



УДК 591.9 (262.83)

ИЗМЕНЕНИЕ ВИДОВОГО СОСТАВА ФАУНЫ СВОБОДНОЖИВУЩИХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ (METAZOA) АРАЛЬСКОГО МОРЯ

И.С. Плотников

Зоологический институт Российской академии наук, Университетская наб. 1, 199034 Санкт-Петербург, Россия;
e-mail: aral@zin.ru

РЕЗЮМЕ

В статье рассматриваются изменения видового состава фауны свободноживущих беспозвоночных Аральского моря, происходившие во второй половине XX века и в начале XXI века. Эти изменения стали следствием вселения человеком новых видов рыб и беспозвоночных и изменения гидрологического режима этого соленого бессточного озера. Изменения, вызванные осолонением, происходили нелинейно, неравномерно, через связанные с переходом через очередную критическую соленость кризисные периоды, сменяющиеся периодами относительной стабильности.

Ключевые слова: Аральское море, вселенцы, соленость, фауна беспозвоночных

CHANGES IN THE SPECIES COMPOSITION OF THE ARAL SEA FREE-LIVING INVERTEBRATES (METAZOA) FAUNA

I.S. Plotnikov

Zoological Institute of the Russian Academy of Sciences, Universitetskaya Emb. 1, 199034 Saint Petersburg, Russia;
e-mail: aral@zin.ru

ABSTRACT

The paper provides overview of changes in the species composition of free-living invertebrate fauna of the Aral Sea occurred in the second half of the XX century and the beginning of the XXI century. These changes were the result of introduction of new species of fish and invertebrates and changes in the hydrological regime of this saline inland lake. Changes caused by salinization occurred not linearly through crisis periods associated with the transition critical salinity followed by periods of relative stability.

Key words: Aral Sea, invaders, salinity, fauna of invertebrates

Расположенное в аридной зоне Аральское море является бессточным соленым озером. В прошлом оно входило в число крупнейших континентальных водоемов планеты. Продолжающаяся уже полвека антропогенная регрессия и вызванные ею последствия уже давно привлекают к себе самое широкое внимание.

Уровень и соленость Аральского моря, как и других водоемов аридной зоны, находятся в тесной зависимости от его водного баланса, который

нестабилен и зависит не только от климата, но и от антропогенных факторов. Гидрологический режим моря изначально управлялся местными климатическими факторами, влиявшими на сток питающих его рек. В исторический период влияние деятельности человека на объем поступающего в Арал речного стока (главным образом через орошение, войны, экономические и политические решения) периодически усиливалось, становясь главной причиной его изменения.

В период с 1911 г. по 1961 г. состояние Аральского моря было квазистабильным, колебания уровня были небольшими, и соленость не менялась. Современная регрессия Аральского моря началась в 1961 г. Ее основной причиной стал экстенсивный рост орошаемых посевных площадей в бассейнах питающих его рек – Сырдарьи и Амударьи. Резкое увеличение объемов изъятия стока этих рек на орошение нарушило существовавшее на протяжении длительного времени равновесие между приходной и расходной составляющими водного баланса, что привело к быстрому падению уровня и осолонению Арала. В результате этого к настоящему времени из-за морфологической структуры своей котловины он распался на группу остаточных водоемов с различной соленостью.

Соленость Аральского моря определяют в первую очередь соотношение речного стока, атмосферных осадков и испарения. До 1961 г. средняя соленость вод моря составляла 10.3‰. Она была понижена в акваториях, подверженных опресняющему воздействию речного стока (Бортник и Чистяева, 1990). Районами с повышенной соленостью воды были мелководья и заливы восточного побережья и акватория Акпеткинского (Карабайли) архипелага, где летом из-за интенсивного испарения при затрудненном водообмене с основной акваторией моря соленость могла достигать 47–50‰ (Деньгина, 1959; Хусаинова, 1958, 1960).

Состояние Аральского моря оставалось квазистабильным до 1961 г., пока испарение не стало превышать сумму приходных составляющих водного баланса. С этого времени водный баланс становится отрицательным, и уровень (рис. 1) начал снижаться. Со снижением уровня Аральского моря сокращались его площадь и объем воды (Бортник и Чистяева, 1990).

С 1961 г. соленость воды Аральского моря (см. рис. 1) начала увеличиваться. Сначала она росла медленно, но с увеличением темпов падения уровня моря осолонение ускорило. В 1980-е гг. с дальнейшим сокращением и затем почти полным прекращением притока речных вод исчезли опресненные зоны перед устьями Амударьи и Сырдарьи (Бортник и Чистяева, 1990). К 1988–1989 гг. уровень моря снизился настолько, что пересох связывавший Малый и Большой Арал пролив Берга, и оно разделилось на два терминальных водоема. Средняя соленость к этому времени достигла

30‰ (Аладин и Плотников, 2008). С разделением Арала падение уровня Малого моря остановилось благодаря его положительному водному балансу. Началось постепенное снижение солености. Высыхание Большого Арала продолжалось, и его уровень стал ниже уровня Малого Арала.

Весной 1990 г. при сезонном увеличении стока Сырдарьи уровень Малого моря повысился, и избыток воды стал переливаться в Большое море. Возникла вероятность размыва естественной преграды на месте пролива Берга, что создавало опасность возобновления падения уровня Малого моря. В 1992 г. пролив Берга был перекрыт невысокой дамбой (Аладин и Плотников, 1995), просуществовавшей до ее разрушения в 1999 г. В 2004–2005 гг. на этом месте была построена капитальная плотина (Аладин и Плотников, 2008).

К осени 2011 г. снижение солености Малого Арала достигло 8‰, в обособленном зал. Бутакова она была немного выше – 11‰, а около расположенной вблизи устья Сырдарьи Кок-Аральской плотины соленость была снижена до 6.3‰ (Micklin, неопубл. данные). Таким образом, Малое море вновь стало солоноватоводным водоемом. В отличие от Малого Арала водный баланс Большого Арала остался отрицательным. Уровень Большого моря продолжал снижаться, а соленость расти, и к концу 1990-х гг. оно превратилось в гипергалинный водоем. В 2000 г. соленость большого Арала превысила 60‰, и в 2004 г. она достигла 100‰.

В результате падения уровня Большого моря к концу 1990-х годов оно разделилось на Западный и Восточный Большой Арал. В 2001–2002 гг. между ними сформировалась узкая протяженная протока (Завьялов и др., 2006). Большой Арал стал превращаться в комплекс остаточных водоемов. С 2000 г. рост солености в мелководном восточном бассейне опережает ее увеличение в глубоководном западном бассейне. К 2006 г. от Восточного Большого Арала отделился зал. Тщebas. При весеннем сбросе воды из Малого Арала пересохшая северная оконечность восточного бассейна на время затопляется, и связь с этим заливом на время восстанавливается (Аладин и Плотников, 2008).

Последней и наиболее полной сводкой по фауне беспозвоночных Арала является изданный в 1974 г. «Атлас беспозвоночных Аральского моря». Всего в данный атлас были включены 195 форм свободноживущих беспозвоночных, обитавших

