

РГБ ОД

- 8 МАЙ 1995

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ЗООЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

УДК 574.583 (289)

ПЛОТНИКОВ
Игорь Светозарович

ЗООПЛАНКТОН ПРИБРЕЖНЫХ ВОД СЕВЕРНОЙ
ЧАСТИ АРАЛЬСКОГО МОРЯ В СОВРЕМЕННЫХ
ПОЛИГАЛИННЫХ УСЛОВИЯХ

03.00.18. - гидробиология

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Санкт-Петербург
1995

Работа выполнена в Лаборатории солоноватоводной биологии
Зоологического института РАН.

Научный руководитель: д.б.н. Н.В.Аладин

Официальные оппоненты:

д. б. н. И.Н. АНДРОН ИКОВА

к. б. н. В.Н. РЯБОВА

Ведущее учреждение: Институт Биологии внутренних вод РАН.

Защита диссертации состоится "24" мая 1995 г. в 14 часов
на заседании специализированного совета Д 002.63.01 по защите
диссертаций на соискание ученой степени доктора наук при
Зоологическом институте РАН (199034, Санкт-Петербург,
Университетская набережная, 1).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Зоологического
института РАН.

Автореферат разослан "21" сентября 1995 г.

Ученый секретарь
специализированного совета
кандидат биологических наук



Т.Г.ЛУКИНА

ВВЕДЕНИЕ.

Актуальность темы. Аральское море расположено в аридной зоне и является огромным бессточным соленым озером. Это озеро находится на территории Казахстана и Узбекистана и входит в число крупнейших континентальных водоемов планеты. Из-за продолжающейся уже три десятилетия антропогенной регрессии и вызванных ей последствий, катастрофических как для природы региона, так и для населения, этот водоем в последние годы привлекает к себе самое широкое внимание.

Уровень и соленость Аральского моря, как и других водоемов аридной зоны, находятся в тесной зависимости от его нестабильного водного баланса. Соленость и уровень изначально управлялись климатическими факторами, влиявшими на речной сток. В исторический период влияние деятельности человека на объем речного стока периодически усиливалось, становясь главной причиной его флуктуаций.

После падения уровня на 14 м в 1990 г. акватория Аральского моря разделилась на два самостоятельных водоема - на севере Малый Арал и Большой Арал на юге. К настоящему времени соленость в Малом море стабилизировалась, и даже наблюдается некоторое распреснение и подъем уровня. Однако в Большом море уровень по-прежнему падает и растет соленость.

Нам предоставлена возможность наблюдать уникальный процесс исчезновения этого гигантского водоема. Изучение этого процесса несомненно имеет большой научный и практический интерес.

Аральское море было и остается крайне слабо изученным водоемом. Хотя до начала 1980-х гг. на нем и велись планомерные наблюдения, быстрые темпы осолонения требуют продолжения исследований. Последней обобщающей работой по зоопланктону Аральского моря стала кандидатская диссертация Н.И.Андреева (1990), посвященная зоопланктону. В ней по Большому морю данные охватывают период до 1981 г., а по Малому - до 1985 г.

Цель и задачи исследования. Целью настоящей работы было определение видового состава, численности и биомассы зоопланктона прибрежных вод северной части Аральского моря в современных полигалинных условиях и оценка влияния осолонения водоема на эти его качественные и количественные структурные характеристики.

В соответствии с целью исследования были сформулированы следующие основные задачи:

1. Определить видовой состав, численность и биомассу зоопланктона в различных по своим гидролого-гидрохимическим условиям участках Малого Аральского моря и северной части Большого Арала.

2. Проанализировать изменения, произошедшие в зоопланктоне Аральского моря с конца 1970-х гг. к началу 1990-х гг.
3. Оценить влияние факторов внешней среды, прежде всего солености, на структурные характеристики зоопланктона.
4. Оценить различия между зоопланктоном исследовавшихся районов Малого Арала и Северной части Большого Аральского моря.
5. Рассмотреть возможные пути консервации и реабилитации Малого Арала.

Научная новизна. В результате проведения полевых исследований были впервые получены данные о зоопланктоне прибрежной зоны северной части Большого Аральского моря для первой половины 1990-х гг.: изучены его видовой состав, пространственное распределение, численность и биомасса в ряде районов. Сделан анализ изменений, произошедших в зоопланктоне Малого Арала и северной части Большого моря в результате их прогрессирующего осолонения и падения уровня в 1980-х гг. и в начале 1990-х гг. Проанализировано влияние некоторых факторов внешней среды, включая соленость, на основные структурные характеристики зоопланктона.

Практическое значение. Полученные в результате проведенных исследований данные о зоопланктоне Аральского моря и возможностях соленостной адаптации некоторых видов планктонных беспозвоночных могут быть использованы для оценки состояния биоты данного гигантского соленого озера в условиях возможного последующего его осолонения или распреснения, а также при разработке мер для восстановления экосистемы его северной акватории.

Апробация результатов работы. Основные результаты работы докладывались на 4-й международной конференции по статистическим методам в науках об окружающей среде (г. Хельсинки) в 1992 г, на научном семинаре в Институте биологии внутренних вод (пос. Борок) в 1990 г., на отчетной сессии ЗИН РАН в 1994 г., на семинарах Лаборатории солоноватоводной биологии ЗИН РАН в 1990-1994 гг. и на семинаре Лаборатории пресноводной и экспериментальной гидробиологии ЗИН РАН в 1995 г.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 11 работ, 4 находятся в печати.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, выводов и списка цитированной литературы. Рукопись изложена на 210 страницах машинописного текста. Иллюстрации представлены рисунками и таблицами, которые оформлены в виде приложения к каждой главе.

