducta*, *Enhydrosoma birsteini*) и пресноводными (*Gieysztoria bergi*) формами.

5. Рыбное население Арала представлено 20 видами. Из них 4 понто-каспийских вида, 1 — туркестанский язь (*Leuciscus idus oxianus*), по морфологическим признакам стоящий ближе к язю, обитающему в Оби, Енисее, Тургае, Иргизе и другим рекам, впадающим в Северный Ледовитый океан; 6 видов образовали в Арале подвиды, имеющие виды-

двойники в Каспийском море. Это аральский лосось (*Salmo trutta aralensis*), замещенный в Каспии *S. t. caspius*; аральская вобла (*Rutilus rutilus aralensis*) — в Каспии *R. r. caspius*; аральский жерех (*Aspius aspius iblioides*) — в Каспии *A. a. taeniatus*; туркестанский усач (*Barbus capito conocephalus*) — в Каспии *A. c. typ.*; аральский усач (*B. brachycephalus typ.*) — в Каспии *B. b. caspius* и аральский лещ *Abramis brama bergi*) — в Каспии *A. b. orientalis*. Кроме того, 9 пресноводных видов приспособились к условиям существования в Арале — *Pelecus cultratus*, *Scardinius erythrophthalmus*, *Carassius auratus gibbelio*, *Cyprinus carpio*, *Silurus glanis*, *Esox lucius*, *Lucioperca lucioperca*, *Perca fluviatilis*, *Acerina cernua*, и, что главное,— они оказались приспособленными именно к значительной солености. Как это доказано Г. В. Никольским (1940), «...в Каспии те же виды, которые встречаются и в Арале, менее эвригалинны и приурочены в своем размножении к опресненным районам ..., в то время как в Арале, как мы видим, все эти виды нерестятся при солености выше 10‰».

6. Широко представлен в Арале комплекс «средиземноморских» видов. Часть представителей этой сугубо морской фауны, проникшей сюда через южные моря по линии Средиземное — Черное — Каспийское моря, а далее Арал, зачастую представлены в последнем таксонами, имеющими значительные морфологические отличия от таковых в Каспийском море. Даже самый экстравагантный вид, являющийся ведущим маркером при восстановлении палеонтологических событий, как *Cerastoderma lamarcki*, представлен здесь самобытным подвидом, отличающимся как от каспийского *C. l. ornatum*, так и черноморского *C. l. lamarcki*. Из мшанок эндемичный подвид Арала *Bowerbankia imbricata aralensis* замещен в Каспии *B. i. caspia*, из копепод *Halicyclops neglectus aralensis* в Каспии представлен *H. n. neglectus*. Среди других «средиземноморцев» Арала следует отметить инфузорий (*Condylostoma patens*), фораминифер (*Miliammina fusca*, *Birsteiniolla macrostoma*, *Trichohyalus aguayoi*), турбеллярий (*Macrostomum hystricinum*, *Beklemischeviella contorta*, *Placorhynchus octaculeatus dimorphis*), копепод (*Calanipeda aquae-dulcis*, *Ectinosoma abrau*, *Cletocamptus retrogressus*, *Nannopus palustris*), моллюсков (*Cerastoderma umbonatum*).

7. В Арале четко прослеживается группа восточноазиатских видов, примерами которых могут быть моллюски *Caspiohydrobia nikitinskii* и *C. sidorovi*, весьма близкие к *C. tadzhikistanica*, мшанка *Victorella bergi* близкая к иссыккульской *V. continentalis* и т. д.

8. В Аральском море в настоящее время полностью отсутствуют организмы иольдиевой (арктической) фауны, в том числе и виды, обитающие ныне в Каспии — понтопорея, псевдолибротус, гаммаракантус, мизис, мезидотеа и лимнокаланус. Без сомнения, это объясняется тем, что Арал мелководен и полностью прогревается — именно это и не позволило сохраниться северным формам в этом водоеме.

9. Острова Аральского моря (Барсакельмес, Возрождения, Кокарал и др.) населены степными, полупустынными и пустынными, зачастую зимоспящими видами беспозвоночных, рептилий и млекопитающих, экологически неспособных к преодолению водных преград и свидетельствующих своим наличием о том, что сами острова являются остатками суши, образованы крайне недавним подъемом уровня Аральского моря. Исследование же фауны прилегающих к Аралу территорий показало неоднозначность современного населения Сыр- и Амударьи. Этот важный биогеографический факт был обоснован еще в прошлом столетии, когда В. Д. Аленицин (1875) констатировал, что «...если бы воды Яны-дарьи (одно из древних естественных русел Сырдарьи) и Амударьи одновременно вливались в даукаринские озера, то по камышам и джидовникам, сопровождающим берега рек, фауны речных долин Сыра и Аму скоро смешались бы. Между тем мы видим на Сыре один вид фазана, на Аму — другой. На Аму есть шакал (животное речной долины), которого на Сыре вовсе нет. В речной долине Аму есть 2 вида зайцев (*Lepus butlerowi* и *Lepus kessleri*), которых на Сыре заменяет *L. lehmanni*».

10. Фауна понто-каспийского («каспийского» по Ф. Д. Мордухай-Болтовскому, 1960) комплекса в Арале насчитывает 27 таксонов. Четыре из них (*Limnocletodes behningi*, *Tyrrhenocythere amnicola donetziensis*, *Leptocythere cymbula*, *Loxoconcha immodulata*) являются эврибионтными формами, наиболее широко распространенными в Понто-Каспийской солоноводной области и поэтому наименее подходят для биогеографических построений. По 3 видам — олигохете *Potamothrix bavaricus*, моллюску *Theodoxus pallasi* и гидроиду *Polypodium hydriforme* — у нас нет сравнительно-морфологических данных.