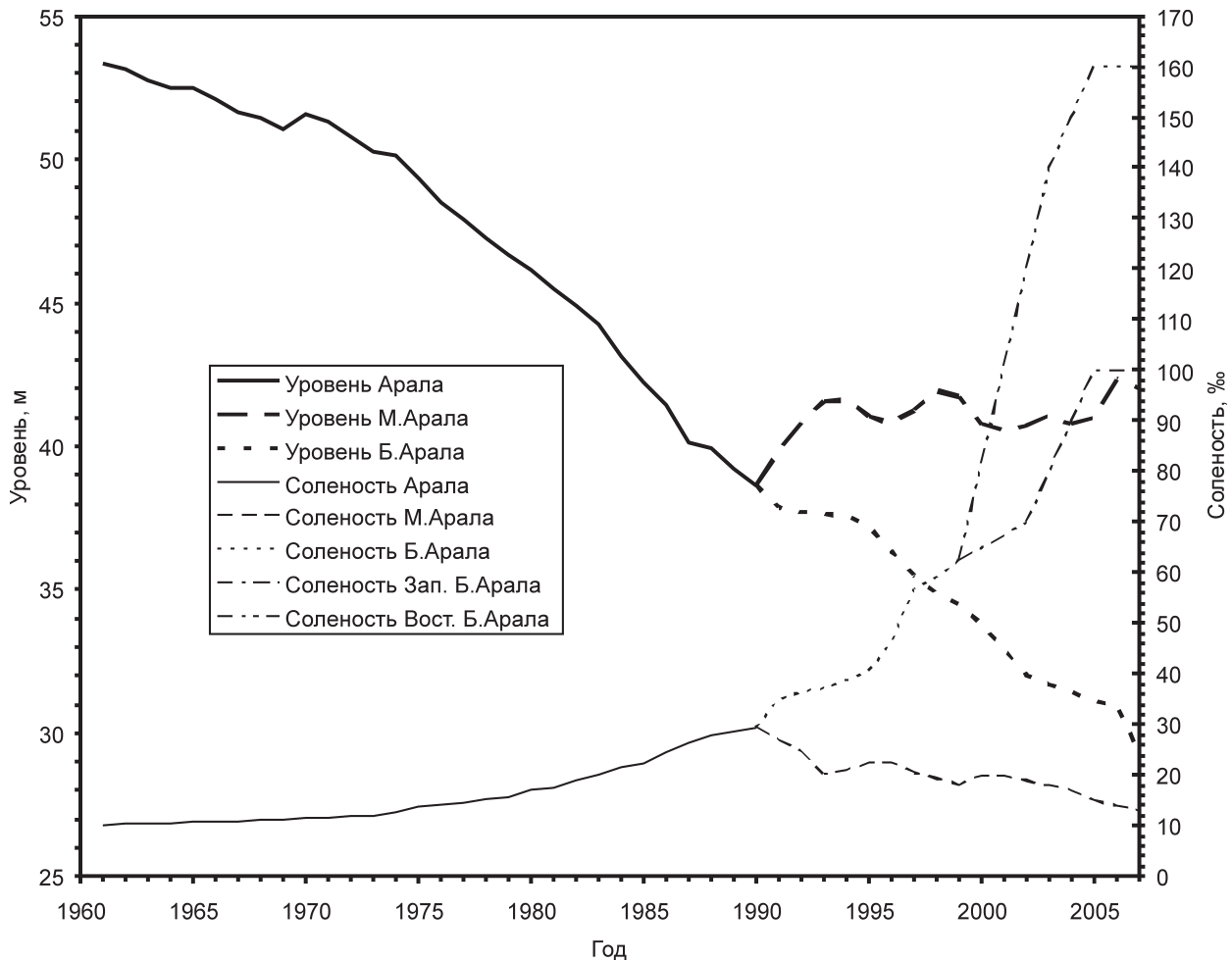


Рис. 1. Изменение уровня и солености Аральского моря.

Fig. 1. The Aral Sea level and salinity changing.

в открытом море и в преддельтовых акваториях перед дельтами Сырдарьи и Амударьи (Яблонская, 1974).

По своему происхождению аборигенная фауна Аральского моря была гетерогенной. Согласно Е.А. Яблонской (1974) 78% видов свободноживущих беспозвоночных составляли обитатели пресноводных и солоноватоводных континентальных водоемов, 17% – каспийские виды (представители каспийской фауны), и только 5% – средиземно-морско-атлантические виды. Таким образом, в фауне Арала преобладали виды пресноводного происхождения. По сравнению с фауной Каспийского моря аборигенная фауна свободноживущих беспозвоночных Аральского моря отличалась бедностью своего видового состава. Несмотря на

изоляция Аральского моря от других водных бассейнов, из-за молодости этого водоема (Аладин и Плотников, 1995; Boomer et al., 2000) уровень эндемизма его фауны, в отличие от фауны Каспийского моря, был очень незначительным.

Наибольшее видовое разнообразие аборигенного зоопланктона Аральского моря наблюдалось в сильно опресненных районах, где встречались обитатели преимущественно пресных вод, выдерживающие небольшое осолонение, и чисто пресноводные виды, выносившиеся сюда реками и встречавшиеся только здесь. По мере продвижения к зоне с нормальной соленостью его видовой состав становился существенно беднее.

Основу аборигенной планктонной фауны Аральского моря составляли виды, обитавшие в

открытом море при его нормальной солености, но только немногие из них достигали высокой численности. Четыре вида ветвистоусых: *Cercopagis pengoi aralensis* М.-Boltovskoi, *Evadne anonyx* G. Sars, *Podonevadne camptonyx* (G. Sars), *P. angusta* (G. Sars) – это представители эндемичного понто-каспийского комплекса, которые были основным компонентом аборигенной фауны аральских Cladocera. Другие три вида – *Ceriodaphnia reticulata* (Jurine), *Alona rectangularis* G. Sars и *Moina mongolica* Dadau – многочисленными не были (Андреев, 1989). Самым массовым видом среди планктонных ракообразных был представитель фауны континентальных соленых водоемов *Arctodiaptomus salinus* (Dadau) (Луконина, 1960). По всему Аральскому морю встречался *Halicyclops rotundipes aralensis*. Остальные Соперода – это пресноводные эвригалинные виды Cyclopoida, из которых наиболее распространенным был *Mesocyclops leuckarti* (Claus), и 15 солоноватоводных и морских видов Harpacticoida (Боруцкий, 1974).

В аборигенной донной фауне Аральского моря преобладали пресноводные и каспийские виды. Основу макрозообентоса составляли 12 видов и подвидов моллюсков, 6 видов олигохет, 5 видов ракообразных и свыше 25 видов личинок хирономид (Деньгина, 1959; Беянина и Константинов, 1974; Старобогатов, 1974). Из них только меньшая часть достигала высокой численности: это двустворчатые аралокаспийские моллюски – *Dreissena polymorpha aralensis* (Andrusov), *D. p. obtusecarinata* (Andrusov), *D. caspia pallasi* (Andrusov), *Hypanis minima minima* (Ostroumoff), *H. m. sidorovi* Starobogatov; олигохеты – *Nais elingius* Müller и *Paranais simplex* Hrabec; ракушковый рачок *Cyprideis torosa* (Jones); бокоплав *Dikerogammarus aralensis* (Uljanin); личинки *Chironomus behningi* Goetghebuer и ручейники *Oecetis intima* MacLachlan. Двустворчатые моллюски морского происхождения *Cerastoderma* spp. и брюхоногие галофилы из континентальных водоемов *Caspihydrobia* spp. были многочисленными только в районах с повышенной соленостью (Хусаинова, 1958; Деньгина, 1959; Яблонская, 1960а, 1960б). Арало-каспийский брюхоногий моллюск *Theodoxus pallasi* Lindholm, хотя и был широко распространенным, но по своей численности значительно уступал доминировавшим двустворчатым моллюскам *Dreissena* spp. и *Hypanis* spp. (Яблонская, 1960а; Яблонская и др., 1973).

Причиной первых изменений в фауне Аральского моря было пока еще не изменение его гидрологического режима, а вселение человеком новых видов беспозвоночных и рыб. Необходимость вселения новых видов обосновывалась тем, что в Аральском море отсутствовали многие высокопродуктивные формы кормовых беспозвоночных, а также тем, что запланированное гидростроительство и экстенсивное развитие ирригации неизбежно приведут к сокращению речного стока, и, как следствие, к увеличению солености вод Арала. Уже небольшое ее повышение должно было повлечь за собой существенные изменения в его фауне. Составлявшие ее основу солоноватоводные и пресноводные виды по мере повышения солености должны были постепенно исчезнуть, неизбежно приведя к утрате Аральским морем его значения для рыбного хозяйства, потому было необходимо заранее начать формирование солеустойчивой биоты путем акклиматизации подходящих эвригалинных видов (Карпевич, 1953а,б, 1960а, в, 1975).