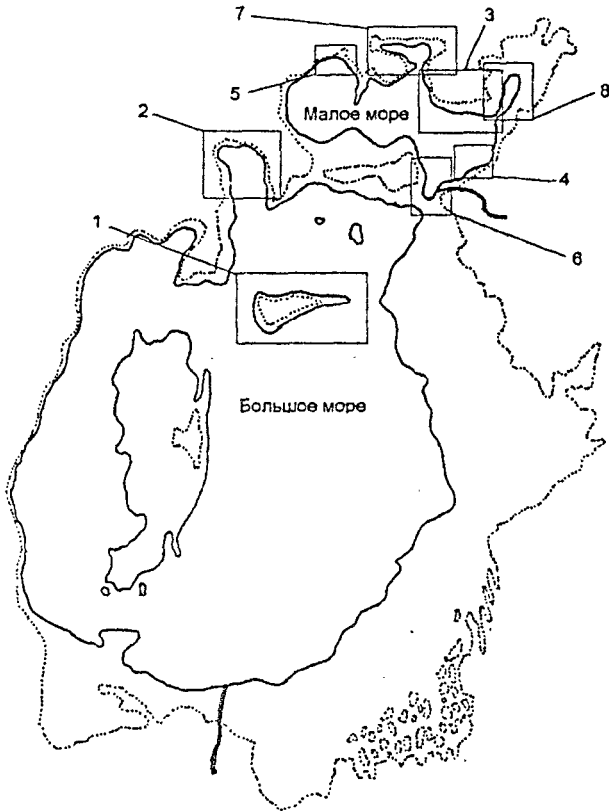


Рис. 1. Районы сбора проб зоопланктона: 1 - район острова Барсакельмес; 2 - залив Тше-Бас; 3 - район полуострова Коктурнак; 4 - район у восточного побережья вблизи Бугуни; 5 - залив Шевченко; 6 - районы около устья Сырдарьи и в проливе Берга; 7 - залив Бутакова; 8 - залив Большой Сары-Чаганак. Пунктиром обозначено положение береговой линии в 1960 г.

Табл. 1 . Характеристика районов исследований.

Район исследований	Сроки наблюдений, месяц, год	Глубина, м	Соленость воды, г/л
У о-ва Барсакельмес	V/90	1,5-2	30
	V/91	2-4	35
Залив Тше-Бас	IX-X/91	4-9	41
Залив Бутакова	IX/90	1,5-3,5	40
	IX/91	1	-
	V/92	3	36
У п-ова Коктурнак	IX/91	2-3	26
	IX/93	2-6	17
Залив Шевченко	IX/92	4-6	24
У восточного берега	V/93	1,5-6	22
У Сырдарьи	V/92	1-2	16-23
	V/93	1-1,5	16-23
Пролив Берга	V/92	1,5	18
	V/93	1	20-24
Залив Большой Сары-Чаганак	V/93	1-1,5	22-24?
	IX/93	1-1,5	26,5
	VI/93	0,5-2	23
	IX/94	1-1,5	28

Примечание: прочерк - нет данных.

Глава I. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА.

Полевые работы на Аральском море проводились в 1990-1994 гг. во время работы в составе 10 экспедиций Лаборатории солоноватоводной биологии ЗИН РАН. Они осуществлялись в весенне-летний период в мае-июне и осенью в сентябре-октябре в двух районах северной части Большого моря и в семи районах Малого моря (Рис. 1).

Сбор материала производился в прибрежной зоне на глубинах до 6-8 м (Табл. 1). Эти глубины в настоящее время преобладают из-за сильного (более 14 м) падения уровня. Для сбора зоопланктона применялась планктонная сеть из газа № 74. Фиксация собранного материала и его последующая обработка производились по общепринятым методикам. Всего было собрано и обработано 107 количественных и 16 качественных проб. Биомасса зоопланктона определялась расчетом по численности с использованием величин стандартных весов (Андреев, 1990).

Математическая обработка полученных данных включала вычисление их средних значений по станциям и районам. Для изучения пространственного распределения и оценки влияния на него факторов среды использовались однофакторный и двухфакторный дисперсионный и кластерный анализы, с применением специально разработанной для данного случая собственной компьютерной программы кластерного анализа.

ГЛАВА 2. ИЗУЧЕННОСТЬ ЗООПЛАНКТОНА АРАЛЬСКОГО МОРЯ.

Изучение Аральского моря началось только в середине XIX века с работ экспедиции под руководством лейтенанта А.И.Бутакова (Бутаков, 1853). Первые сведения о зоопланктоне Арала были получены после работ возглавлявшейся Л.С.Бергом Аральской экспедиции 1900-1902 гг. и 1906 г. (Берг, 1908). Для зоопланктона Аральского моря тогда было указано 11 видов колероваток, 7 видов ветвистоусых ракообразных, 11 видов веслоногих ракообразных и личинки моллюсков рода *Dreissena*. В эти годы началось и изучение отношения планктонных беспозвоночных Арала к фактору солёности (Зернов, 1903; Мейснер, 1908). Эти и последующие (Карзинкин, 1924; Виркетис, 1927) исследования зоопланктона, выполненные до начала 1930-х гг. имели качественный характер.

Новый этап в изучении Аральского моря и его фауны начался в 1930-е гг. Под руководством А.Л.Бенningа (1934, 1935) на Аральском море были проведены широкомасштабные исследовательские работы, дополнившие список видов беспозвоночных фауны Арала. Существенно новым в этих исследованиях стало широкое применение количественных методов. Началось изучение горизонтального и

вертикального распределения, суточной и сезонной динамики зоопланктона Арала.

В период 1954-1957 гг. Н.К.Луконина (1960а) детально исследовала зоопланктон Аральского моря по обширной сетке станций. Благодаря этому впервые была определена биомасса зоопланктона Арала, исследованы сезонная и годовая динамика его численности и биомассы. Совместно с Е.А.Яблонской (Яблонская, Луконина, 1962) она впервые рассчитала продукцию зоопланктона Арала. Исследования Т.А.Кортуновой (Кортунова, 1972, 1975; Кортунова и др., 1972) в 1959-1968 гг. стали прямым продолжением этих работ.

Большой вклад в изучение влияния на обитателей Арала повышенных соленостей внесла Н.З.Хусаинова (1958, 1960), исследовавшая кутгуки - глубоко вдающиеся в сушу осолоненные мелководные заливы, и сделавшая прогноз о последствиях повышения солености для биоты Арала.

Значительная работа по исследованию зоопланктона Аральского моря, особенно в начальный период его осолонения, была проделана Н.И.Андреевым (1980, 1983, 1989, 1991, и др.; Андреев, Семакина, 1978; Андреев, Плотников, 1991; Andreev, Plotnikov, Aladin, 1992). Он проследил и проанализировал изменения видового состава и пространственного распределения зоопланктона, его численности и биомассы, происходившие под воздействием фактора возрастающей солености Аральского моря на протяжении 1974-1985 гг.

На настоящий момент наиболее полной, хотя и не исчерпывающей, сводкой по фауне беспозвоночных, представленных в Аральском море, является "Атлас беспозвоночных Аральского моря" (1974). Согласно этому атласу, в зоопланктоне, включая личиночные формы, насчитывалось, с учетом постоянных обитателей опресненных районов и форм, попадавших в Арал из рек, 106 видов свободноживущих беспозвоночных. Сюда входят: 56 видов коловраток; личинки 1 вида многощетинковых червей; 15 видов Cladocera; 23 вида Copepoda; личинки 2 видов десятиногих ракообразных и 7 видов двусторчатых моллюсков.

