

УДК 551.465

КОМПЛЕКСНЫЕ ЭКСПЕДИЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ АРАЛЬСКОГО МОРЯ В ОКТЯБРЕ 2003 г.

© 2004 г. П. О. Завьялов¹, А. И. Гинзбург¹, Ф. В. Сапожников¹, У. Р. Абдуллаев²,
А. К. Амбросимов¹, Н. И. Андреев³, Р. Валиджанов⁴, Д. П. Ишниязов², А. А. Колдаев²,
Т. В. Кудышкин⁵, А. К. Курбаниязов⁶, А. А. Ни², М. А. Петров², О. Ю. Строганов¹,
И. Г. Томашевская², В. М. Хан⁷

¹Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия

²Институт геологии и геофизики АН РУз, Ташкент, Узбекистан

³Омский государственный университет, Омск, Россия

⁴Национальный университет им. М. Улугбека, Ташкент, Узбекистан

⁵Среднеазиатский гидрометеорологический институт, Ташкент, Узбекистан

⁶Нукусский государственный педагогический институт, Нукус, Узбекистан

⁷Гидрометцентр РФ, Москва, Россия

Поступила в редакцию 16.02.2004 г.

СТД-измерениями в ноябре 2002 г. [2, 4] была впервые обнаружена резкая плотностная (соленостная) стратификация вод западной части Аральского моря. Эта стратификация, затрудняющая перемешивание и вентиляцию толщи вод, должна, при продолжающемся осолонении моря, существенно влиять на все системы современного Арала, темпы его дальнейшего усыхания, химический состав вод и состояние биологических сообществ. Выявление механизмов ее формирования, а также исследование пространственно-временной изменчивости структуры термохалинных полей Арала и соответствующих изменений его химических и биологических характеристик являются важными научными и прикладными задачами. Их решение требует проведения более масштабных и комплексных съемок на акватории по крайней мере западного Арала в разные сезоны и годы. Началом таких работ и явилась экспедиция “Аральское море-2003” в район западной впадины, проведенная с 8 по 31 октября Институтом океанологии им. П.П. Ширшова РАН совместно с Гидрометцентром РФ и рядом научных организаций Узбекистана.

Выполненные работы включали: СТД-зондирования до дна зондом SEACAT SBE 19plus на четырех разрезах (20 станций, рис. 1) с борта моторного катера, доставленного в район исследования из Ташкента автотранспортом повышенной проходимости; синхронный с СТД-зондированиями отбор проб на различных горизонтах батометром SeaBird для последующих химических и биологических исследований, а также отбор донных отложений дночерпателем; измерение скорости течений на двух заякоренных станциях на глубинах 7 и 15 м (установка и снятие измерителя ПОТОК-2М

с реперным бумом на поверхности осуществлялись с борта другого моторного катера, также доставленного из Ташкента); сбор образцов флоры и фауны на берегу и на мелководье; измерения скорости и направления приземного ветра и вертикальных профилей ветра до высоты 3 км с помощью запусков шаров-пилотов в светлое время суток (через 1–3 ч); стандартные метеонаблюдения на метеостанции Актумсук; геоморфологические работы и геодезическую съемку. В силу существенного отличия солевого состава вод Арала от вод Мирового океана, полученные при СТД-зондированиях данные по солености были затем скорректированы на основе их сопоставления (линейная регрессия) с соответствующими значениями солености проб воды, определенными при лабораторном анализе. Точность этой процедуры – около 0.5‰.

Геодезической съемкой было установлено, что за истекший с предыдущей экспедиции год изменения уровня Арала не произошло. Как и годом ранее, глубоководная западная и мелководная восточная части Аральского моря были соединены проливом глубиной 2–3 м и шириной ~3 км (рис. 1).

Термохалинная структура вод. Выполненные разрезы в поле температуры T и солености S продемонстрировали существенную горизонтальную неоднородность вертикальной термохалинной структуры ниже верхнего квазиоднородного слоя (ВКС) 0–15 м с $T \sim 14^\circ\text{C}$ и $S \sim 86\text{‰}$ (рис. 2). При общем повышении солености с глубиной, наиболее резкая соленостная стратификация наблюдается в придонном слое (ниже 35 м) вдоль западного склона впадины, где соленость у дна достигает ~92‰ в южной части продольного разреза и ~95‰ в северной. Температура на юге впадины понижа-