При реконструкции фауны Аральского моря следовало не допускать попутного заноса нежелательных видов. Основываясь на анализе экосистемы Арала, Карпевич предложила для вселения ряд видов планктонных водорослей, планктонных и донных беспозвоночных и рыб. Из планктонных беспозвоночных были рекомендованы высокопродуктивные солоноватоводные и морские виды, которые должны были заменить или дополнить представленные в Арале виды пресноводного происхождения (Карпевич, 1960а, 1975). Однако в ходе начавшегося в середине 1950-х годов вселения гидробионтов в Аральское море этим рекомендациям не следовали. Возможность негативных последствий не принималась во внимание. Рекомендованный порядок вселения не соблюдался. Попутно с плановыми в Арал были занесены и случайные вселенцы, в их числе – и нежелательные.

Первым вселенным в Аральском море свободноживущим беспозвоночным стала попутно занесенная при неудавшейся попытке акклиматизации каспийских кефалей креветка *Palaemon elegans* Rathke (Хусаинова, 1958; Малиновская, 1961; Кортунунова, 1970; Карпевич, 1975). Считается, что именно креветка, в рацион которой входил и бокоплав *Dikerogammarus aralensis*, стала причиной исчезновения последнего (Малиновская,

1961; Мордухай-Болтовской, 1972; Андреева, 1989; Aladin and Potts, 1992). В 1964 г. началось снижение численности бокоплава, и с 1973 г. он в самом Арале не встречается (Андреева, 1989). Его исчезновение не могло быть вызвано осолонением, так как в сильно осолоненных районах моря он жил при солености до 50‰ (Хусаинова, 1960; Денгына, 1959).

Плановое вселение беспозвоночных в Арал началась в 1958 г. после предварительной разработки биологического обоснования и биотехники. Были отобраны преимущественно солоноватоводные и морские виды, более стойкие к ожидавшемуся повышению солености, чем аборигенные виды (Карпевич, 1958а,б; 1960а,б; Бокова, 1958, 1960; Киселева, 1960; Чекунова, 1960).

Первыми плановыми вселенцами стали реликтовые солоноватоводные понто-каспийские мизиды, вселение которых Арал проходило в 1958–1960 гг. Отловленные в дельте Дона 3 вида мизид: *Paramysis (Serrapalpis) lacustris* (Czerniavsky), *P. (Mesomysis) intermedia* (Czerniavsky) и *P. (P.) baeri* Czerniavsky, были перевезены в залив Большой Сары-Чеганак с соленостью около 10‰, где они все погибли, и только высадка мизид в опресненный залив около устья Сырдарьи стала успешной. Из этих трех видов натурализовались только *P. (M.) intermedia* и *P. (S.) lacustris*. Если в течение первых лет преобладали *P. (S.) lacustris*, то во второй половине 1960-х годов их место занял *P. (M.) intermedia*. В дальнейшем в Арал проник из водохранилищ в верховьях Сырдарьи *P. (Metamysis) ullskyi* (Czerniavsky) (Бекмурзаев, 1970; Карпевич и Бокова, 1970; Кортунува, 1970).

Вторым плановым вселенцем стала средиземноморско-атлантическая эвригаллиная полихета *Hediste diversicolor* (O.F. Müller), завезенная в 1960–1961 гг. из Бердянских лиманов Азовского моря. Этот червь быстро заселил Малый Арал, в 1965 г. проник в Большой Арал и к середине 1970-х годов расселился по всему морю (Карпевич, 1975; Андреева, 1989). В 1960, 1961 и 1963 гг. в Аральское море вселяли из Таганрогского залива и Бердянских лиманов Азовского моря средиземноморско-атлантического двустворчатого моллюска *Syndosmya segmentum* Recluz [= *Abra ovata* (Philippi)]. Первая попытка в 1960 г. вселения в опресненный зал. Джиды Малого Арала оказалась неудачной. В 1961 и 1963 гг. этих моллюсков успешно вселили в зал. Большой Сарычеганак

с соленостью 10.2‰, и к середине 1970-х годов они расселились по всему морю, став основным компонентом донной фауны (Кортунува, 1970; Карпевич, 1975; Андреева, 1978). В результате *S. segmentum* стала основным компонентом зообентоса, а ее личинки составили основу меропланктона, практически полностью представленного личинками двустворчатых моллюсков. Плановые высокоэвригаллинные вселенцы *Hediste diversicolor* и *Syndosmya segmentum* благополучно пережили дальнейшее осолонение Арала.

При вселении в Аральское море промысловых рыб попутно вселили ряд нежелательных непромысловых видов. При вселении кефалей попутно занесли 6 видов бычков, атерину *Atherina boyeri caspia* Eichwald и рыбу-иглу *Syngnatus abaster caspius* Eichwald (Карпевич 1975). В 1954–1956 гг. в Арал без достаточного обоснования вселили планктофага – балтийскую салаку *Clupea harengus membras* (Linnaeus). С появлением в Арале атерины, бычков и салаки резко возросла нагрузка на зоопланктон. Был быстро исчерпан резерв корма и подорвана основа для его воспроизводства (Яблонская и Луконина, 1962; Кортунува, 1975; Карпевич, 1975). В результате выедания планктофагами сильнее всего сократилась численность крупных планктонных ракообразных, в первую очередь крупного рачка *Arctodiaptomus salinus*, отличающегося низкой плодовитостью и растянутым жизненным циклом. Из Cladocera к середине 1960-х годов сравнительно многочисленным оставался только *Podonevadne camptonyx*.

К 1961 г. биоразнообразие фауны Аральского моря несколько увеличилось за счет плановых и случайных вселенцев, но при этом снизилась численность ряда аборигенных видов беспозвоночных. В итоге акклиматизационные мероприятия, проведенные к этому моменту, в целом не оправдали ожиданий, а в ряде случаев даже нанесли вред.

Начавшиеся в 1961 г. антропогенная регрессия Арала и рост солености сделали настоятельно необходимым вселение эвригаллиных видов для поддержания и сохранения его рыбохозяйственного значения. В середине и в конце 1960-х, а также в начале 1970-х годов в Аральское море для восстановления нарушенного планктонного сообщества вселяли планктонных ракообразных. Средиземноморско-атлантического фито-детритофага *C. aquaedulcis* вселяли дважды: в 1965 и 1966 гг. – из кубанских лиманов, а в 1970 г. – из

Таганрогского залива, перевозили на юг Большого Арала. За 1971–1972 гг. *C. aquaedulcis* быстро расселилась по всему морю и вошла в число доминирующих в зоопланктоне Аральского моря видов (Казахбаев, 1972, 1974; Карпевич, 1975; Андреев, 1989). Одновременно с этим многократно упала численность прежнего доминанта *Arctodiaptomus salinus*, и к 1974 г. он был полностью вытеснен *C. aquaedulcis*.

Случайно занесенный на стадии планктонной личинки при вселении *C. aquaedulcis* в Аральское море в 1970 г. эвригалинный краб *Rhithropanopeus harrisi tridentata* (Карпевич, 1975; Мордухай-Болтовской, 1972) к 1976 г. широко расселился по Большому Аралу, но так и не проник в Малый Арал (Андреев и Андреева, 1988). Что не позволило крабу, в отличие от калянипеды, попасть из Большого моря в Малое – неясно. Можно предложить следующее объяснение. Так как личинки краба разносятся течениями, то его дальнейшее расселение должно было следовать в первую очередь их направлению. Вероятно, краб распространялся в направлении пролива Берга существенно медленнее, чем *C. aquaedulcis*. К тому времени, когда он достиг этого района, собственный водный баланс Малого Арала уже стал слегка положительным, и течение в проливе было направлено в Большой Арал, что препятствовало проникновению личинок в Малый Арал, и краб так и не смог заселить всё Аральское море.

Последние попытки вселения морских эвригалинных беспозвоночных в Арал были сделаны в середине 1980-х годов. В 1986–1987 гг. без достаточного обоснования пытались вселить из Азовского моря в Большой Арал двустворчатых моллюсков *Mytilus galloprovincialis* Lamarck и *Mya arenaria* Linnaeus. Обе интродукции не дали положительного результата. В дальнейшем вселение новых видов в сильно изменившийся Арал происходило уже естественным путем, без участия человека.