С самого начала зоопланктон Аральского моря отличался чрезвычайной монотонностью. Наиболее богатый видовой состав имел зоопланктон сильно опресненных участков моря. В районах с нормальной соленостью (около 10 г/л) он существенно обеднялся. Массовыми видами там были копепода *Arctodiaptomus salinus* (Daday), личинки двусторчатых моллюсков, ветвистоусые *Podonevadne camptonux* (G.Sars) и *Evadne anolux* G.Sars. Временами массовыми видами становились ветвистоусые *Moina mongolica* Daday, *Ceriodaphnia reticulata* (Jurine), *Alona rectangula* G.Sars, копепода *Mesocyclops*

leuckarti (Claus), коловратки *Synchaeta vorax* Rouss., *Keratella tropica* (Apstein), *Brachionus plicatilis* Muller.

Большое влияние на видовое разнообразие зоопланктона Арала оказали акклиматизационные мероприятия, начавшиеся в середине 1950-х гг. с целью повышения рыбопродуктивности водоема посредством обогащения его изначально бедной биоты. При этом, при подборе видов также принималось во внимание ожидаемое осолонение Арала. А.Ф.Карпевич (1960а,б, 1975) определила порядок вселения и рекомендовала для этого ряд видов рыб и беспозвоночных. К сожалению акклиматизация велась без должного учета этих рекомендаций, что привело к отрицательным последствиям. В результате вселения в Арал рыб-планктофагов без предварительного укрепления их кормовой базы резерв корма быстро исчерпался и была подорвана основа его воспроизводства. Первым подвергся выеданию ведущий компонент зоопланктона *Arctodiaptomus salinus*, а также крупные ветвистоусые рачки. В результате биомасса зоопланктона на рубеже 1950-х - 1960-х гг. резко снизилась, и ведущая роль перешла к личинкам двусторчатых моллюсков (Кортунова, Лукомина, 1970). Из собственно планктонных беспозвоночных объектом акклиматизации стал в 1960-е гг. веслоногий рачек фито-детритофаг *Calanipeda aquaedulcis* Kritsch. Он занял место, освободившееся после *A. salinus*, став одним из доминантов зоопланктона Аральского моря (Дарихбаев, 1967; Казахбаев, 1972, 1974; Андреев, 1978, 1980, 1989). Личинки вселенного в этот же период двусторчатого моллюска *Syndosmya segmentum* Recluz (Кортунова, 1970; Карпевич, 1975) составили основную часть меропланктона. Благодаря своей высокой эвригалинности эти вселенцы пережили современное осолонение Арала.

Таким образом, на протяжении трех десятилетий, начиная с конца 1950-х гг. и к концу 1980-х гг. фауна Аральского моря претерпела радикальные изменения. Составлявшие основу фауны Арала пресноводные и солоноватоводные формы исчезли, а выжили и получили распространение аборигенные и интродуцированные формы морского происхождения, а также галофилы - выходцы из соленых водоемов ардной зоны. Из каспийских видов в зоопланктоне менее осолоненного Малом Арала еще сохранялся *Podonevadne camptonux*, остальные представители этой группы исчезли.

Глава 3. СОСТАВ, ЧИСЛЕННОСТЬ, БИОМАССА И ХАРАКТЕР ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗООПЛАНКТОНА.

Большое море. Район о-ва Барсакельмес. В весенне-летний период 1990-1991 гг. в прибрежье у острова Барсакельмес в зоопланктоне преобладали личинки двусторчатых моллюсков

Табл. 2. Видовой состав зоопланктона
в исследовавшихся районах Аральского моря.

	МАЛОЕ МОРЕ						
	БОЛЬШОЕ МОРЕ	Открытая часть	У дельты Сырдарьи	В проливе Берга	Залив Бугакова	Залив Шевченко	Залив Б. Серы-Чаганак
<i>Synchaeta vorax</i> Rouss.	+	+	+	+	+	+	+
<i>S. cecilia</i> Rouss.		+	+	+	+		
<i>Notholca acuminata</i> (Ehrenb.)		+	+	+	+		
<i>N. squamula</i> (Muller)			+				
<i>Brachionus plicatilis</i> Muller			+	+			
<i>Podonevadne camptonyx</i> (G.Sars)		+	+	+			
<i>Calanipeda aquaedulcis</i> Kritch.	+	+	+	+	+	+	+
<i>Haliencyclops rotundipes aralensis</i> Bor.		+	+	+	+	+	+
Личинки <i>Cerastoderma isthmicum</i> Issel	+	+	+	+	+	+	+
Личинки <i>Syndosmya segmentum</i> Recluz	+	+	+	+	+	+	+
Личинки <i>Nereis diversicolor</i> O.F.Muller	+		+	+			
<i>Nalectinosoma abrau</i> (Kritch.)		+					
<i>Schizopera aralensis</i> Bor.		+					+
<i>Nitocra hibernica</i> (Brady)			+				

Табл. 3. Численность зоопланктона Аральского моря в 1990-1994 г. (тыс.экз/м3).

	Район	Сезон	Коловратки	Ракообразные	Личинки моллюсков	ВСЕГО
Большое море	у о-ва Барса-Кельмес	V-91	10.2	10.8	45.5	66.6
	залив Тше-Бас	IX-92	1.4	8.5	0.2	10.0
Малое море	у северного берега	IX-91	1.4	9.9	33.6	44.9
	у северного берега	IX-93	0.1	4.4	0.1	4.6
	у восточного берега	V-93	0.8	45.6	23.8	70.0
	залив Шевченко	IX-92	2.8	2.6	0.0	5.0
	у Сырдарьи	V-92	0.6	172.2	70.9	243.7
	у Сырдарьи	V-93	0.4	32.6	18.2	50.6
	пролив Берга	V-92	0.0	60.0	3.3	63.3
	залив Бутакова	IX-90	0.0	0.0	1.2	1.2
	залив Бутакова	IX-91	0.1	0.7	0.1	1.0
	залив Бутакова	V-92	4.6	9.3	43.2	57.2
	залив Б.Сары-Чаганак	V-93	1.5	312.1	33.3	339.5
	залив Б.Сары-Чаганак	IX-93	0.4	27.0	0.5	27.9
	залив Б.Сары-Чаганак	VI-94	0.7	29.9	14.6	45.2
залив Б.Сары-Чаганак	IX-94	0.8	1.7	0.2	2.7	

Табл. 4. Биомасса зоопланктона Аральского моря в 1990-1994 гг. (мг/м³).