О том, что *Pontogammarus aralensis* представлен в Арале весьма самобытной, генетически обособленной от понто-каспийской популяции формой, свидетельствует неспособность ее сосуществовать здесь с недавними акклиматизантами понто-каспийского комплекса. Ведь, казалось, что ей жить «среди своих» должно было бы лучше, но вид сейчас находится в процессе исчезновения. Как указывал Ф. Д. Мордухай-Болтовской (1972), описывая уничтожение естественной аральской фауны под воздействием акклиматизантов, «еще разительнее исчезновение аральского понтогаммара, ни одного экземпляра которого не было найдено не только в дночерпательных пробах, но и в прибрежной зоне». Значит, аральская форма вида уже оказалась генетически чуждой новым вселенцам, что говорит об ее чрезвычайно длительной изоляции.

Остальные же понто-каспийцы представлены эндемичными видами или подвидами, имеющими замещающие формы в Каспийском море. Это, в первую очередь, ветвистоусые раки *Evadne anonyx ssp.*, представленные в Каспии целым набором форм — *E. a. typica*, *E. a. producta*, *E. a. deflexa*, *E. a. prolongata* и *Cercopagis pengoi aralensis*, замещенный в Каспии типичной формой. Среди моллюсков *Caspiohydrobia husainovae*, *C. kazakhstanica*, *C. behningi* и *C. obrutchevi* имеет исходную форму в Каспии *C. conica*; *C. bergi* близка к *C. curta*; *C. nikolskii* близка к *C. subconvexa*. Из двустворок *Dreissena polymorpha obtusicarinata* и *D. p. aralensis* в Каспии замещены *D. p. andrussovi*; *D. caspia pallasi* — *D. c. caspia*; *Hipanis minima sidorovi* и *H. m. minima* замещены *H. m. ostroumovi*, а *H. vitrea bergi* в Каспии представлена *H. v. vitrea*. Из рыб *Chalcalburnus chalciides aralensis* представлен в Каспии *Ch. ch. chalcoides*; *Abramis sapa aralensis* замещен *A. s. bergi*, а вместо *Pungitius*

platygaster aralensis в Каспии встречается номинативный подвид, имеются и значительные морфологические отличия (по 15 признакам из 23 учтенных) между аральским и каспийским шипом *Acipenser nudiventris* (Рыбы Казахстана, 1986).

11. Растительное население Арала, в первую очередь водоросли, в биогеографическом отношении полностью аналогичны животному миру. По данным альгологов — И. Г. Борщева, Остенфельда (C. H. Ostenfeld) и особенно И. А. Киселева (1927) — фитопланктон Арала сформировался недавно, наибольшее число водорослей явно северного происхождения, например здесь были констатированы отмеченные до этого в Северном Ледовитом океане и на Земле Франца-Иосифа — Coscinodiscus lacustris v. hyporboreus, C. l. v. septentrionalis меньшая степень сходства со Средиземным, Черным и Каспийским морями, эндемичные виды Арала, как правило, относятся к солоноватому комплексу, есть древнесредиземноморские формы (Pinnularia passargei), виды индийского комплекса (Staurastrum royi), многие каспийские морские виды в Арале отличаются от исходных теми или иными морфологическими отличиями — Chaetoceras simplex, Ch. delicatulum, Exuviella cordata, Cceletonema costatum и т. д.

Отсюда практически вся понто-каспийская фауна и флора Арала очень далека от таковой Каспийского моря. Это не те виды, что недавно проникали во время трансгрессий Каспия в зоны современного Арала, последних здесь нет, они исчезли. Все или почти все понто-каспийцы, представленные в Арале (акклиматизанты не в счет), явно аллохтонны и попали сюда с разнообразных среднеазиатских водоемов, характеризовавшихся значительной соленостью и длительной изоляцией от Каспийского бассейна.

Итак, проведенный нами биогеографический анализ показал: в Арале сохранились в основном морские (океанические) или, во всяком случае, эвригалинные неолимнические виды. Весь огромный комплекс солоноватоводных группировок — понто-каспийской, каспийской, иольдиевой и «лиманной» фауны здесь уничтожен. За исключением шипа, впадающие в Арал реки не сохранили проходных рыб или хотя бы какого-нибудь остатка «лиманной» фауны. Почему? На наш взгляд, ответ может быть тройственным.

1) Предполагаемый в III—I вв. до н. э. Зауральский пролив принес сюда сверхсоленые океанические воды, непригодные для существования солоноватоводных организмов; для морских же и части неолимнических это — не помеха, отсюда они здесь селективно и сохранились.

2) Сырдарья и Амударья в одно время этого периода не впадали ни в Арал, ни в Каспий, отсюда морского базиса для проходных рыб и солоноватых дельтовых зон для «лиманных» организмов не стало.

3) Находящиеся в различной стадии деградации и засоления динамичные по своим площадям и местоположениям среднеазиатские водомы аральского региона сохраняли в самих себе давно попавшие в них организмы каспийской фауны, как и средиземноморские и черноморские, но проникшие сюда тоже через Каспий. Эти виды после значительной изоляции от Каспия в новых, чрезвычайно отличных от экологии

пустынных водоемах, образовали свои самобытные эндемичные таксоны, а Арал, в конце концов, после исчезновения Зауральского пролива и определенного опреснения вобрал их в себя, образовав тем самым тот специфический комплекс организмов, который и определяет в настоящее время оригинальную биогеографию этого уникального водоема.

О былом, более широком распространении этого автохтонного населения свидетельствуют и рецентные дериванты аральской фауны, сохранившиеся в системах рек Иргиз, Тургай, Нура, Сары-су; особенно многочисленны они в р. Чу, где обитают аральские плотва, язь, жерех, усач, лещ и т. д.