Вода Аральского моря как континентального водоема по составу солей значительно отличается от океанической – она сильно метаморфизированная. Доля двухвалентных ионов (гидрокарбонаты, кальций магний и сульфаты) в ней существенно повышена относительно одновалентных ионов (натрий и хлор), что отражает солевой состав воды впадающих рек (Аральское море, 1990). Из-за этого зоны барьерных соленостей

или хорогалиникумов в Арале смещены в сторону высоких соленостей и расширены (Аладин, 1989, 1996; Plotnikov and Aladin, 2011).

В Аральском море были представлены гидробионты с различными типами осморегуляции (Аладин, 1996). В его фауне преобладали и преобладают гидробионты, способные к активной осморегуляции или широкой изоосмии. До начала современной регрессии и осолонения Арал был солоноватоводным континентальным водоемом, и в нем были представлены эвригалинные морские организмы (осмоконформеры III порядка); широко эвригалинные морские организмы (конфогиперосмотики I порядка); солоноватоводные гидробионты морского происхождения (конфогиперосмотики II порядка); пресноводные организмы, обитающие в эстуариях рек (гиперосмотики I порядка); солоноватоводные гидробионты пресноводного происхождения (гиперосмотики II порядка или вторичные конфогиперосмотики); некоторые каспийские солоноватоводные гидробионты (амфиосмотики I порядка); эвригалинные гидробионты пресноводного происхождения (амфиосмотики III порядка); широко эвригалинные гидробионты пресноводного происхождения (амфиосмотики IV порядка).

Следующей по времени своего проявления причиной изменений в фауне Аральского моря стало антропогенное изменение его гидрологического режима, вызвавшее его высыхание и рост солености. Основным фактором, определяющим состав фауны этого водоема, становится его соленость. В 1961–1970 гг. увеличение солености Аральского моря пока еще было небольшим (рис. 2). Произшедшие в течение этого периода изменения видового состава фауны свободноживущих беспозвоночных в первую очередь были следствием вселения новых видов гидробионтов и в меньшей степени были связаны с начавшимся осолонением.

Существующие данные по встречаемости конкретных видов свободноживущих беспозвоночных в Аральском море и его изменению фактически ограничены небольшим числом наиболее массовых форм, как, например, *Rotatoria*. В архивных материалах съёмок, производившихся на стандартной сетке станций, для таких групп, как *Oligochaeta*, *Cyclopoida*, *Chironomidae*, почти нет данных о том, какими конкретно видами они были представлены в собиравшемся материале.

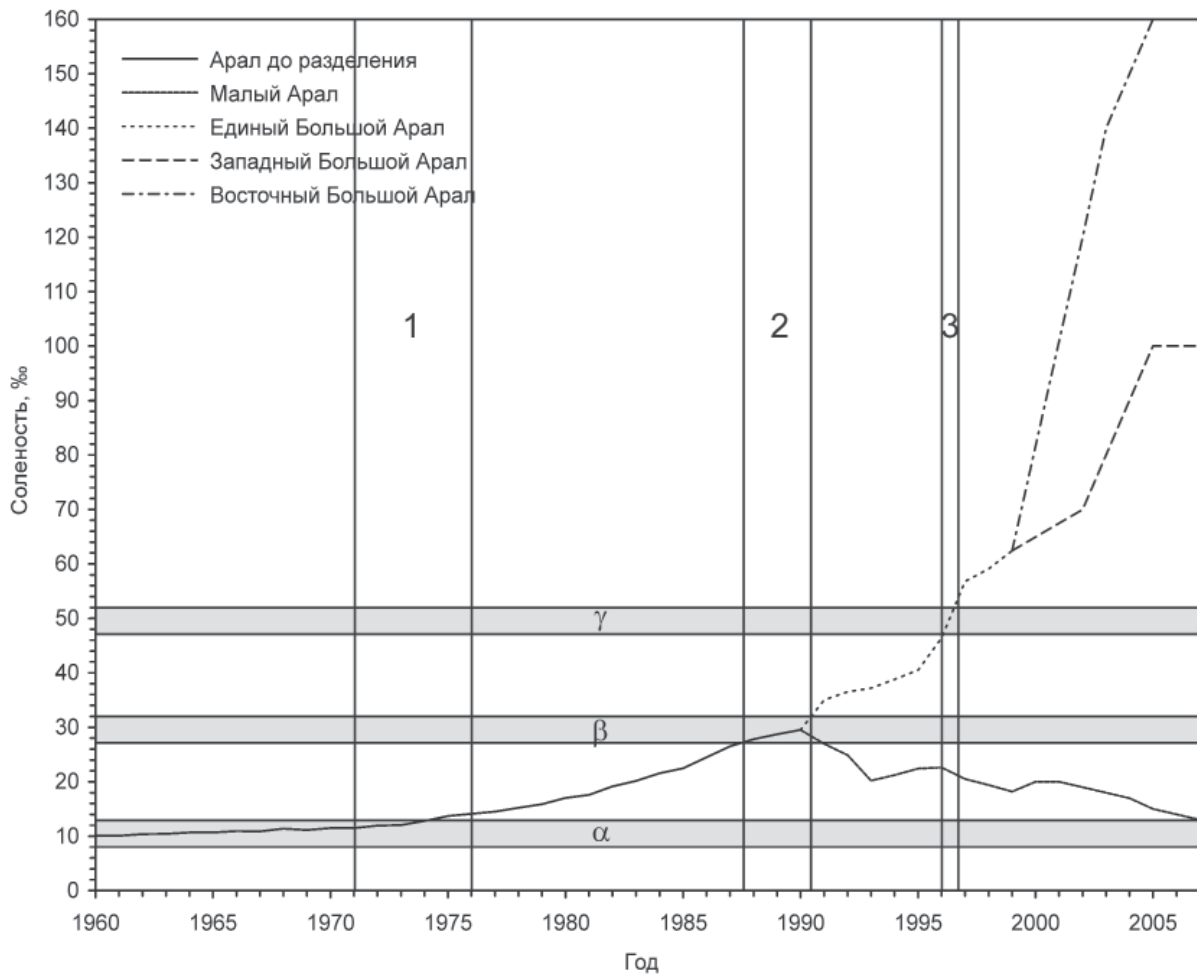


Рис. 2. Изменение солености Аральского моря, хорогалиникумы и кризисные периоды.

Fig. 2. The Aral Sea salinity changing, horohalinicums and crisis periods.

Кроме этого, там или полностью отсутствуют какие-либо сведения по Nematoda, Turbellaria, Ostracoda, Bryozoa и некоторым другим группам водных беспозвоночных. Тем не менее, даже при отсутствии прямых данных, для ряда групп возможна реконструкция вероятной последовательности выпадения видов, которыми они были представлены в Аральском море. Такая реконструкция основывается на существующих экспериментальных данных по солеустойчивости отдельных видов, на данных по их встречаемости в сильно осолоненных районах Арала и на сведениях по их встречаемости в Арале до начала изменения его фауны вследствие увеличения солености.

В 1961–1971 гг. видовой состав фауны личинок Chironomidae в Арале (Андреева, 1989) оставался

без изменения, однако при этом в 1963 г. началось резкое и очень быстрое снижение их общей численности. Нет достаточных оснований считать основной и единственной причиной этого процесса пока еще небольшое повышение солености, тем более что большинство представленных здесь видов Chironomidae обитало также и в осолоненных районах моря при 20‰ и выше (Деньгина, 1959; Андреева, 1989). По-видимому, большую роль в этом сыграла вселенная полихета *Hediste diversicolor*, ставшая конкурентом хирономид, а также поедавшая их.