Большое море	Район	Сезон	Коловратки	Ракооб- разные	Личинки моллюсков	ВСЕГО
	у о-ва Барса-Кельмес	V-90	0.5	8.0	11.8	20.2
у о-ва Барса-Кельмес	V-91	18.4	39.7	100.1	158.2	
залив Тше-Бас	IX-92	2.4	36.6	0.4	39.4	
Малое море	у северного берега	IX-91	2.6	35.8	73.8	112.2
	у северного берега	IX-93	0.2	18.6	0.3	19.3
	у восточного берега	V-93	1.4	100.7	52.9	155.0
	залив Шевченко	IX-92	5.0	7.7	0.0	12.7
	у Сырдарьи	V-92	1.1	547.9	156.1	705.0
	у Сырдарьи	V-93	0.8	68.2	40.0	109.0
	пролив Берга	V-92	0.1	158.7	7.2	166.0
	залив Бутакова	IX-90	0.0	0.2	2.6	2.8
	залив Бутакова	IX-91	0.1	5.9	0.3	6.4
	залив Бутакова	V-92	8	29.6	95	133
	залив Б.Сары-Чаганак	V-93	2.7	649.5	73.2	725.4
	залив Б.Сары-Чаганак	IX-93	0.8	94.1	0.0	95.6
	залив Б.Сары-Чаганак	VI-94	1.3	62.5	32.0	95.8
	залив Б.Сары-Чаганак	IX-94	1.5	5.3	0.4	7.1

Табл. 5. Индексы разнообразия Шеннона.

Место	Сезон	Индекс, бит на единицу биомассы
У о. Барсакельмес	V-90	1.969
У о. Барсакельмес	V-91	1.473
Залив Тше-Бас	IX-92	1.184
У северного берега Малого моря	IX-91	1.473
У восточного берега Малого моря	V-93	1.373
Залив Шевченко	IX-92	2.422
Малое море у Трехгорки	IX-93	1.926
Малое море у г. Бультук	IX-93	1.977
Малое море у г. Бултун	IX-93	2.129
У северного берега Малого моря	IX-93	2.130
В проливе Берга	V-92	0.546
У Сырдарьи	V-92	0.873
У Сырдарьи	V-93	1.357
Залив Бутакова	IX-90	2.582
Залив Бутакова	IX-91	2.230
Залив Бутакова	V-92	1.413
Залив Большой Сары-Чаганак	V-93	0.599
Залив Большой Сары-Чаганак	IX-93	1.380
Залив Большой Сары-Чаганак	VI-94	1.449
Залив Большой Сары-Чаганак	IX-94	2.584

Табл. 6. Результаты дисперсионного анализа.

Вариация	Сумма квадратов отклонений	Степени свободы	Средний квадрат	F - критерий	Уровень значимости
Влияние глубины на биомассу зоопланктона у восточного берега Малого моря					
межгрупповая	215462.25	2	107731.13	94.315	0.0001
внутригрупповая	5711.25	5	1142.25		
общая	221173.50	7			
Влияние содержания ВОВ и солености на биомассу зоопланктона Малого моря					
По фактору А (ВОВ)	559228.78	3	186409.59	1.986	0.1455
По фактору В (соленость)	72051.23	2	38525.62	0.411	0.6683
Остаточная	2064643.0	22	93847.41		
общая	2696201.7	27			

Syndosmia segmentum и *Cerastoderma isthmicum* Issel, составляя 77-98% общей численности планктонных беспозвоночных. Оставшаяся часть приходилась на *Calanipeda aquaedulcis* и коловраток *Synchaeta vorax* (Табл. 3). Средние значения численности и биомассы зоопланктона составили 74,2 тыс.экз./м³ и 173 мг/м³ (Табл. 3, 4). Сравнение современного зоопланктона из прибрежья о-ва Барсакельмес с тем, что в 80-х гг. здесь наблюдали другие исследователи (Аладин, 1989), показывает, что его биомасса в начале 90-х гг. была сравнима с биомассой того времени. Основное различие относится к видовому составу и состоит в том, что исчез последний представитель семейства Podonidae *Podonevadne camptonux*. Сопоставление полученных нами данных с данными, имеющимися в литературе (Андреев, 1989; Андреев, Плотников, 1990; Andreev, Plotnikov, Aladin, 1992), показывает, что и в начале 90-х гг. зоопланктон открытой части Большого Арала имел в целом тот же характер, что и в 70-е гг.

Большое море. Залив Тше-Бас. Основу зоопланктона залива Тше-Бас в конце сентября 1992 г. составляли *Calanipeda aquaedulcis* и науплии копепод. Личинки двустворчатых моллюсков в зоопланктоне оказалось очень немногочисленными (Табл. 3, 4). Зоопланктон в разных частях акватории залива в основном был сходным. Однако, в центре акватории залива Тше-Бас средняя численность коловраток оказалась на порядок выше – 3,2 тыс.экз./м³ против 277 экз./м³.

Малое море. Район полуострова Коктурпак. Осенью 1991 г. в зоопланктоне этого района Малого Арала преобладали личинки двустворчатых моллюсков, что не характерно для осени (Табл. 3, 4). Оставшаяся доля приходилась в первую очередь на веслоногих ракообразных, коловраток было немного. Биомасса зоопланктона (135 мг/м³) была ниже чем в августе 1990 г. (533 мг/м³) (Андреев, Плотников, 1990). Осенью 1993 г. в зоопланктоне этого района преобладали, в отличие от 1991 г. копеподы *Calanipeda aquaedulcis* и *H. g. aralensis*. Количество личинок двустворчатых моллюсков было обычным для осени (Табл. 3, 4). Численность и биомасса зоопланктона, в разных точках вдоль побережья полуострова заметно различались. Наблюдалось снижение численности и биомассы зоопланктона по направлению от горы Трехгорка на запад к горе Бульгун с 7,4 тыс.экз./м³ и 33,2 мг/м³ до 3,5 тыс.экз./м³ и 11,1 мг/м³ соответственно при средних значениях 4,6 тыс.экз./м³ и 112 мг/м³ (Табл. 3, 4). При этом индекс разнообразия Шеннона (Табл. 5) практически не изменялся.