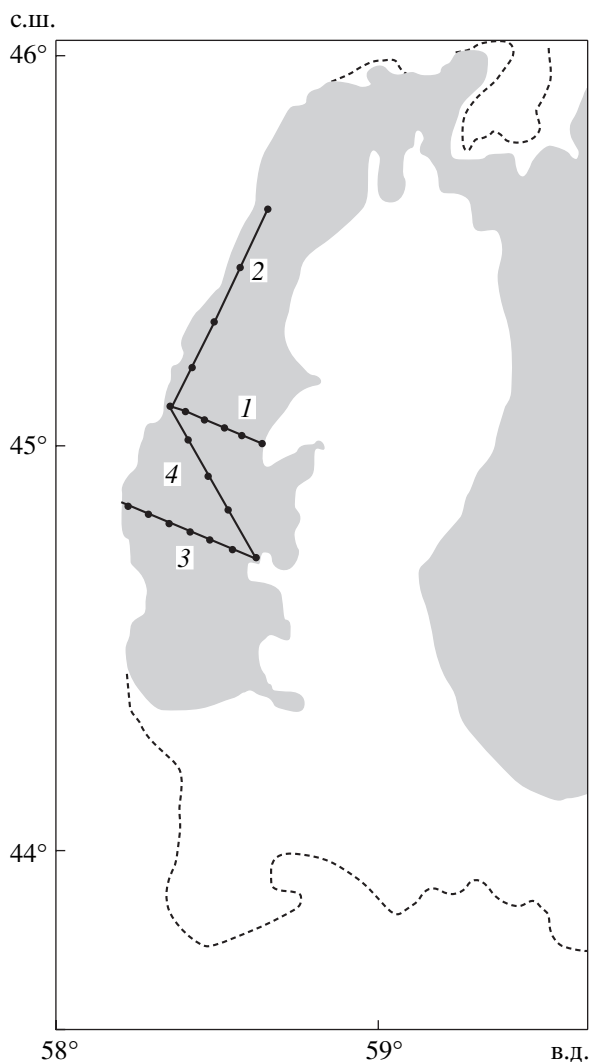


Рис. 1. Современные очертания западной части Аральского моря (серый тон) с нанесенными положениями разрезов (цифры) и станций, выполненных в западной впадине 21–26.10.2003 г. Пунктиром показана граница моря в условно-естественный период.

ется от $\sim 14^\circ\text{C}$ в ВКС до $\sim 5\text{--}6^\circ\text{C}$ у дна на большей части поперечного разреза 1 (не показан). Однако вблизи западного склона из-за распространения придонной интрузии теплых и соленых вод образуется холодный промежуточный слой (ХПС). Северная граница ядра ХПС с $T \sim 6\text{--}7^\circ\text{C}$ расположена на 45.1° с.ш., но в ослабленном виде ($T < 13.5^\circ\text{C}$) этот слой прослеживается до конца разреза (рис. 2). За пределами остаточного ХПС вертикальное распределение температуры в северной части впадины довольно однородно, с температурой слегка ниже 14°C в слое 0–25 м и слегка выше 14°C в придонном слое. Отметим, что во всех пробах воды ниже ВКС на всех разрезах обнаружено увеличивающееся с глубиной серово-

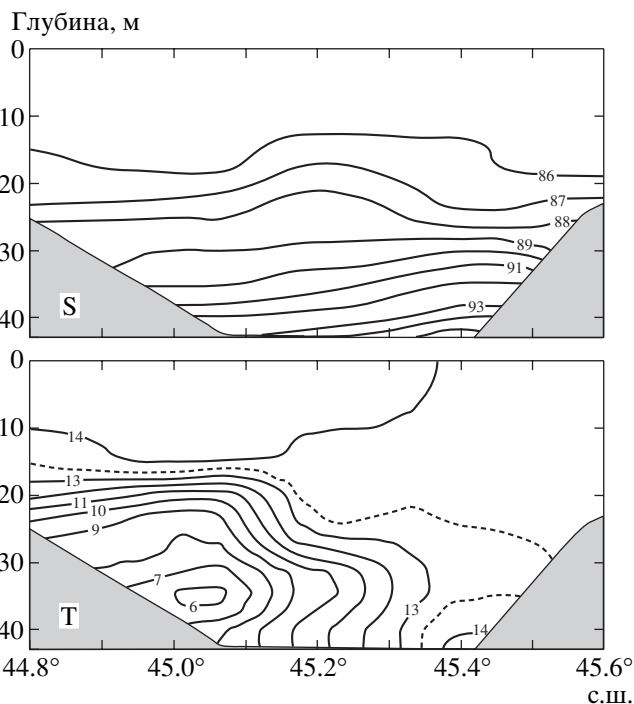


Рис. 2. Распределение солености (вверху) и температуры (внизу) на продольном разрезе вдоль западного склона впадины (23–26.10.2003 г.). Пунктиром показана изотерма 13.5°C .