Сокращение занятой дрейссенами акватории и снижение их численности начались после 1964 г., и уже к 1967 г. их численность сократилась в 40 раз (Андреева, 1989). В 1964–1968 гг. стал сокра-

щаться ареал двустворчатых моллюсков из рода *Cerastoderma* Poli. Это можно объяснить тем, что два вида (*C. rhomboides rhomboides* (Lamarck) и *C. isthmicum* Issel), имея разные соленостные оптимумы, исходно были приурочены к разным частям акватории Аральского моря (Старобогатов, 1974; Андреева, 1989). Если *C. r. rhomboides* населяла основную часть акватории Арала, то *C. isthmicum* была обитателем только его осолоненных (Деньгина, 1959) участков. Рост солености моря вел к сокращению ареала и численности *C. r. rhomboides* и, наоборот, благоприятствовал расселению *C. isthmicum* из зоны с повышенной соленостью по всему Аралу. В результате первый вид сохранялся только в наименее осолоненных районах (Андреева, 1989).

В 1970-е годы высыхание и осолонение Аральского моря ускорились (см. рис. 1, 2). Основным фактором, воздействующим на фауну Арала, становится неуклонный рост солености. В 1971–1976 гг. фауна Аральского моря пережила первый кризисный период, связанный с осолонением до 12–13‰, т.е. до солености, являющейся верхней границей α -хорогалиникума, и последующим переходом через нее (Плотников и др., 1991). В этот первый кризисный период произошли первые резкие изменения в составе фауны беспозвоночных Аральского моря, выразившиеся в быстром выпадении гиперосмотиков I и II порядков, гидробионтов пресноводного происхождения.

Из зоопланктона первыми выпали виды, которые выносились сюда реками, и обитатели полностью опресненных участков моря. За ними последовали виды, развивавшиеся и при небольшом осолонении. Последними стали исчезать виды, обитавшие в Арале при его нормальной солености (Андреев, 1989). К концу первого кризисного периода (в 1976 г.) из населявших открытые районы Арала 21 вида коловраток осталось только 8. Из них массовое развитие по всему морю наблюдалось только у представителей рода *Synchaeta* (Андреев, 1983, 1989).

Жившие при «нормальной» солености пресноводные ветвистоусые ракообразные – гиперосмотики II порядка – *Alona rectangula* и *Ceriodaphnia reticulata* исчезли в 1974 г., когда соленость воды превысила 12‰. К 1975 г. из 7 видов Cladocera в Аральском море оставались только 4 вида представителей понто-каспийской фауны, амфиосмотики I порядка: *Evadne anonyx*, *Podonevadne camptonyx*,

P. angusta и *Cercopagis pengoi aralensis*. С 1973 г. основным представителем Cyclopoida, вместо пресноводного *Mesocyclops leuckarti*, становится эвригалинный конфогиперосмотик *Halicyclops rotundipes aralensis*. Из 22 видов Copepoda после первого кризиса отмечали только 16. Началось снижение общей численности Naupacticoidea за счет постепенного выпадения наименее эвригалинных видов.

Повышение солености неодинаково отражалось на различных обитавших в Аральском море видах и подвидах рода *Dreissena* Beneden. Неблагоприятным оно оказалось для солоноватоводных *D. polymorpha aralensis* и *D. p. obtusecarinata*, и, наоборот, оно благоприятствовало более галофильной *D. caspia pallasii*, выдерживающей соленость до 17–20‰ (Деньгина, 1959; Андреева, 1989). Раствующая соленость негативно влияла на двустворчатых моллюсков из рода *Hypanis* Eichwald (Андреева, 1989). На протяжении первого кризисного периода двустворчатый моллюск *Cerastoderma isthmicum* продолжал активно расселяться из осолоненных районов по всей акватории Арала. Повышение солености выше 12–14‰ благоприятствовало расселению вселенного эвригалинного двустворчатого моллюска *Syndosmya segmentum* (Андреев и Андреева, 1983). К концу 1960-х годов сокращается ареал моллюска *Theodoxus pallasii*, в первую очередь из-за сокращения площадей плотных грунтов (Андреева, 1978). Рост солености благоприятствовал галофильным моллюскам *Caspihydrobia* spp. (Андреева, 1989). К 1973 г., когда соленость Аральского моря достигла 12‰, исчезли Oligochaeta. По-видимому, тогда же могли исчезнуть остракоды *Loxococonchissa* (*Loxocaspia*) *immodulata* (Stepanaitys).

Исследование видового состава остракод в танатоценозах 1975 г. (Аладин, 1991) показало, что в фауне этих ракообразных в первый кризисный период произошли первые изменения. Перестали встречаться раковины *Limnocythere* (*Limnocythere*) *inopinata* (Baird) – конфогиперосмотик II порядка, *Cyclocypris laevis* *Cyclocypris laevis* (Müller) и *Plesiocypris newtoni* (Brady et Robertson) – гиперосмотики II порядка. Другие остракоды были крайне малочисленны, и только створки раковин амфиосмотика IV порядка *Cyprideis torosa* Jones встречались с прежней частотой.

Во время этого первого кризиса из фауны свободноживущих беспозвоночных Аральского моря

исчезли (в основном к 1976 г.) солоноватоводные виды пресноводного происхождения, способные исключительно к гиперосмотической регуляции. Преимущество получили способные к гипоосмотической регуляции каспийские и морские эвригалинные (средиземноморско-атлантические) и галофильные виды континентальных вод.

На 1976–1985 гг., при продолжающемся росте солености (см. рис. 2), приходится сменивший первый кризис период относительной стабилизации экосистемы Аральского моря. Эта стабилизация, тем не менее, не означала полной неизменности состава фауны беспозвоночных. Когда соленость достигла 15‰, из фауны Арала выпали мизиды и двустворчатый моллюск *C. rhomboides rhomboides*. После 1977 г. исчезли три эндемичных подвида двустворчатых моллюсков *Hypanis*: *H. vitrea bergi*, *H. minima minima* и *H. m. sidorovi* (Андреев и Андреева, 1981; Андреева, 1989).

В 1976–1979 гг. самым массовым видом из Cladocera становится *P. camptonyx*. Наиболее же чувствительным из них к осолонению Арала оказался *Cercopagis pengoi aralensis*, сохранявшийся в наименее осолоненных районах до 1980 г. (Балымбетов, 1972).

В этот период к 1980 г. ведущими формами в донной фауне становятся *Syndosmya segmentum*, *Cerastoderma isthmicum*, *H. diversicolor* – эвригалинные средиземноморско-атлантические виды и *Caspihydrobia* spp. – галофилы континентальных водоемов (Андреева, 1983, 1989; Андреев и Андреева, 1987). Уже к 1984 г. с повышением солености до 21‰ из донной фауны Арала должны были исчезнуть остракоды *Darwinula stevensoni* (Brady et Robertson), *Tyrrhenocythere amnicola donetziensis* (Dubowsky), *Plesiocypris newtoni* (Brady et Robertson), *Limnocythere (Limnocythere) inopinata* (Baird), *L. (Galolimnocythere) aralensis* Schornikov и *Amnicocythere cymbula* (Liventan) – амфиосмотики I и сохраниться только широко эвригалинный амфиосмотик IV порядка (Аладин, 1996) *Cyprideis torosa* (Jones).

В 1987 г. соленость Аральского моря возросла до 27‰ (см. рис. 1, 2), что соответствует для этого водоема нижней границе β-хорогалиникума (Аладин and Plotnikov, 2011), и началось новое сокращение числа видов свободноживущих беспозвоночных. Фауна Арала вступила во второй кризисный период (Плотников и др., 1991). Стали исчезать каспийские виды, способные к амфи-

осмотической регуляции со слабо выраженной гипоосмотической регуляцией. После второго кризисного периода из массовых аборигенных видов в зоопланктоне остаются только коловратки *Synchaeta* spp., веслоногие ракообразные *Calanipeda aquaedulcis* и *Halicyclops rotundipes aralensis*, несколько видов Harpacticoida, ветвистоусые ракообразные *Evadne anonyx* и *Podonevadne camptonyx*. В 1988 г., когда соленость достигла 28‰, исчезает *Evadne anonyx*, и к 1990 г. ветвистоусые ракообразные в зоопланктоне Арала уже не встречались. В нем доминировала *Calanipeda aquaedulcis*. После второго кризисного периода из массовых аборигенных видов в донной фауне Арала оставались только двустворчатые моллюски *Cerastoderma isthmicum* и *Syndosmya segmentum*, брюхоногие моллюски *Caspihydrobia* spp., остракода *Cyprideis torosa*, полихета *Hediste diversicolor*, креветка *Palaemon elegans* и краб *Rhithropanopeus harrisi tridentata*. После второго кризисного периода еще более обедненная фауна Аральского моря вступила в следующий (второй) период своей относительной стабилизации. В ней остались преимущественно морские и эвригалинные виды морского происхождения, а также эвригалинные галофилы из континентальных вод.