Малое море. Район у восточного берега (Бугунь). В этом районе на количественные характеристики зоопланктона в мае 1993 г. влияла степень удаленности от берега. Численность и биомасса были максимальны (203,3 тыс.экз./м³ и 437 мг/м³) на мелководьях и достоверно убывали с (достоверность подтверждается дисперсионным

анализом) глубиной (до 13,7 тыс.экз/м³ и 75 мг/м³) при их средних значениях 70 тыс.экз/м³ и 155 мг/м³ (Табл. 3, 4, 6).

Малое море. Залив Шерченко. По видовому составу зоопланктон этого района в конце сентября 1992 г. был типичным для этого времени года. Особенностью его была высокая, по сравнению со средним значением для водоема, численность коловраток (2,8 тыс.экз./м³). Зоопланктон залива Шевченко при таком соотношении крупных и мелких форм имел невысокую общую биомассу (22 мг/м³) (Табл. 3, 4).

Малое море. Район около устья Сыр-Дарьи. Прилегающий к дельте Сырдарьи, район Малого Арала представляет особый интерес в силу своего, особо отличного, гидрологического режима. Помимо своей мелководности, он подвержен влиянию сильно меняющегося стока Сырдарьи, который оказывает распространяющее воздействие. Здесь устанавливается устойчивый градиент солености с диапазоном от пресной воды до ее нормального значения, в открытых районах Малого Арала. Воды Сырдарьи приносят с собой биогены, взвешенную органику, а также минеральные частицы. Однако распределение sestона и взвешенной органики не образует столь же устойчивого градиента, как соленость. Об однозначно высоком абсолютном и относительном содержании взвеси можно говорить только сравнивая нижнее течение Сыр-Дарьи и прилегающие зоны эстуария (Орлова, 1993, 1994).

Здесь в мае 1992 г. наблюдалась очень высокая численность и биомасса зоопланктона, достигавшая в среднем 244 тыс.экз/м³ и 705 мг/м³ (Табл. 3, 4). В мае 1993 г., численность и биомасса зоопланктона в в прилегающей к устью Сырдарьи акватории оказались в несколько раз ниже: соответственно 50,6 тыс.экз./м³ и 109 мг/м³ (Табл. 3, 4). Следует отметить, что места, где производился сбор зоопланктона в 1992 г. и в 1993 г., не совпадали между собой, в частности из-за практической невозможности их привязки. По-видимому здесь имеют место как различия, связанные с межгодовой изменчивостью условий развития зоопланктона и его структурных характеристик, так и различия, обусловленные локальной изменчивостью этих условий. Однако, имеющийся в наличии материал, обработанный с помощью статистических методов (дисперсионный анализ), не позволил определить характер влияния различных факторов среды на анализируемые показатели зоопланктона (Табл. 6).

В прошлом этот район Аральского моря относился к его участкам с наиболее высокими численностью и биомассой зоопланктона (Луконина, 1960; Картунова, 1975; Андреев, 1989).

Малое море. Район бывшего пролива Берга. Из Малого моря с потоком воды по протоке в проливе Берга выносятся зоопланктон с обширного мелководного участка южнее сырдарьинской дельты.

Биомасса и численность зоопланктона (Табл. 3, 4) оказались здесь высокими. По своему составу зоопланктон этого района отличен от зоопланктона сопредельного участка перед устьем Сырдарьи. Если там преобладали личинки двустворчатых моллюсков, то здесь в мае 1992 г. и 1993 г. зоопланктон состоял практически полностью из *Calanipeda aquaedulcis* и науплиев копепоид. Эта особенность зоопланктона находит свое объяснение в особенностях его донной фауны. Как показали исследования зообентоса, здесь на обширном донном пространстве двустворчатые моллюски полностью отсутствуют (Филиппов и др., 1993). Очевидно, личинки двустворчатых моллюсков в планктоне имеют не местное происхождение, а приносятся течениями из соседнего района моря.

Малое море. Отчленяющиеся заливы, залив Бутакова. Залив Бутакова – это один из немногих, сохранившихся заливов Арала. Все найденные в зоопланктоне залива Бутакова формы - эвригаллинные, они относятся к числу руководящих видов фауны современного Аральского моря (Андреев, 1989; Андреева, 1989; Аладин, 1989; Аладин, Котов, 1989; Андреев, Плотников, 1990; Андреев, Андреева, Филиппов, 1990). Ветвистоусые рачки *Podonevadne camptonux* в пробах ни разу найдены не были, то есть как и в Большом, более осолоненном море (Табл. 2).

Численность и биомасса зоопланктона в заливе Бутакова в сентябре 1990 г. (табл. 3, 4) оказались очень низкими с преобладанием личинок двустворчатых моллюсков (более 90% численности и биомассы), что необычно для зоопланктона в это время года (Андреев, 1989). В конце сентября 1991 г. зоопланктон резко отличался от сентябрьского 1990 г., будучи типичным (Табл. 3, 4). Можно предполагать, что в заливе Бутакова на состав зоопланктона, его численность и биомассу влияет ряд факторов, однако провести соответствующий анализ оказалось невозможным из-за неполноты данных по гидрологии, гидрохимии и фитопланктону.

Малое море. Отчленяющиеся заливы, Большой Сары-Чаганак. Когда к весне 1993 г., уровень Малого Аральского моря поднялся более чем на 1 м после засыпки протоки в проливе Берга, южная часть котловины залива Большой Сары-Чаганак оказалась вновь залитой водой. Этот залив отчленился от Малого Арала в 1987 г. и большая часть его акватории высохла, а остатки превратились в гипергалинный водоем. Теперь на этом месте вновь образовался довольно большой водоем с глубиной до 2 м, связанный с Малым морем. В настоящее время в нем началось восстановление планктонных и бентосных сообществ.

В 1993-1994 гг. в зоопланктоне этого залива были найдены веслоногие рачки *Calanipeda aquaedulcis* и *Halicyclops rotundipes aralensis*, ветвистоусые рачки *Podonevadne camptonux*, личинки

двустворчатых моллюсков *Syndosmya segmentum* и *Cerastoderma ishmicum*, а также колоوراتки *Synchaeta vorax* (Табл. 2).

В мае 1993 г. численность и биомасса зоопланктона оказались очень высокими (Табл. 3, 4), примерно на порядок выше, чем в это же время в открытой части Малого моря. Индекс разнообразия Шеннона (Табл. 5) был очень низким - 0,6 бит против 1,37 бит в открытой части.