Значительный вклад в формирование современной фауны Арала привнесла, в первую очередь, Сырдарья. Следы ее многочисленных миграций по территориям При- и Зааралья прослеживаются как в рельефе, так и по биогеографии водоемов этого района. Водоемы-накопители ее вод тоже были довольно динамичны и непостоянны, располагаясь то на западе от зоны впадины Мынбулак, где следы озерного состояния в свое время отмечались еще А. Д. Архангельским (1915), наблюдавшим здесь террасы и донные отложения с *Dreissena polymorpha*, то до впадин Ашиколь, Арыскум, Моинкум на востоке и системы Тургай—Нура на севере и северо-востоке.

Мигрируя по среднеазиатским территориям, Сырдарья «тащила» за собой и водоем, аккумулировавший ее воды. Этот последний, в силу контакта с другими водными системами Средней Азии, содержал комплекс современных аральских видов, которые и попали в Арал после смещения сюда русла Сырдарьи.

Предполагаемый пролив простирался по долине Узбоя вплоть до Каспия. Последнее подтверждают находки среди каспийской и самобытной фауны этой реки отдельных аральских элементов, вроде обитания в озерах Западного Узбоя аральской колюшки — *Pungitius platigaster aralensis* (Алиев, 1953).

Все же воды Амударьи и других рек теми или иными способами проникали в долину нижнего Узбоя, опресняли район и, во всяком случае, по низине между хребтами Большой Балхан, Малый Балхан, а, возможно, и Кюрендаг океаническая вода настолько разбавлялась, что уже не представляла угрозы каспийским водам.

Об этом свидетельствуют и особенности верхнеголоценовых отложений долины Убоя, которая составляла основу пролива, протянувшегося от Арала до Каспия. Еще А. Гедройц (1882) был уверен, что Узбой нес солоноватую воду и не был непосредственным продолжением какого бы то ни было русла Амударьи. Основываясь на особенностях донных отложений, он устанавливает, что вода в то время была прозрачной, озерно-морского происхождения и не имела примесей мутных амударьинских вод. Это не исключало, конечно, что ниже по течению происходило смешение довольно разнообразных водотоков. На это указывал и А. М. Коншин (1885), отмечая, что в нижнем течении Узбоя стекала смесь аральских, сарыкамышских и амударьинских вод.

Подтверждение этому видим в характере новокаспийских отложений шоров — Келькьор, Балхашский и др. Здесь под слоем илистых соле-

9 Заказ 1044

носных песков, вмещающих раковины *Cerastoderma lamarcki*, залегает торфянистый слой мощностью до 0,5 м, приуроченный к наиболее пониженным элементам рельефа, и еще ниже, под слоем торфа, снова залегают отложения с *C. lamarcki*.

Детально изучивший эти торфа С. К. Самсонов (1959) констатировал, что в нижних слоях торфянистой прослойки располагаются мелкие раковинки *C. lamarcki*, свидетельствующие своими размерами о неблагоприятных, явно не океанических условиях существования. Здесь же найдены и солоноватоводные *Clessiniola caspica* и *Clessiniola sp.*, из растительности тут рдест, харовые водоросли. Более верхние горизонты торфа содержат уже пресноводные формации с доминированием Scirpus lacustris, Nymphaea alba, Myriophyllum sp., Alisma plantago-aquatica, Salvinia natans, Sphagnum, а из водорослей — Gloeotrichia и другие формы.

Если учесть, что наибольший подъем Каспия приходится на III в. до н. э., то именно на этот период и припадает слой, содержащий крупные створки *Cerastoderma lamarcki*, ибо Каспий в то время, без сомнения, располагался до дефиле между Большими и Малыми Балханами. Спад каспийских вод, постепенное усыхание Зауральского пролива и усиление притока Амударьинских, а возможно, и других среднеазиатских рек,— привели к опреснению региона (мелкие формы *Cerastoderma lamarcki*) и дальнейшей перестройке гидрографической сети. А когда амударьинские воды направились в Арал, началось заболачивание, повышение засоления, а затем и опустынивание всей этой территории.

Подводя итог проведенной работы, надо указать, что главным фактором водности изучаемых нами водоемов был не столько климат, как тектоника. Именно тектонические подвижки и определяли основные гидрографические изменения данного региона в верхнем голоцене.

Все рассмотренные в нашей работе районы являлись участками относительных поднятий и опусканий, которые отличались разной скоростью и амплитудой. Особенно это относится к зоне Каспийского моря. С. В. Бруевич (1948) и П. А. Православлев (1934) указывали на значительную лабильность земной коры в прикаспийской зоне, обусловливающую здесь резко выраженные вертикальные перемещения различного направления. Приводимые ими примеры, вроде данных повторной нивелировки уровней Апшеронского полуострова, показавших повышение последнего за 16 лет (с 1912 по 1928 гг.) у вулкана Лок-Батана на 0,826 м и в восточной части полуострова до 3,285 м, подтверждают необычно сильную интенсивность этих перемещений. По данным С. А. Али-заде (1981), на протяжении антропогена в Прикаспийско-Кубанской области отмечался неравномерный размах колебательных движений: прогибания достигали 400 м, а поднятия 700—900 м, т. е. общая амплитуда вертикальных движений антропогена здесь достигала 1300—1400 м. О том, что в зоне Прикаспийской синеклизы движения носили колебательный характер, обусловивший и новокаспийскую трансгрессию и колебания уровня Каспия в историческое время, указывал В. Г. Рихтер (1960).

Именно колебательные, разнонаправленные в различных районах исследуемой нами территории, дифференцированные движения и привели

к той уникальной картине III в. до н. э., когда на одном уровне оказались Азовское море, Манычская впадина, Каспий, ложе нынешнего Арала, Зауральский пролив и далее Северный Ледовитый океан.