Уже вскоре после разделения Арала, еще до постройки первой плотины, когда началось снижение солености, в планктоне Малого моря из покоящихся яиц появились ранее исчезнувшие *Podonevadne camptonyx*. В 1999 г. в бентосе вновь были найдены личинки Chironomidae (Aladin et al., 2000).

Соленость отделившегося Большого Арала быстро росла, и к концу 1990-х завершается его превращение в комплекс остаточных гипергалинных водоемов. В ходе этой трансформации середине 1990-х наступил очередной кризисный период, связанный с переходом солености через γ-хорогалиникум (см. рис. 2).

Происходит резкое изменение видового состава всей его фауны в результате исчезновения видов морского происхождения – осмоконформеров, не способных к активной осморегуляции. К 1997 г. при солености 57‰ исчезают доминировавшие в зоопланктоне рачки *Calanipeda aquaedulcis* и коловратки из рода *Synchaeta*. Исчезло и большинство остальных малочисленных видов коловраток, аборигенные гарпактициды, циклоп *Halicyclops rotundipes aralensis*, креветка

Palaemon elegans и краб. К 2001 г. при солености 67‰ существенно меняется состав зообентоса, исчезают полихета *Hediste diversicolor* и моллюск *Cerastoderma isthmicum*. К 2002 г. перестает встречаться и моллюск *Syndosmya segmentum*. По данным ряда исследователей в донной фауне Западного Большого Арала в это время еще сохранялись живые брюхоногие моллюски *Caspiohydrobia* spp. и остракода *Cyprideis torosa* (Завьялов и др., 2006). Однако в сборах 2004 г. нам не удалось обнаружить при солености 100–105‰ живых *Caspiohydrobia* spp. и *Cyprideis torosa*: были найдены только пустые раковины моллюсков и панцири ракушковых ракообразных с мумифицированными остатками мягких тел.

В гипергалинный Большой Арал естественным путем вселился ряд отсутствовавших в нем, но встречающихся в соленых водоемах Приаралья видов беспозвоночных – широкоэвригалинных амфиосмотиков IV порядка. В 1996 г. в Большом Арале вновь появляется *Moina mongolica*. Этот рачок сократил свою численность из-за вселенных планктофагов и затем исчез в 1973 г., но не из-за возросшей солености, так как является хорошим осморегулятором и живет при солености до 80‰ (Аладин, 1996). Однако к настоящему времени моина уже не встречается, так как соленость перешла через эту границу. В 1996 г. в Большой Арал вселяется галофил – эвригалинный гипоосмотик *Artemia parthenogenetica* Bowen et Sterling. В 2004 г. в Западном Большом Арале появляется галофильная копепода *Apocyclops dengizicus* (Lepeschkin) (Mirabdullayev et al., 2007). Становятся обычными два в прошлом малочисленных аборигенных вида коловраток – *Hexarthra fennica* Levander и *Brachionus plicatilis*. В летние месяцы в зоопланктоне обычна галофильная инфузория *Fabrea salina* Henneney. В Большой Арал вселяется широко эвригалинный галофильный ракушковый рачок *Eucypris inflata* G.O. Sars. В донной фауне Западного Большого Арала многочислен галофил *Chironomus salinarius*, встречаются оказавшаяся широко эвригалинной аборигенная турбеллярия *Mecynostomum agile* Jensen, а также крупная инфузория *Frontonia marina* Fabre-Domergue. В более соленом восточном Большом Арале, по-видимому, обитает только *Artemia parthenogenetica* (Аладин и Плотников, 2008).

Возведение плотины между Малым и Большим Аралом в пересохшем проливе Берга, пре-

кратив неконтролируемый сток, не только остановило падение уровня Малого Аральского моря, но и позволило его поднять. Рост солености в Малом море не просто остановился, но идет постепенное снижение минерализации воды благодаря сезонной проточности.

Будущее фауны Малого Арала зависит от того, как далеко пойдет снижение солености. В ближайшей перспективе можно ожидать, что Малое море превратится из водоема, где в настоящее время большая часть его акватории уже приходится на солоноватоводную соленостную зону, в водоем с преобладанием переходной пресноводной-солоноватоводной зоны. В нем перед устьем Сырдарьи будет представлена и небольшая по площади основная пресноводная соленостная зона. Все это, в свою очередь, должно будет отразиться и на фауне.

При таком снижении солености Малого моря возникнут условия, пригодные для дрейссен. Обычный в прошлом обитатель предустьевых опресненных районов *Dreissena polymorpha aralensis* – также обитал и в нижних участках впадающих в Аральское море рек и в связанных с ними озерах (Старобогатов, 1974), что дает основание предполагать существование вероятной возможности его возвращения в Малый Арал за счет выносимых Сырдарьей его планктонных личинок. Что же касается более солелюбивых *D. p. obtusecarinata* и *D. caspia pallasii*, то нет оснований считать реальной возможность сохранения этих моллюсков в рифугиумах и последующего их возвращения в Малое Аральское море. Таким образом, этих дрейссен следует признать вымершими. Двустворчатого моллюска *Cerastoderma rhomboides rhomboides* и эндемичные подвиды двустворчатых моллюсков рода *Hypanis* также можно отнести к числу исчезнувших из Арала видов.

В рамках данного сценария станет возможным появление в зоопланктоне Малого Аральского моря ряда пресноводных и солоноватоводных видов коловраток, ветвистоусых и веслоногих ракообразных, прежде населявших Арал. Это относится как к видам, которые были собственно обитателями Аральского моря, так и к тем многочисленным формам, которые были элементом речного планктона и просто выносились течением в опресненные предустьевые пространства. Возвращение первых может происходить двумя путями: они могут быть занесены в виде покоящихся стадий водоплавающими птицами или ветром с

пресных или солоноватых водоемов Приаралья, а также возможен их вынос с водой из озер в нижнем течении Сырдарьи.

С другой стороны, снижение солености негативно сказывается на тех видах, которым осолонение Арала благоприятствовало. Например, будет сокращать свою численность и окажется вытесненным в участки с более высокой соленостью (зал. Бутакова) моллюск *Cerastoderma isthmicum*.

Возможно ожидать возвращения в Малое море мизиды *Paramysis (Serrapalpis) lacustris*, сохранившейся в рукавах дельты (Филиппов и др., 1993). Следует отметить, что акклиматизированные эвригалинные виды беспозвоночных сохраняются в фауне Малого Арала, поскольку они были вселены раньше, чем соленость воды в нем превысила значения первой барьерной солености.

Со снижением солености Малого Арала основная солоноватоводная зона может практически исчезнуть. Тогда Малое море будет занято переходной пресноватоводно-солоноватоводной зоной с соленостью ниже первой критической. Расширится и основная пресноводная зона. Это, в свою очередь, приведет к новым изменениям в фауне этого остаточного водоема. Создадутся благоприятные условия для пресноводных видов. С другой стороны, низкая соленость будет неблагоприятной для вселенных в Арал морских видов, таких как полихета *Hediste diversicolor*, моллюск *Syndosmya segmentum*, планктонный рачок *Calanipeda aquaedulcis*, а также и для представителей каспийской фауны и аборигенных моллюсков из рода *Caspiohydrobia*.