Можно предположить, что это связано с притоком биогенов, накопленных наземной растительностью в период высыхания залива, и высвободившихся при его затоплении (Кузнецов и др., 1993; Орлова, 1994). По этому можно было ожидать более благоприятных условий для интенсивного развития зоопланктона, и, в первую очередь, фито-детритофага *Calanipeda aquaedulcis*. К сентябрю 1993 г. кроме обычного осеннего снижения численности личинок двустворчатых моллюсков произошло резкое изменение структурных характеристик зоопланктона. Численность и биомасса резко уменьшились (Табл. 3, 4). Индекс разнообразия Шеннона при этом увеличился до 1,38 бит на единицу биомассы (Табл. 5).

В 1994 г. зоопланктон залива был существенно иным, чем в 1993 г. В июне численность и биомасса зоопланктона оказались на уровне сентября 1993 г., примерно 1/3 его численности и биомассы составляли личинки двустворчатых моллюсков. Индекс разнообразия Шеннона (Табл. 5) также был на уровне осени 1993 г. Осенью 1994 г. зоопланктон в заливе стал еще более бедным, его численность и биомасса уменьшились на порядок. По-видимому снижение количественного обилия зоопланктона, по крайней мере весной, можно объяснить низкой биомассой планктонных микроводорослей (предварительные данные О.М.Русаковой), и относительно низкой первичной продукцией фитопланктонного сообщества; основной вклад в первичную продукцию в этот период на основной территории залива вносили микрофитобентос и пятна zostеры и руппии, обильно заселенные перифитоном и занимающие порядка 30-35% проективного покрытия залива (Орлова, Жакова, Русакова, неопубликованные данные). В результате этих четырех наблюдений за состоянием зоопланктона и некоторых других гидробиологических показателей можно предположить, что формирование биоты во вновь заливаемых акваториях Северного Арала, вероятно, будет носить характер аналогичный таковому при затоплении водохранилищ.

Глава 4. ВЛИЯНИЕ СОЛЕННОСТИ НА ПЛАНКТОННЫЕ ОРГАНИЗМЫ АРАЛЬСКОГО МОРЯ.

В число ключевых факторов, определяющих состав и развитие как зоопланктона, так и всей фауны водоема, входит его соленостный режим.

Табл. 7. Верхние соленостные границы встречаемости основных видов зоопланктона.

Вид	по Андрееву	по Аладину	Наши данные
<i>Synchaeta vorax</i> Rouss.	14.0	-	41.0
<i>S.cecilia</i> Rouss.	14.0	-	40.0
<i>Synchaeta</i> sp.	35.0	28.0	-
<i>Notholca acuminata</i> (Ehrenb.)	14.0	-	>22
<i>N.squamula</i> (Muller)	14.0	-	20.0
<i>Brachionus plicatilis</i> Muller	28.0	>46	20.0
<i>Keratella tropica</i> (Apstein)	-	22.0	-
<i>Podonevadne camptonyx</i> (G.Sars)	26-28	28.0	<30
<i>Calanipeda aquaedulcis</i> Kritsch.	35.0	42.0	41.0
<i>Halicyclops rotundipes aralensis</i> Bor.	35.0	22.0	41.0
<i>Halectinosoma abrau</i> (Kritsch.)	14.0	-	-
<i>Schizopera aralensis</i> Bor.	18.0	-	25.0
<i>Nitocra hibernica</i> (Brady)	24.0	-	-
Личинки <i>Cerastoderma isthmicum</i> Issel	35.0	>25	41.0
Личинки <i>Syndosmya segmentum</i> Recluz	35.0	>25	41.0

Наиболее обычные и многочисленные в зоопланктоне современного Арала коловратки *Synchaeta vorax* и *S.cecilia* являются обитателями морских и солоноватых вод. В Аральском море *Synchaeta vorax* встречается при максимальной наблюдавшейся солености 42 г/л (Табл. 7). Последний, отмеченный в современном Аральском море вид рода *Brachionus* - *B.plicatilis* Muller, относится к галобионтам из фауны континентальных соленых водоемов. По наблюдениям Н.В.Аладина (1991) верхняя граница соленостной толерантности этого гидробионта в Арале превышает 46 г/л (Табл. 7). Коловратка *Notholca acuminata* (Ehr.) широко распространена в пресных и солоноватых водах. В Малом море эта коловратка была нами найдена при солености 22 г/л. У *N.squamula* (Muller) известно наличие морских и лимнических рас (Кутикова, 1974), в Арале эта коловратка, очевидно, представлена морской расой.

В лабораторных экспериментах каспийский эвригалинный ветвистоусый рачек *Podonevadne camptonyx* выдерживает в аральской

воде соленость до 28 г/л (Аладин, 1989). В Аральском море он также встречается при солсностях до 28 г/л (Табл. 7).

Веслоногий рачек *Calanripeda aquaedulcis* был вселен из Азовского моря в Аральское когда соленость последнего еще не достигала 12 г/л. Прогноз, что в Аральском море эта копепода сможет выдержать осолонение не выше 20 г/л не подтвердился, и *C. aquaedulcis* живет при значительно более высоких соленостях (Табл. 7).

Род веслоногих рачков *Halicyclops*, представленный в Аральском море *H. rotundipes aralensis* Bor., обитает всеветно в морских и солоноватых водах (Боруцкий, 1974). Имеющиеся в наличии сведения об отношении *H. r. aralensis* к фактору солености весьма противоречивы (Табл. 7). В наших зоопланктонных пробах он был найден в осеннем зоопланктоне залива Тше-Бас при солености около 41 г/л.

Известные для фауны Аральского моря Naupacticoidea в своем большинстве являются морскими или солоноватоводными формами, некоторые из них могут заходить в пресные воды (Боруцкий, 1974). Судя по данным об их распространении, ряд гарпактицид может жить при высокой солености. По данным Н.И. Андреева (1989), наиболее эвригалинными среди обитавших в Арале гарпактицид оказались, отмеченные им при соленостях выше 22 г/л, *Nitocra hibernica* (Brady), *N. lacustris* (Schmank.), *Mesochra aestuarii* Gurney, *Onichocamptus mohammed* (Blanch. et Rich.). Весьма вероятно, что гарпактицида, отмеченная Н.В. Аладиным (1991) в заливе Большой Сары-Чаганак при солености выше 42 г/л была *N. lacustris*. Отмеченная в наших сборах в районе, прилегающем к дельте Сырдарьи *Halectinosoma abrau* (Kritsch.) относится к обитателям солоноватых вод. Другой представитель этой группы ракообразных - *N. hibernica* - является обитателем опресненных дельтовых участков и был найден в районе устья Сырдарьи. Обитатель литорали и пелагиали Аральского моря *Schizopera aralensis* Bor., был найден в открытой части Малого Арала и в заливе Большой Сарычаганак, т.е. при соленостях выше 20 г/л (Табл. 7).