Описанные нами катастрофические события, связанные с изменением наклона земной оси (Полищук, 1978, 1984), а отсюда и изменения уровненного горизонта водоемов и привели к изменению направления течения Волги к западу, к долине Камышинки. Отсюда же по Иловле и Дону Волга устремилась в Азов, способствуя своим стоком развитию Черноморской трансгрессии. Возможно, что в это же время был также прорван западный склон Орского водоема, и воды Урала устремились на запад к Волге и далее в Дон.

Лишенный своих могучих притоков, Каспий начал деградировать, и наступила первая фаза великого исторического ущерба Каспия.

С конца VII в. до н. э. уровень Каспия начинает постепенно повышаться и к V в до н. э. уже переходит нулевую отметку. В силу тектонических причин уровень Кума-Манычского порога к III в. до н. э. не превышал +15 м и поэтому дальнейший подъем Каспия привел к существованию Манычского пролива. Время существования последнего с IV по I века до н. э. Именно с IV в. до н. э., когда воды Каспийской трансгрессии проникают далеко на север и восток, начинает существовать и Зауральский пролив, соединяющий Каспий с Северным Ледовитым океаном. Следы этого пролива прослеживаются до II — начала III вв. нашего летоисчисления, после чего в Западной Сибири устанавливается современная гидрография.

Изменение направления течения Сырдарьи, приведшее к впадению ее в зону нынешнего Арала, передвинуло к западу и водоем-накопитель сырдарьинских вод вместе с населяющей его «аральской» фауной, давно бывшей в изоляции от Каспийского моря и успевшей уже образовать самостоятельные таксоны низшего порядка.

С VII в. до н. э. по VI в. н. э. Волга отдает свои воды Азовскому морю, а Каспий, начиная с I в., начинает вновь деградировать и к началу VII в. отмечается установленная в свое время С. А. Ковалевским (1933, 1955) вторая, так называемая Баб-эль-абвабская фаза великого исторического ущерба Каспия.

Однако в этом же VII в. происходит и прорыв части волжских вод к югу вдоль восточного борта Приволжской возвышенности до изгиба в районе нынешнего Волгограда, где направление течения сменилось на юго-восток. Здесь, в зоне Прикаспийской низины распластанный поток десятками рукавов устремился по равнине к Каспию. Один из потоков, выдерживая меридиальное направление, продвигался в южном направлении по Сарпинской долине вдоль Ергеней, другой — по нынешнему руслу Нижней Волги, третьи — более мелкие, оставившие довольно четкие следы в современном рельефе, протекали в самых разнообразных направлениях, зачастую сливаясь и вновь дробясь, выдерживая при этом общее направление в сторону Каспия.

Эти в целом мелководные, но широкие потоки волочили массу терригенного материала, грунтовых катышей, остатков прорванных временных запруд, все то, что было затем здесь оставлено в виде бугров Бэра, гряд, намытых бортов водотоков и иных проявлений в рельефе.

Поток, идущий по Сарпинской долине и далее вдоль Ергеней, дробясь, все же выдерживал меридианальное направление вплоть до Кума-Манычского порога, где резко поворачивал на восток. Разливаясь широким веером к Каспию, он оставил многочисленные бугры Бэра и другие образования, наблюдаемые теперь в этом регионе.

Приток волжских вод усилил подъем уровня Каспия, который начал заливать Прикаспийскую низину, включая и новообразования, появившиеся в результате этого последнего прорыва Волги в Каспий. Поэтому дно северной части моря сохранило свой наземный эрозионный и аккумуляционный рельеф и в западной части Каспия, особенно в зоне, граничащей с дельтой Волги; на дне мы видим следы бэровских бугров и слагавших их основание хвалынских глин.

На пртяжении VII—XII вв. сохранялась бифуркация Волги в бассейны Азовского моря и Каспия, но, начиная с XIII в., Волга уже полностью впадает в Каспийское море.

ЛИТЕРАТУРА

Аленицин В. Д. Отчет о результатах исследований на Аральском море // Тр. С.-Петерб. о-ва естествоиспыт.— СПб, 1875.— Т. 4: Протокол общего собрания.— С. 18—40.

Алиев Д. С. Ихтиофауна пресноводных озер Западного Узбоя // Тр. Мургабской гидробиол. ст.— Ашхабад, 1953.— Вып. 2.— С. 1—78.

Али-Заде С. А. Колебательные и волновые тектонические движения антропогена в Азербайджане // Докл. АН АзССР, 1981.— № 11.— С 58—63.

Архангельский А. Д. Из геологических наблюдений в пустыне Кызыл-Кумы // Изв. Докучаевск. почв. ком.— СПб, 1915.— № 3.— С. 157.

Барбот де Марни Н. Геологическо-орографический очерк Калмыцкой степи и прилегающих к ней земель // Зап. имп. Русск. географ. о-ва, 1862.— Кн. 1.

Бартольд В В. Арабские известия о русах // Советское востоковедение.— М.—Л.: Изд-во АН СССР, 1940.— Т. 1.— С. 15—50.

Белевич Е. Ф. К истории дельты р. Волги // Тр. океанограф. комиссии АН СССР.— М.: Изд-во АН СССР, 1956.— Т. 1: Изучение берегов морей и водохранилищ.— С. 37—56.

Белевич Е. Ф. Колебания уровня Каспийского моря и формирование дельты реки Волги // Тр. Астраханского заповедника, 1958.— Вып. 4.— С. 6—34.

Белевич Е. Ф. Новокаспийские отложения в северо-западной части приустьевого пространства Волги // Докл. АН СССР, 1961.— 137, № 2.— С. 373—376.

Белевич Е. Ф. О местоположении некоторых древних дельт Волги // Тр. Астраханского заповедника, 1970.— Вып. 13.— С. 63—86.