дородное заражение. Максимальная концентрация сероводорода, измеренная в пробах в лабораторных условиях (~ 80 мг/л), оказалась примерно в 8–10 раз выше, чем в глубинных слоях Черного моря.

Характер распределения T и S на рис. 2 свидетельствует о распространении теплой и соленой интрузии с севера на юг. Наиболее вероятно, что это плотностное течение из восточной части моря, где соленость на мелководьях летом достигает в настоящее время 160‰ (частное сообщение И. Мирабдуллаева), через соединяющий западную и восточную части моря пролив. Причина отсутствия аэрации придонного слоя подобным течением в настоящее время неизвестна. Неясен также механизм (или механизмы) образования холодных глубинных вод явно зимнего происхождения в южной части впадины в условиях резкой соленостной стратификации. Предположительно они могли бы быть результатом: а) распространения предшествующей зимней конвекции в этой глубоководной части моря до дна, несмотря на устойчивую соленостную стратификацию; б) сползания охлажденных в зимний период на мелководьях вод по склонам впадины; в) затока зимних холодных вод из восточного бассейна через пролив. Интересно отметить в связи с этим, что холодные воды ниже ВКС отсутствовали на разрезе, аналогичном по положению разрезу 1 на рис. 1,

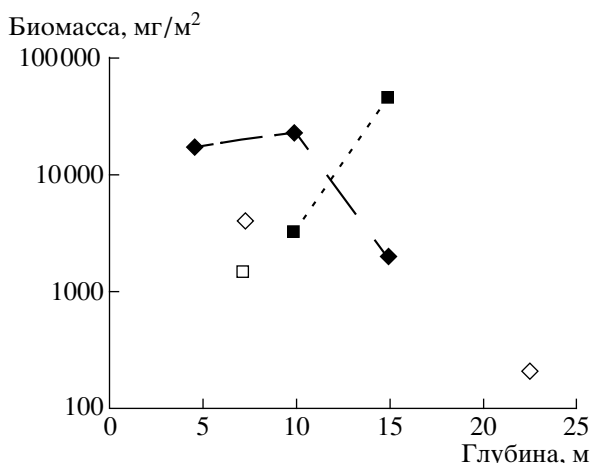


Рис. 3. Биомасса *Syndosmya* spp. (квадраты) и представителей семейства *Chironomyidae* (ромбы) на разных глубинах западного Арала. Черные значки – биомасса на станциях разреза 1, белые – в других точках.

в ноябре 2002 г. [2, 4]. Соленость ВКС за истекший год увеличилась на ~4%. При этом *T,S*-характеристики придонной интрузии теплых и соленых вод на разрезе 2002 г. и в северной части впадины в 2003 г. практически одинаковы.

Течения. По данным измерителя ПОТОК-2М, скорости придонных течений менялись в период наблюдений в пределах 1–8 см/с при скорости ветра не более 7 м/с, причем большей глубине соответствовали меньшие скорости. Этот результат в принципе соответствует известным сведениям о режиме течений в западной впадине Арала в условно-естественный период [3], когда западная и восточная части моря еще не были разделены на юге. Однако нами выявлена значительная изменчивость придонных течений на коротких временных масштабах (порядка суток) и отсутствие однозначной корреляции направлений течения и ветра. Явного южного компонента плотностного течения из восточного бассейна при слабом ветре не обнаружено.

Гидробиология. В планктоне были отмечены многочисленные взрослые экземпляры и молодь рачка *Artemia salina*. Желудки рачков, анализ содержимого которых проводила Е.Г. Арашкевич, были заполнены клетками планктонных микроводорослей.

Фитопланктон (анализ проб выполнен И.Н. Сухановой и А.А. Моручковым) был представлен, в основном, мелкими одноклеточными водорослями, такими как *Chlorella* sp., *Nitzschia amphibia*, *Plagioselmis punctata*, *Rhodomonas* cf. *salina*, *Amphidinium* sp. и *Gymnodinium* spp., а также ценобиями *Oocystis* cf. *lacustris*. Доминировала *Chlorella* sp., численность которой достигала 0.6–5.3 млн. клеток/л, что составляло 43–94% общего обилия микроводорослей и от 7 до 27% их суммарной био-

массы в пробах. Динофлагелляты составляли от 0.5 до 3% общего обилия микроводорослей (7–22.5% общей биомассы). На долю диатомеи *Nitzschia amphibia* приходилось 0.2–2% суммарного обилия и до 1.4% биомассы фитопланктона. Выраженной зависимости в распределении этих видов по глубине отмечено не было.