Остальные представители зоопланктона являются личинками различных донных беспозвоночных. Так как личинки донных беспозвоночных составляют существенную компоненту планктона Арала в весенние и летние месяцы, в данной главе также кратко рассматривается (Табл. 7) солеустойчивость главных бентосных форм с использованием литературных данных (Карпсвич, 1947, 1953а; Хусаинова, 1958; Андреев, Андреева, 1990а,б; Аладин, 1991, Филиппов, 1994а,в и др.).

В этой главе также приводятся данные по временным водоемам зоны осушки, где копеподы и коловратки выдерживают осолонение до 60-70 г/л. Однако этим данным полностью нельзя доверять, так как в данных гипергалинных водоемах может быть нарушена функция

воспроизводства, условия питания и дыхания могут быть неблагоприятными. Не исключено, что данные планктонные организмы здесь лишь переживают в виде псевдопопуляции.

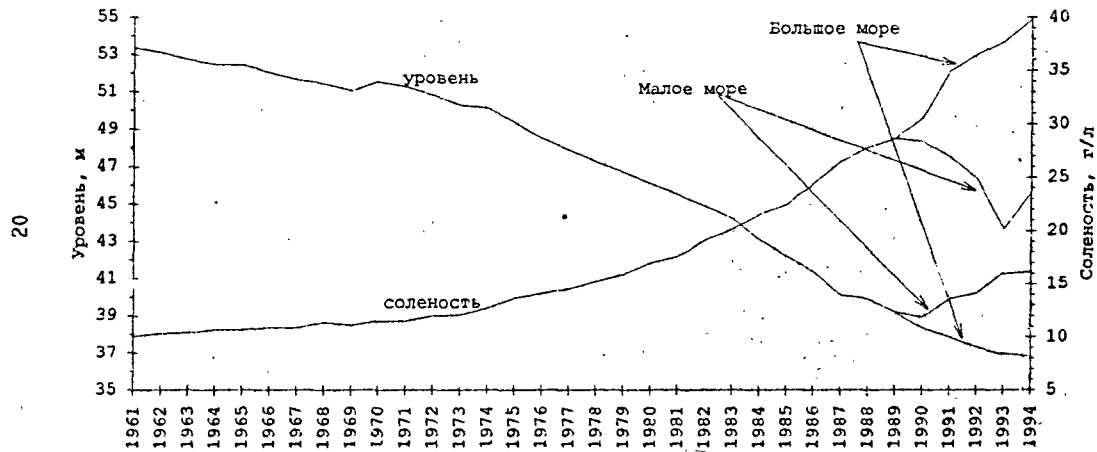
Так как в популяциях гидробионтов всегда наблюдается полиморфизм по степени солеустойчивости отдельных особей, то за сравнительно короткий отрезок времени в конкретных условиях формируются соответствующие данным условиям солонные расы. При повышении солёности водоема следует ожидать, что начнется интенсивный отбор организмов, имеющих более высокий верхний предел солёностной толерантности. По этой причине результаты исследований солеустойчивости одного и того же вида, полученные при исходной солёности водоема и полученные для того же водоема после его осолонения, могут не совпадать. Можно ожидать, что аральские расы гидробионтов населяющих этот водоем сейчас, будут иметь более высокую солеустойчивость не только по сравнению с теми, которые обитают в других частях ареала в менее осолоненных водоемах, но и с таковыми в исходном Аральском море.

Глава 5. ПРЕДПОЛАГАЕМОЕ СОСТОЯНИЕ ЗООПЛАНКТОНА АРАЛЬСКОГО МОРЯ В УСЛОВИЯХ ДАЛЬНЕЙШЕГО ИЗМЕНЕНИЯ ЕГО ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА.

В данной главе рассматривается несколько вариантов возможных изменений зоопланктона Аральского моря в зависимости от гидрологического режима. Исходя из последовательности исчезновения тех или иных видов из фауны Аральского моря и опираясь на концепцию относительности и множественности зон барьерных солёностей (Аладин, 1983, 1988, 1991), можно предположить, что существует 4 возможных типа будущего Аральского моря. 1) При возврате к прежней солёности водоем будет иметь близкую к исходной фауну пресноводного происхождения, для существования которой необходима солёность не превышающая 11-14 г/л. 2) При солёности в пределах 22-28 г/л Арал будет иметь фауну и флору солоноватоводного происхождения. 3) При более высокой солёности, но не превышающей 36-42 г/л в водоеме смогут существовать фауна и флора морского происхождения. 4) Если солёность будет более высокой (свыше 42 г/л и вплоть до выпадения из рассола самосадочной соли), в водоеме останется только флора и фауна гипергалинного типа.

В случае усиления минерализации аральских вод, могут успешно развиваться несколько видов гарпактицид (скорее всего *Nitocra lacustris*, *Cletocamptus retrogressus* Schmank., *C. confluens* (Schmceil)) и коловратка *Brachionus plicatilis*. Как это уже наблюдалось на отделившихся заливах, в Арале снова появится, будучи занесенной из

Фиг. 2. Изменение уровня и солёности Аральского моря с 1961 г.



ближайших соленых водоемов, *Moina mongolica* Daday. Тем же путем сюда может вселиться и *Arctodiaptomus salinus*, исчезнувший на рубеже 50-60-х гг. по биотическим причинам. С пыльно-солевыми бурями в гипергалинный Арал может попасть *Artemia salina* (Leach), населяющая многие соленые водоемы вблизи Аральского моря. Сложнее обстоит дело в отношении копеподы *Halicyclops rotundipes aralensis*. Имеющиеся данные по встречаемости этого рачка в различных соленостных условиях весьма противоречивы (глава 4). По мере дальнейшего роста солености следует ожидать новых изменений в составе зоопланктона. Когда соленость превысит 100 г/л, должны будут выпасть (если до этого произойдет их вселение) *M. mongolica* и *Arctodiaptomus salinus*. Несколько раньше, при более низких соленостях, очевидно, должен исчезнуть *H. r. aralensis*. В конце концов в зоопланктоне остаточного гипергалинного водоема может сохраниться только *Artemia salina*, живущая при соленостях до 300-350 г/л, а также наиболее солеустойчивые простейшие и водоросли.

Что касается Малого Аральского моря, то его будущее нельзя представить столь однозначно, так как оно зависит от решения проблемы со стоком его вод через пролив Берга. Возможны три сценария.