Бельская Г. Оставалось только доказать... // Знание — Сила, 1986.— № 3.— С. 13—15.

Берг Л. С. Очерки по физической географии.— М.—Л.: Изд-во АН СССР, 1949.— 340 с.

Бируля А. А. К вопросу о нижнем течении р. Волги как зоогеографической границе // Докл. АН СССР. Сер. А.— 1928.— № 16—17.— С 333—340.

Бирштейн Я. А. Заметки о географическом распространении понто-каспийских бокоплавов // Бюлл. МОИП. Отд. биол.— 1946.— 51, № 3.— С. 39—53.

Богачев В. В. Колонии в южнорусских неогеновых морях // Изв. Азербайджанского ун-та.— 1922.— № 2, первый полутом: Естествознание и медицина.— С. 1—21.

Богачев В. В. Новая находка элементов средиземноморской фауны в Каспийском море // Докл. АН СССР. Сер. А.— 1928.— № 14—15.— С. 263—264.

Борисов П. М. Опыт реконструкции ледяного покрова Полярного бассейна в поздне- и послеледниковое время // Северный Ледовитый океан и его побережье в кайнозое.— Л.: Гидрометеоиздат, 1970.— С. 61—70.

Бродский А. Л. Foraminifera (Polythalamia) в колодцах пустыни Каракум // Тр. Среднеазиатск. гос. ун-та, сер. 8.— 1928.— Вып. 5.— С. 3—16.

Бронзов А. Я. Верховые болота Нарымского края // Тр. НИИ торфа, 1930.— № 3.

Бруевич С. В. Изменения климата и уровня Каспийского моря за последние тысячелетия по химическим данным // Тр. Гос. океанограф. ин-та, 1948.— Вып. 4 (16): Сб. работ по химии моря.— С. 23—69.

Бэр К. Ученые заметки о Каспийском море и его окрестностях // Зап. имп. Русск. Географич. о-ва, 1856.— № 11.

Бэческу М., Майер Р. К познанию щиповок (Cobitis) Дона и Волги // Вопр. ихтиологии, 1969.— 9, № 1.— С. 51—60.

Волков И. А. К истории речных долин юга Западно-Сибирской низменности // Тр. Ин-та геологии и геофизики СО АН СССР, 1962.— Вып. 27: Четвертичная геология и геоморфология Сибири.— С. 34—47.

Вольф М. Б. Волга — Дон // Изв. Всесоюзн. географ. о-ва, 1951.— № 5.— С. 472—484.

Высоцкий Г. Ергеня, культурно-фитологический очерк // Тр. Бюро по прикладной ботанике.— Петроград, 1915.— Т. 8, октябрь—ноябрь.— С. 1113—1443.

Гедройц А. Предварительный отчет о геологических исследованиях на сухих руслах Амударьи // Изв. имп. Русск. географ. о-ва, 1882.— 18.— С. 77—104.

Гмелин С. Г. Путешествие по России для исследования трех царств естества: в 3 ч.— СПб.: Тип. Акад. Наук, 1771 — 1985.— Ч. 2.— 1777.— 336 с.; ч. 3.— 1785.— 738 с.

Граков Б. М. Скифы.— М.: Наука, 1971.— 168 с.

Гринь Ф. О. Рослинність Хенськоі лісотундри.— Ботанічний журн. АН УРСР, 1940.— 1, № 1.— С. 3—76.

Гундризер А. Н., Вершинин В. К. Особенности ихтиофауны на разных этапах обитания человека в Приобье // Особенности естественно-географич. среды и историч. процессы в Зап. Сибири.— Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1979.— С. 27—28.

Гурьянова Е. Ф. К фауне Crustacea моря Лаптевых // Исследования морей СССР.— Л.: Изд-во АН СССР, 1932.— Вып. 15.— С. 157—187.

Дементьев В. А. Опыт геоморфологического районирования Западно-Сибирской низменности // Тр. Всесоюзн. Географ. о-ва, 1940.— № 3.— С. 306—314.

Ельницкий А. А. Знания древних о северных странах.— М.: Географгиз, 1961.— 224 с.

Зархидзе В. А. «Затерянный мирок» карстового провала в пустыне // Природа, 1984.— № 6.— С. 52.

Иоганзен Б. Г. К ихтиогеографии северной части Казахстана // Вопросы географии Сибири.— Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1951.— № 2.— С. 259—268.

Кесь А. С. Причины изменений уровня Арала в голоцене // Изв. АН СССР, сер. географ.— 1978.— № 1.— С. 8—16.

Кесь А. С. Аральское море в голоцене // Этнография и археология Средней Азии.— М.: Наука, 1979.— С. 19—23.

Киселев И. А. Новые данные о водорослях Аральского моря // Изв. Отд. прикладн. ихтиологии.— 1987.— 5. № 2.— С. 270—305.

Киселевич К. А. Промысловые рыбы Волго-Каспийского района, их привычки и особенности.— Астрахань: Изд-во Астраханского Губполитпросвета, 1926.— 26 с.

Кленова М. В. Происхождение рельефа дна Каспийского моря // Тр. IV геоморфологич. конф. по изуч. Кавказа и Закавказья.— Ереван: Изд-во АН АрмССР, 1957.— С. 91—98.

Ковалевский С. А. Лик Каспия.— Баку, Москва: Онти — АзНефтеиздат, 1933.— 130 с.

Ковалевский С. А. К истории Каспийского моря (В конце голоцена) // Учен. зап. Кишиневского ун-та, 1955.— Т. 19 (геологический).— С. 13—30.

Колбин М. Ф. О древней реке Камышинке // Изв. Всесоюзн. географич. о-ва, 1957.— 89. Вып. 2.— С. 153—154.