Ситуация в Большом Аральском море, распавшемся к настоящему времени на 3 остаточных гипергалинных водоема (отчленившийся и ставший отдельным озером бывший зал. Тщebas, и соединенные узкой длинной протокой Восточный Большой Арал и Западный Большой Арал), совершенно иная и далека от улучшения или просто стабилизации. Несмотря на значительное сокращение водного зеркала, их водный баланс все еще остается отрицательным. Сток Амударьи в отдельные годы может достигать Восточного Большого Арала, как это произошло в 2010 г., и на время пополнять его, не давая почти полностью исчезнуть. Западный Большой Арал и Тщebas получают небольшое количество воды из атмосферных осадков, и, возможно, заметное значение в их водном балансе в настоящее время мог

приобрести подземный сток. Кроме того, часть воды, сбрасываемой из Малого Моря, достигает бывшего зал. Тщebas. Западный Большой Арал и Восточный Большой Арал могут взаимно подпитывать друг друга благодаря пока еще соединяющей их протоке. Если объем воды, который может попасть из Амударьи в Восточный Большой Арал, не увеличится, что при существующей системе водопользования вряд ли произойдет, то нет оснований ожидать скорой стабилизации уровня и солености остаточных водоемов Большого Аральского моря, не говоря уже о какой-либо возможности начала обратных процессов.

Фауна Восточного Большого Арала, в отличие от Западного Большого Арала и Тщebasа, представленная в настоящее время, вероятнее всего, только рачком *Artemia parthenogenetica*, будет восстанавливаться и после осолонения выше верхней границы соленостного толерантного диапазона (300–350‰), когда произойдет очередное поступление амударьинских вод в этот остаточный водоем. Источником для восстановления будут цисты, оставшиеся на его обсохшем дне или же заносимые ветром с других остаточных водоемов Большого Арала.

Если не произойдет стабилизация гидрологического режима Западного Большого Арала и Тщebasа, то по мере их дальнейшего осолонения из фаун начнут исчезать инфузории, турбеллярии, нематоды, коловратки остракоды и гарпактициды, и в этих остаточных водоемах останется только *Artemia parthenogenetica*. В зал. Тщebas не исключен вариант его превращения в водоем, сезонно подпитываемый стоком из Малого Арала. Остаток глубоководного Западного Большого Арала, если соленость в нем превысит верхнюю границу соленостного толерантного диапазона артемии, превратится в водоем, подобный Мертвому морю (Oren et al., 2010).

Изменения видового состава фауны свободноживущих беспозвоночных в процессе осолонения Арала происходили нелинейно, неравномерно, через связанные с переходом через очередную критическую соленость (хорогалиникум) кризисные периоды, сменяющиеся периодами относительной стабильности. В 1971–1976 гг., в первый кризисный период, когда соленость превысила верхнюю границу первой барьерной солености 13‰, исчезли пресноводные и солоноватоводные виды свободноживущих беспозвоночных

пресноводного происхождения, способные исключительно к гиперосмотической регуляции. В 1986–1989 гг., во второй кризисный период, когда соленость достигла величин второй барьерной солености 27–32‰, исчезли солоноватоводные виды свободноживущих беспозвоночных каспийского происхождения, способные к амфиосмотической регуляции со слабо выраженной гипоосмотической регуляцией. К концу 1990-х гг. и в начале 2000-х гг. в третий кризисный период из Большого Арала, когда его соленость достигла величин третьей барьерной солености 47–52‰ и затем превысила ее, начали исчезать виды свободноживущих беспозвоночных морского происхождения, не способные при высоких соленостях к активной осморегуляции и являющиеся в этих условиях осмоконформерами. Еще до начала антропогенной регрессии и осолонения Аральского моря видовой состав его фауны свободноживущих беспозвоночных изменялся вследствие намеренного или случайного вселения человеком новых видов гидробионтов, которое началось в конце 1920-х годов.

После разделения Аральского моря в 1989 г. Малый Арал имеет положительный водный баланс, его соленость снижается. Это создало условия для нового изменения видового состава фауны свободноживущих беспозвоночных. Возникла возможность возвращения из нижнего течения р. Сырдарья и придельтовых водоемов или выхода из покоящихся стадий представителей солоноватоводной фауны, способных к амфиосмотической регуляции, и создались условия для реинтродукции представителей пресноводной фауны, способных к гиперосмотической регуляции. Большой Арал, имея отрицательный водный баланс, продолжает высыхать и осолоняться. К концу 1990-х гг. он превратился в гипергалинный водоем, населенный представителями гипергалинной фауны, способной к амфиосмотической регуляции с ярко выраженной гипоосмотической составляющей.

ЛИТЕРАТУРА

- Аладин Н.В. 1989.** Критический характер биологического действия каспийской воды соленостью 7–11‰ и аральской воды соленостью 8–13‰. *Труды Зоологического института АН СССР*, **196**: 12–21.
- Аладин Н.В. 1991.** Танатоценозы исчезающих и отчуждающихся заливов Аральского моря. *Труды Зоологического института АН СССР*, **237**: 60–63.
- Аладин Н.В. 1996.** Соленостные адаптации Ostracoda и Branchiopoda. *Труды Зоологического института РАН*, **265**: 1–206.
- Аладин Н.В. и Плотников И.С. 1995.** Высыхание Аральского моря и возможные пути реабилитации и консервации его северной части. *Труды Зоологического института РАН*, **262**: 3–16.
- Аладин Н.В. и Плотников И.С. 2008.** Современная фауна остаточных водоемов, образовавшихся на месте бывшего Аральского моря. *Труды Зоологического института РАН*, **312**(1–2): 145–154.
- Андреев Н.И. 1983.** Коловратки Аральского моря в связи с его осолонением. // Биологические основы рыбного хозяйства водоемов Средней Азии и Казахстана: Материалы конференции (Ташкент, 27–29 сент. 1983 г.). – Ташкент: Фан. С. 46–47.
- Андреев Н.И. 1989.** Зоопланктон Аральского моря в начальный период его осолонения. *Труды Зоологического института АН СССР*, **199**: 26–52.
- Андреев Н.И. и Андреева С.И. 1981.** Некоторые закономерности изменения фауны беспозвоночных Аральского моря. // Биологические основы рыбного хозяйства водоемов Средней Азии и Казахстана: Тезисы докладов XVII научной конференции (г. Балхаш, 22–26 сентября 1981 г.) – Фрунзе: Илим. С. 219–220.
- Андреев Н.И. и Андреева С.И. 1983.** Выживание моллюска *Abra ovata* (Phil.) в аральской воде различной солености. // Биологические основы рыбного хозяйства водоемов Средней Азии и Казахстана: Материалы XVIII конференции (Ташкент, 27–29 сент. 1983 г.). – Ташкент: Фан. С. 47–48.
- Андреева С.И. и Андреев Н.И. 1987.** Донные биоценозы Аральского моря при изменении его режима. *Гидробиологический журнал*, **23**(5): 81–86.
- Андреев Н.И. и Андреева С.И. 1988.** Краб *Rhithropanopeus harrisi tridentatus* (Decapoda, Xanthidae) в Аральском море. *Зоологический журнал*, **67**(1): 135–136.
- Андреева С.И. 1978.** Зообентос Аральского моря. // Биологические основы рыбного хозяйства водоемов Средней Азии и Казахстана: Материалы XVI конференции. – Фрунзе: Илим. С. 13–14.
- Андреева С.И. 1983.** Макробентофауна Аральского моря в современных условиях. // Биологические основы рыбного хозяйства водоемов Средней Азии и Казахстана: Материалы XVIII конференции (Ташкент, 27–29 сент. 1983 г.). – Ташкент: Фан. С. 48–49.
- Андреева С.И. 1989.** Макрозообентос Аральского моря в начальный период его осолонения. *Труды Зоологического института АН СССР*, **199**: 53–82.
- Балымбетов К.С. 1972.** Распространение рачка *Cercopagis pengoi* (Ostr.) в Аральском море. // Биологические основы рыбного хозяйства водоемов Средней Азии и Казахстана: Тезисы докладов (Фергана, 25–29 сент. 1972 г.). – Ташкент-Фергана. С. 50–51.