Во-первых, если будет окончательно размыта естественная преграда в пересошем проливе Берга и дельта Сырдарьи сместится в Большой Арал, Малое море ожидают быстрое высыхание и превращение в гипергалинный водоем. При этом изменения пойдут по той же схеме, что была выше обрисована.

Во-вторых, возможно неопределенно длительное сохранение его в нынешнем состоянии. В этом случае зоопланктон Малого Арала и вся остальная фауна останутся, очевидно, практически неизменными.

В третьих, в случае восстановления и укрепления насыпной перемычки в проливе Берга станет возможным дальнейший подъем уровня Малого Арала и его распреснение (Рис. 2). При устойчивом снижении солености до 21 г/л и ниже следует, во-первых, ожидать увеличения численности *Podonevadne camptonux*. При снижении солености ниже 12-14 г/л станет возможным появление в зоопланктоне Малого Аральского моря ряда пресноводных и солоноватоводных видов коловраток, встистоусых и веслоногих ракообразных, прежде населявших Арал. Они могут быть занесены в виде покоящихся стадий из пресных или солоноватых водоемов Приаралья. Также возможен их вынос с водой из озер в нижнем течении Сырдарьи.

По-видимому, наиболее реалистичным в сложившейся экономической ситуации в государствах Средней Азии и Казахстане является первоочередное сохранение Малого Аральского моря с возможным последующим частичным восстановлением его режима.

ВЫВОДЫ.

1. Зоопланктон прибрежной зоны северной части Аральского моря в настоящее время представлен небольшим числом видов и является чрезвычайно монотонным. Его основу составляют: коловратка *Synchaeta vorax*, к которой реже может добавляться *S. cecilia*; только в Малом Арале ветвистоусый рачок *Podonevadne camptonux*; веслоногий рачок *Calanipeda aquaedulcis*, наряду с которым иногда бывает многочисленным *Halicyclops rotundipes aralensis*; личинки двустворчатых моллюсков *Syndosmia segmentum* и *Cerastoderma isthmicum*.

2. Видовой состав зоопланктона остается в основном неизменным после последнего кризисного периода, который Арал пережил во 2-й половине 80-х гг. Существует различие видового состава зоопланктона Малого и Большого Аральского моря. С 1990 г. в Большом море из-за его осолонения *P. camptonux* уже не встречается, но сохраняется в Малом море (кроме осолоненного залива Бутакова) благодаря его более низкой солености.

3. В открытых районах Большого и Малого Арала такие, проанализированные структурные характеристики зоопланктона как численность и биомасса в основном сходны между собой.

4. В пределах акватории Малого Аральского моря выделяется ряд участков, таких, как заливы Бутакова и Большой Сары-Чаганак, пространство перед устьем Сырдарьи, а также акватория в той части бывшего пролива Берга, откуда происходит сток в Большой Арал. Здесь особенности зоопланктона обусловлены сильно выраженной спецификой гидрологических условий этих районов.

5. Большое Аральское море в сложившейся ситуации обречено превратиться в гипергалинный водоем с еще более обедненной, чем современная, галофильной фауной континентальных водоемов.

6. В настоящее время, после разделения Арала на две самостоятельные акватории появилась, благодаря увеличившемуся стоку Сырдарьи, возможность, перекрыв пролив Берга плотиной, не только сохранить Малый Арал в его нынешних границах, но и, если не полностью, то хотя бы частично, вернуть его к прежнему состоянию. В случае реализации такого плана по мере уменьшения степени минерализации его вод можно ожидать возвращения части ранее исчезнувших из Аральского моря гидробионтов, но сохранившихся в других водоемах Приаралья, в первую очередь в системе Сырдарьи.

Список работ, опубликованных по теме диссертации:

1. Зоопланктон залива Бутакова Аральского моря в сентябре 1990 г. // Тр. Зоол. ин-та АН СССР. 1991. Т.237. С. 34-39.

2. Прошлое и настоящее фауны Аральского моря // Зоол. журн., 1991. Т. 70, Вып. 4. С. 5-15 (совместно с Н.В.Аладиным и А.А.Филипповым).
3. Изменение экосистемы Аральского моря в результате антропогенного воздействия // Гидробиол. журн., 1992. Т. 28. № 2. С. 3-11 (совместно с Н.В.Аладиным и А.А.Филипповым).
4. Зоопланктон Аральского моря в мае 1991 года на примере прибрежной зоны острова Барсакельмес // Тр. Зоол. ин-та РАН, 1993. Т. 250. С. 38-41.
5. Зоопланктон Аральского моря (Малое море и залив Бутакова) в сентябре 1991 г. // Тр. Зоол. ин-та РАН, 1993. Т. 250. С. 42-44.
6. Зоопланктон Аральского моря в 1992 г. // Тр. Зоол. ин-та РАН, 1993. Т. 250. С. 46-51.
7. Зоопланктон Аральского моря (Малое Аральское море) в условиях стабилизации его режима // Тр. Зоол. ин-та РАН, 1994. Т. 262. (в печати)
8. Высыхание Аральского моря и возможные пути реабилитации и консервации его северной части // Тр. Зоол. ин-та РАН. 1994. Т. 262. (в печати) (совместно с Н.В.Аладиным).
9. Изменения уровня Аральского моря: палеолимнологические и археологические доказательства // Тр. Зоол. ин-та РАН. 1994. Т. 262. (в печати) (совместно с Н.В.Аладиным).
10. The fauna of the Aral Sea in 1989. 2. The zooplankton. // Int. J. Salt Lake Res., 1992. Vol. 1. P. 111-116 (совместно с Н.В.Аладиным и Н.И.Андреевым).
11. Hydrobiological Environmetrics on the Aral Sea in XXth Century // In: 4th Int. Confer. on statist. methods, for the Environmental Sciences, Espoo, 1992. P.113 (совместно с Н.В.Аладиным и А.А.Филипповым).
12. Large saline lakes of former USSR: a summary review // Hydrobiologia, 1993. Vol. 267. P. 1-12 (совместно с Н.В.Аладиным).
13. The Past and Present Aral Sea Fauna // Scripta Technica, 1991. P. 33-44 (совместно с Н.В.Аладиным и А.А.Филипповым).
14. Paleolimnology of the Aral Sea // Int. J. Salt Lakes Res., 1994. (в печ.) (совместно с Н.В.Аладиным).
15. The Aral Sea desiccation and possible ways of rehabilitation and conservation of its North part // Int. J. Environmetrics, 1994. Vol. 6. P. 17-29 (совместно с Н.В.Аладиным и В.Т.В.Поттсом).