Коншин А. М. Сарыкамышский озерный бассейн и западный Узбой // Изв. Имп. Русск. географич. о-ва, 1885.— Т. 21.— С. 202—218.
Касарев М. Ф. К проблемам палеоклиматологии и палеогеографии юга Западно-Сибирской равнины в бронзовом и железном веках // Особенности естественно-географич. среды и историч. процессы в Зап. Сибири.— Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1979.— С. 37—42.
Латышев В. В. Известия древних писателей греческих и латинских о Скифии и Кавказе // Зап. Имп. Русск. Археологич. о-ва.— СПб, 1890.— 2, Вып. 3 и 4.— Т. 1: Греческие писатели.— 946 с.
Мазарович А. Н. Из области геоморфологии и истории рельефа нижнего Поволжья // Землеведение, 1927.— 29, № 3—4.— С. 21—42.
Майер Е. М. Сходство современной фауны фораминифер Аральского и Каспийского морей // Комплексные исследования Каспийского моря.— М.: Изд-во МГУ, 1974.— Т. 4.— С. 135—139.
Мензбир М. А. Очерк истории фауны Европейской части СССР.— М.: Изд-во АН СССР, 1934.— 221 с.
Могильников В. А. К вопросу о причинах и характере миграций в лесостепи Западной Сибири в раннем железном веке // Особенности естественно-географ. среды и историч. процессы в Зап. Сибири.— Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1979.— С. 45—47.
Мордухай-Болтовской Ф. Д. Каспийская фауна в Азово-Черноморском бассейне.— М.—Л.: Изд-во АН СССР, 1960.— 288 с.
Мордухай-Болтовской Ф. Д. Современное состояние фауны Аральского моря // Гидробиол. журн., 1972.— № 3.— С. 14—20.
Никольский Г. В. Рыбы Аральского моря.— М.: Изд-во МОИП, 1940.— 216 с.
Николюк В. Ф. Реликтовые Foraminifera пустыни Каракум // Изв. АН УзбССР, 1948.— № 1.— С. 79—88.
Пирожников П. Л. К вопросу о происхождении северных элементов в фауне Каспия // Докл. АН СССР, 1937.— 15, № 8.— с. 513—516.
Полищук В. В. О бореальных элементах фауны Черноморского бассейна // Гидробиол. журн., 1978.— № 4.— С. 17—24.
Полищук В. В. О значительном позднеголоценовом подъеме уровня Черного моря и происхождении северных элементов его фауны // Гидробиол. журн., 1984.— № 4.— С. 3—13.
Поліщук В. В. У пошуках Атлантиди // Київ.— Щомісячний літературно-художній та громадсько-політичний журнал спілки письменників України.— Київ: Радянський письменник, 1985.— № 12.— С. 119—137.
Поліщук В. В. Чи впадала Волга в Азовське море? // Наука і суспільство, 1987.— № 4.— С. 54—58.
Полищук В. В. Глобальные катастрофы голоцена в свете интерпретации биогеографических данных // Биостратиграфия, палеонтология осадочного чехла Украины.— Киев: Наукова думка, 1987.— С. 18—23.
Полищук В. В. Достижения гидрофаунистики в СССР // Гидробиол. журн., 1987.— № 6.— С. 10—29.
Православлев П. Материалы к познанию Нижневолжских Каспийских отложений // Варшавские университетские известия.— Варшава, 1906.— Т. 3—4.— С. 1—32.
Православлев П. А. О новейших движениях земной коры между Нижней Волгой и р. Урал в связи с изменением уровня Каспийского моря // Проблемы Волго-Каспия.— Л.: Изд-во АН СССР, 1934.— Ч. 2: Тр. ноябрьской сессии АН СССР, 1933.— С. 347—368.
Пьянков И. В. Средняя Азия в известиях античного историка Ктесия.— Душанбе: Дониш, 1975.— 191 с.
Рачковская К. А. Геологическое строение дельты Волги // Тр. Гос. океанограф. ин-та.— Л.: Гидрометеоиздат, 1951.— 18 (30).— С. 184—219.
Рихтер В. Г. Почему не сбылись прогнозы? // Природа, 1960.— № 2.— С. 45—50.
Рыбы Казахстана. Том I. Миноговые, осетровые, сельдевые, лососевые, щуковые.— Алма-Ата: Наука КазССР, 1986.— 272 с.
Савельева Е. А. Россия на карте Олауса Магнуса // Скандинавский сб.— Таллинн: Ээсти раамат, 1971.— 16.— С. 205—214.
Самсонов С. К. Несколько слов о Ново-Каспийской флоре Западной Туркмении // Докл. АН СССР, 1959.— 125, № 4.— С. 873—875.
Свириденко П. А. Распространение сусликов в Северо-Кавказском крае и некоторые соображения о происхождении фауны предкавказских и калмыцких степей // Изв. Северо-Кавказск. краевой ст. защиты раст.— Ростов-на-Дону, 1927.— № 3.— С. 123—167.
Старобогатов Я. И., Пирогов В. В. Моллюски семейства Unionidae Волжской дельты // Тр. Астраханск. заповедника, 1970.— № 13.— С. 226—248.
Страбон. География (в 17 книгах).— М.: Наука, 1964.— 943 с.
Толмачев В. Памятники старины — наше национальное научное богатство // Уральский техник.— Екатеринбург, 1913.— № 2.— С. 12.
Тугаринов А. Я. О происхождении арктической фауны // Природа, 1929.— № 7—8.— С. 653—680.
Чернецов В. Н. Очерк этногенеза обских югров // Кратк. сообщ. о докл. и полев. исслед. Ин-та истории материальн. культуры (КСИИМК).— М.—Л.: Изд-во АН СССР, 1941.— Т. 9.— С. 18—28.
Шекера І. М. Міжнародні зв"язки Київської Русі.— Київ: Вид-во АН УССР, 1963.— 199 с.
Ямнов А. А. О признаках обводнения Сарыкамышской котловины в средние века и возрасте Сарыкамышских отложений с Cardium edule L. // Изв. АН СССР, сев. географич.— 1953.— № 4.— С. 61—63.
Ястребов Е. В. Сведения о природе Приуральских районов Европы в трудах географов древней Греции.— М., 1984.— 37 с.— Рукопись деп. в ВИНИТИ, № 5188.— 84.