В верхнем слое донных осадков на мелководьях, на тонкой кристаллической корке солей на больших глубинах и на поверхности ила на максимальных глубинах было отмечено более 50 видов и разновидностей микроводорослей, по большей части диатомей. Интересно отметить, что массовое развитие микрофитобентоса наблюдали и в зоне сероводородного заражения (ниже 18 м). Здесь резко преобладала центрическая диатомея *Actinocyclus kutzingii* (44% суммарного обилия), отмеченная в планктоне и в бентосе мелководий лишь единично. Подвижные диатомеи в анаэробических местообитаниях были представлены в основном *Tryblionella punctata*, *Navicula digitoradiata* и *N. phyllepta* (впервые эти и многие другие диатомеи были отмечены живьем в аральском тиобиосе в ноябре 2002 г.). Вопрос о механизмах, допускающих существование этих видов в анаэробной зоне, в настоящее время остается открытым. Выше границы зоны сероводородного заражения (от 18 до 0 м) в донных сообществах присутствовали зеленые макроводоросли *Cladophora glomerata* и *C. fracta*. Особенно высокой плотности заросли этих макрофитов достигали на минимальных глубинах (0–0.3 м). Отметим, что, в сравнении с прошлым годом, обилие *Cladophora* в прибрежной зоне западного Арала значительно выросло. На некоторых участках береговые скалы на урзе воды были покрыты сплошным бурым обростом колониальной диатомеи *Navicula ramosissima* (мощностью до 0.5 см). Высшей водной растительности в прибрежной зоне отмечено не было.

Мейобентос был представлен нематодами, гарпактицидами и единичными турбелляриями (исследуется В.О. Мокиевским), а также остракодой *Cyprides thoroza*.

Макрозообентос западного Арала был представлен двустворчатыми моллюсками *Syndosmya* spp. и личинками хирономид (Insecta: Diptera: *Chironomidae*) (исследован Н.И. Андреевым и С.И. Андреевой). Личинки двукрылых были отмечены от минимальных глубин до 18-метровой отметки. На глубинах 5 и 10 м их численность достигала более чем 10000 экз/м² при биомассе до 23 г/м² (рис. 3). По мере приближения к восстановительной зоне их обилие сходило на нет. Первые экземпляры *Syndosmya* spp. были отмечены в пробах с глубины 7.3 м. Максимальная численность зафиксирована на 15-метровой отметке – 280 экз/м² (при биомассе 47.2 г/м², рис. 3). У акклиматизированного в начале 1960-х годов моллюска *Syn-*

dosmyna segmentum в Аральском море зарегистрирован видообразовательный процесс [1]. Численность ракушкового рачка *Cyprides thoroza* (получена Н.И. Андреевым и С.И. Андреевой) на глубинах от 5–7.5 м достигала 150 экз/м², на 10-метровой отметке приближалась к первым десяткам экз/м², а ниже, на 15-ти метрах, вновь возрастала до 100 экз/м². Возможно, это связано со слабым заилением поверхности кристаллической корки солей на десятиметровой глубине (личинки хирономид живут в норках, *Cyprides thoroza* – на поверхности грунта).

Ихтиофауна западного Арала была представлена одним видом – *Atherina sp.* Живых экземпляров камбалы *Latihitis flexus luskus* отмечено не было.

Экспедиционные работы были частично поддержаны Национальным географическим обществом США (грант 7533-03). Предварительный анализ полученных данных выполнен при поддержке грантов Российского фонда фундамен-

тальных исследований (проекты № 03-05-64926 и № 03-05-64464а), а также гранта Президента РФ МД-1322.2004.5.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев Н.И., Андреева С.И. Эволюционные преобразования двусторчатых моллюсков Аральского моря в условиях экологического кризиса. Омск: Изд-во ОмГПУ, 2003. 381 с.
2. Завьялов П.О., Костяной А.Г., Сапожников Ф.В. и др. Современное гидрофизическое и гидробиологическое состояние западной части Аральского моря // Океанология. 2003. Т. 43. № 2. С. 316–319.
3. Косарев А.Н. Гидрология Каспийского и Аральского морей. Изд. Московского университета, 1975. 272 с.
4. Zavalov P.O., Kostianoy A.G., Emelianov S. et al. Hydrographic Survey in the Dying Aral Sea // Geophys. Res. Letters, 30, 13, 1659, doi:10.1029/2003GL017427, 2003.