Ekman S. Systematische und tiergeographische Bemerkungen über einiger glacial-marine Relikte des Kaspischen Meeres // Zool. Anzeiger., 1916.— 47.— P. 258—269.
Müller K. Orbis habitabilis ad mentem Popm. Melae // Stuttgart: Mappaemund, 1898.— VI.— Taf. 7.

Summary

Global redistribution of lands and seas that deals with short-term change of Earth axis of the equator incline are lead to the alteration of Volga stream direction to the West in kamishinka valley. From here by Ilovle and Don, Volga rushed to Azov. It is possible that at the same time the west slope of Orsk reservoir was dig through and Ural waters rushed to the west to Volga and then to Don. Without its mighty tributaries Caspian going to degrade and so was begun the first phase of Caspian great historical loss.

From late VII century B. C. the Caspian level going gradualy raised and in V century B. C. exceeded the zero mark. Due to tectonics causes the level of Kumo-Manichskogo threshold to III sentury B. C. do not exceeded +15 m and for this reason the further raising of Caspian was lead to existence of Manichskogo strait. This strait existed from IV century till I century B.C. It is from IV century B. C. when Caspian transgression waters penetrated far to the north and west Zauralski strait that united Caspian and Arctic Ocean going to exist. The remainders of this strait traced till II-early III centuries A. D. Aral Sea in one of the remainders reservoirs of this strait.

From VII century B. C. till VI century A. D. Volga run to Azov Sea and from I century Caspian again going to degrade and at early VII century the second so called Bab-el-abvabskaya phase of great historical loss took place.

But et the same VII century some of Volga waters rushed to Caspian Sea. The influx of Volga waters reinforced Caspian level raising that resulted in overflow Pricaspian depression. From VII till XII century Volga run both to Azov Sea and Caspian but from XIII century Volga run only to Caspian Sea.

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ АРАЛЬСКОГО МОРЯ

Труды Зоологического института АН СССР

Том 199

Утверждено к печати
редакционно-издательским советом
Зоологического института АН СССР
План 1989 г.

Редактор *Т. А. Асанович*
Художник *С. Е. Станкевич*
Технический редактор *Г. С. Гененрайх*

Подписано к печати 28.06.89. М—34157. Формат 60×90¹/₁₆. Печать офсетная.
Бумага тип. Гарнитура литер. Печ. л. 9,5. Уч.-изд. л. 8,0. Тираж 600 экз.
Заказ № 1044. Цена 1 р. 40 к.

Ленинград, 199034, Зоологический институт АН СССР, Университетская наб., 1
ПО-3 Ленуприздата, 191104, Ленинград, Литейный пр., 55

РЕФЕРАТЫ

УДК 574.4:(262.83)

Естественное состояние экосистемы Аральского моря и ее изменение при антропогенном воздействии. Аладин Н. В., Котов С. В. // Гидробиологические проблемы Аральского моря.— Л., изд. Зоол. ин-та АН СССР, 1989, с. 4—25. (Тр. Зоол. ин-та АН СССР, т. 199)

Показано, что экосистема Аральского моря пережила в недавнем прошлом как минимум два серьезных потрясения. Первое из них пришлось на 1960—1968 гг. и было связано с акклиматизационными мероприятиями, а второе — на 1971—1976 гг. и было связано с увеличением солености выше 12—13‰. Высказывается предположение, что в настоящее время экосистема Аральского моря испытывает третье потрясение, связанное с увеличением солености выше 23—25‰.

Ил. 3, табл. 2, библ. 31 назв.

УДК 574.475:591.5:(262.83)

Зоопланктон Аральского моря в начальный период его осолонения. Андреев Н. И. // Гидробиологические проблемы Аральского моря.— Л., изд. Зоол. ин-та АН СССР, 1989, с. 26—52. (Тр. Зоол. ин-та АН СССР, т. 199)

Рассмотрены изменения видового состава и количественного развития зоопланктона в начальный период осолонения моря (1961—1981 гг.). Резкое снижение биомассы зоопланктона произошло в результате акклиматизации рыб-планктофагов еще при неизменном режиме моря в начале 60-х годов. Из-за низкой пищевой обеспеченности зоопланктона вселенная *Calanipeda aquae-dulcis* не достигла уровня биомассы своего предшественника *Arctodiaptomus salinus*.

Изменения видового состава зоопланктона произошли при переходе через хорогалинную зону солености, сдвинутую в Аральском море до 12—14‰. После перехода через хорогалинную зону в планктоне осталось небольшое число видов преимущественно морского происхождения.

Ил. 4, табл. 9, библ. 66 назв.

УДК 574.475:591.524.11:(262.83)

Макрозообентос Аральского моря в начальный период его осолонения. Андреева С. И. // Гидробиологические проблемы Аральского моря.— Л., изд. Зоол. ин-та АН СССР, 1989, с. 53—82. (Тр. Зоол. ин-та АН СССР, т. 199)

Нарушение гидролого-гидрохимического режима Аральского моря и акклиматизация гидробионтов привели к существенным изменениям в видовом составе и количественном распределении макрозообентоса. В начальный период осолонения моря (при переходе через зону солености 12—14‰) произошла смена пресноводной и солоноватоводной фаун на эвригалинную морскую и галофильную материковых вод. Снижение численности рыб-бентофагов и успешная акклиматизация пластичных в пищевом отношении эвригалинных видов *Nereis diversicolor* O. F. Müller и *Abra ovata* (Phil.) способствовали резкому увеличению биомассы макрозообентоса в 70-х годах.

Ил. 11, табл. 5, библ. 39 назв.

УДК 551.465.55

Комплексная математическая модель гидрологического режима Аральского моря. Котов С. В. // Гидробиологические проблемы Аральского моря.— Л., изд. Зоол. ин-та АН СССР, 1989, с. 83—93. (Тр. Зоол. ин-та АН СССР, т. 199)

В работе фрагментарно излагается постановочная часть комплексной математической модели, предназначенной для воспроизведения в сезонном масштабе изменчивости взаимосвязанных полей гидрологических характеристик, формирующихся в пределах пелагиали Аральского моря.

Табл. 1, библ. 12 назв.

УДК 551.46.09

Численные оценки перспективных изменений некоторых характеристик гидрологического режима Аральского моря. Котов С. В., Арипов С. Л. // Гидробиологические проблемы Аральского моря.— Л, изд. Зоол. ин-та АН СССР, 1989, с. 94—102. (Тр. Зоол. ин-та АН СССР, т. 199)

В работе представлены результаты численного эксперимента, по которым составлены оценки перспективных изменений наиболее важных в биологическом отношении характеристик гидрологического режима Аральского моря при стабилизации его среднего уровня на различных отметках в зависимости от степени антропогенного вмешательства в пресный водный баланс этого моря.

Ил. 6, табл. 1, библ. 7 назв.

УДК 577.472(26); 581.526.325(262.9)

Фитопланктон прибрежных вод о. Барсакельмес (Аральское море). Околодков Ю. Б. // Гидробиологические проблемы Аральского моря.— Л., изд. Зоол. ин-та АН СССР, 1989, с. 103—109. (Тр. Зоол. ин-та АН СССР, т. 199).

На основании обработки 5 проб поверхностного фитопланктона, взятых в июне и в сентябре 1988 г., выявлены 4 доминирующих по численности вида: диатомовые Cocconeis scutellum (13000 кл/л), Gylindrotheca closterium (148350 кл/л), *Plagiotropis lepidoptera* (24150 кл/л) т Algae gen. sp. (158700 кл/л). Указанные виды диатомовых — солоноватоводно-морские, причем C. scutellum отмечен впервые для Аральского моря, а P. lepidoptera встречался ранее в незначительном количестве. Общая численность составляла в июне до 614100 кл/л, в сентябре 22360 кл/л. Линейные размеры клеток большинства видов — менее 30 мкм.

Ил. 1, табл. 1, библ. 52 назв.

УДК 574.4:591.5:591.534.11:(162.83)

Зоопланктон и зообентос прибрежных вод о. Барсакельмес (Аральское море). Аладин Н. В. // Гидробиологические проблемы Аральского моря.— Л., изд. Зоол. ин-та АН СССР, 1989, с. 110—114. (Тр. Зоол. ин-та АН СССР, т. 199).

На основании обработки зоопланктонных и зообентосных сборов, взятых в летние месяцы 1981, 1984, 1987 и 1988 гг., выявлено отрицательное воздействие на аральских гидробионтов воды соленостью 23—25‰. Высказывается предположение, что превышение указанных величин солености может привести к новой массовой гибели обитателей Аральского моря.

Библ. 14 назв.

УДК 551.48.591.9:(262.83)

Особенности изменений гидрографии Понто-Каспийско-Аральской солоноватой области за историческое время и их биогеографическая интерпретация. Полищук В. В. // Гидробиологические проблемы Аральского моря.— Л, изд. Зоол. ин-та АН СССР, 1989, с. 115—143. (Тр. Зоол. ин-та АН СССР, т. 199).

Глобальные перераспределения суши и моря, связанные с кратковременным изменением наклона оси вращения Земли по отношению к Солнцу (Полищук В. В., 1984, 1985, 1987), привели к изменению направления течения Волги к западу в долину Камышинки. Отсюда же по Иловле и Дону Волга устремилась в Азов. Вероятно, в это же время был прорван также западный склон Орского водоема, и воды Урала устремились на запад к Волге и далее в Дон. Лишенный своих могучих притоков, Каспий начал деградировать, и наступила первая фаза исторического ущерба Каспия.

С конца VII в. до н. э. уровень Каспия начинает постепенно повышаться и к V в. до н. э. уже переходит нулевую отметку. В силу тектонических причин уровень Кумо-Манычского порога к III в. до н. э. не превышал +15 м и поэтому дальнейший подъем Каспия привел к существованию Манычского пролива. Время существования последнего — с IV по I вв. до н. э. Именно с IV в. до н. э., когда воды Каспийской трансгрессии проникают далеко на север и восток, начинает существовать и Зауральский пролив, соединяющий Каспий с Северным Ледовитым океаном. Следы этого пролива прослеживаются до II — начала III вв. нашего летоисчисления; Аральское море оказалось одним из остаточных водоемов этого пролива.

С VII в. до н. э. по VI в нашей эры Волга отдает свои воды Азовскому морю, а Каспий, начиная с I в., начинает вновь деградировать, и к началу VII в. отмечается вторая так называемая Баб-эль-абвабская фаза великого исторического ущерба Каспия.

Однако в этом же VII в. происходит и прорыв части волжских вод к Каспийскому морю. Приток волжских вод усилил подъем уровня Каспия, который начал заливать Прикаспийскую низину. На протяжении VII—XII вв. сохранялась бифуркация Волги в бассейны Азовского моря и Каспия, но, начиная с XIII в., Волга уже полностью впадает в Каспийское море.

Библ. 80 назв.