- Бекмурзаев Б.** 1970. Распространение, выживание и дыхание некоторых беспозвоночных юга Арала в воде различной солености. *Труды ВНИРО*, **76(3)**: 185–191.
- Беянина С.И. и Константинов А.С.** 1974. Отряд двукрылые, Diptera. // Мордухай-Болтовской Ф.Д. (ред.) Атлас беспозвоночных Аральского моря. – М.: Пищевая промышленность. С. 228–236.
- Бокова Е.Н.** 1958. Материалы к биологическому обоснованию акклиматизации некоторых видов северокаспийских кумовых и корофиид в Аральском и Балтийском морях. // Аннотации работ, выполненных ВНИРО в 1956 г. Сб. 3. – М. С. 48–50.
- Бокова Е.Н.** 1960. Материалы к биологическому обоснованию акклиматизации некоторых донных беспозвоночных в Аральском море. *Труды ВНИРО*, **43(1)**: 225–235.
- Боруцкий Е.В.** 1974. Подкласс веслоногие, Copepoda. // Мордухай-Болтовской Ф.Д. (ред.) Атлас беспозвоночных Аральского моря. – М.: Пищевая промышленность. С. 134–179.
- Бортник В.И. и Чистяева С.П. (Ред.)** 1990. Аральское море. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Том 7. – Л.: Гидрометеиздат. 196 с.
- Деньгина Р.С.** 1959. Бентос архипелага Карабайли Аральского моря. *Труды лаборатории озерадения АН СССР*, **8**: 23–83.
- Завьялов П.О., Арашкевич А.Г., Грабовский А.Б., Дикарев С.Н., Джалилов Г., Евдокимов Ю.В., Кудышкин Т.В., Курбаниязов А.К., Матчанов А.Т., Ни А.А., Сапожников Ф.В. и Томашевская И.Г.** 2006. Квазисиноптические экспедиционные исследования в западном и восточном бассейнах Аральского моря (октябрь 2005 г.). *Океанология*, **46(5)**: 750–754.
- Казахбаев С.К.** 1972. Распространение акклиматизированного рачка калянипеды на юге Аральского моря. // Акклиматизация рыб и беспозвоночных в водоемах СССР: Тезисы докладов, сент. 1972 г. – Фрунзе. С. 216–218.
- Казахбаев С.К.** 1974. Калянипеда в южной части Аральского моря. *Гидробиологический журнал*, **10(1)**: 89–91.
- Карпевич А.Ф.** 1953а. Отношение двустворчатых моллюсков Северного Каспия и Арала к изменению солености среды: Автореф. докт. дисс. – М. 20 с.
- Карпевич А.Ф.** 1953б. Состояние кормовой базы южных морей после зарегулирования стока рек. *Труды совещания ихтиологической комиссии АН СССР*, **1**: 124–150.
- Карпевич А.Ф.** 1958а. Биологическое обоснование акклиматизации мизид в Аральском море и озере Балхаш // Аннотации работ, выполненных ВНИРО в 1956 г. Сб. 3. – М. С. 45–48.
- Карпевич А.Ф.** 1958б. Выживание, размножение и дыхание мизиды *Mesomysis kowalevskyi* (*Paramysis lacustris kowalevskyi* Czern.) в водах солоноватых водоемов СССР. *Зоологический журнал*, **37(8)**: 1121–1135.
- Карпевич А.Ф.** 1960а. Обоснование акклиматизации водных организмов в Аральском море. *Труды ВНИРО*, **43(1)**: 76–115.
- Карпевич А.Ф.** 1960б. Биологическое обоснование акклиматизации мизид в Аральском море и некоторых других солоноватых водоемах. *Труды ВНИРО*, **43(1)**: 198–218.
- Карпевич А.Ф.** 1960в. Биоэкологическая характеристика моллюска *Monodacna colorata* (Eichwald) Таганрогского залива. *Труды ВНИРО*, **43(1)**: 244–256.
- Карпевич А.Ф.** 1975. Теория и практика акклиматизации водных организмов. – М.: Пищевая промышленность. 432 с.
- Карпевич А.Ф. и Бокова Е.Н.** 1970. Влияние климата и биотехники на акклиматизацию мизид каспийского комплекса. *Труды ВНИРО*, **76(3)**: 163–178.
- Киселева М.И.** 1960. Действие Аральской и опресненной черноморской вод на *Nereis succinea*. *Труды Севастопольской биологической станции*, **13**: 114–118.
- Кортунова Т.А.** 1970. Некоторые данные по акклиматизированным морским беспозвоночным Аральского моря. *Труды ВНИРО*, **76(3)**: 178–184.
- Кортунова Т.А.** 1975. Об изменениях в зоопланктоне Аральского моря в 1959–1968 гг. *Зоологический журнал*, **54(5)**: 657–669.
- Луколина Н.К.** 1960. Зоопланктон Аральского моря. *Труды ВНИРО*, **43(1)**: 177–197.
- Малиновская А.С.** 1961. О биологии креветок, акклиматизированных в Аральском море. // Сборник работ по ихтиологии и гидробиологии, вып. 3. – Алма-Ата. С. 113–124.
- Мордухай-Болтовской Ф.Д.** 1972. Современное состояние фауны Аральского моря. *Гидробиологический журнал*, **3**: 14–20.
- Плотников И.С., Аладин Н.В. и Филиппов А.А.** 1991. Прошлое и настоящее фауны Аральского моря. *Зоологический журнал*, **70(4)**: 5–15.
- Старобогатов Я.И.** 1974. Тип моллюски, Mollusca. // Мордухай-Болтовской Ф.Д. (ред.) Атлас беспозвоночных Аральского моря. – М.: Пищевая промышленность. С. 237–257.
- Филиппов А.А., Петухов В.А., Комендантов А.Ю.** 1993. Зообентос пролива Берга (Аральское море) в мае 1992 г. *Труды Зоологического института РАН*, **250**: 72–80.
- Хусаинова Н.З.** 1958. Биологические особенности некоторых массовых донных кормовых беспозвоночных Аральского моря. – Алма-Ата. 116 с.
- Хусаинова Н.З.** 1960. Култуки восточного побережья Аральского моря и их жизнь. *Вестник АН Казахской ССР*, **6**: 34–42.

- Чекунова В.И. 1960.** Влияние различных концентраций калия и кальция на *Pontogammarus robustoides* в связи с его акклиматизацией. *Труды ВНИРО*, **43(1)**: 235–244.
- Шорников Е.И. 1974.** Подкласс ракушковые, Ostracoda. // Мордухай-Болтовской Ф.Д. (ред.) Атлас беспозвоночных Аральского моря. – М.: Пищевая промышленность. С. 180–199.
- Яблонская Е.А. 1960а.** Современное состояние зообентоса Аральского моря. *Труды ВНИРО*, **43(1)**: 115–149.
- Яблонская Е.А. 1960б.** Кормовая база рыб Аральского моря и ее использование. *Труды ВНИРО*, **43(1)**: 150–176.
- Яблонская Е.А. 1974.** История изучения и состав фауны беспозвоночных Аральского моря. // Мордухай-Болтовской Ф.Д. (Ред.) Атлас беспозвоночных Аральского моря. – М.: Пищевая промышленность. С. 3–8.
- Яблонская Е.А., Кортунова Т.А. и Гаврилов Г.Б. 1973.** Многолетние изменения бентоса Аральского моря. *Труды ВНИРО*, **80(3)**: 147–158.
- Яблонская Е.А. и Луконина Н.К. 1962.** К вопросу о продуктивности Аральского моря. *Океанология*, **2(2)**: 298–304.
- Aladin N.V. and Potts W.T.W. 1992.** Changes in the Aral Sea ecosystem during the period 1960–1990. *Hydrobiologia*, **237**: 67–79.
- Aladin N.V., Filippov A.A., Plotnikov I.S., Egorov A.N., Piriulin D.D. and Smurov A.O. 2000.** Modern ecological state of the Small Aral Sea In: Ecological research and monitoring of the Aral Sea deltas. A basis for restoration. Book 2. UNESCO Aral Sea Project. 1997–1999 Final Scientific Report: 73–81.
- Boomer I., Aladin N.V., Plotnikov I.S. and Whatley R. 2000.** The Palaeolimnology of the Aral Sea: A Review. *Quaternary Science Reviews*, **19**: 1259–1278.
- Mirabdullayev I., Abdullaeva L., Musaev A., Zholdasova I., Mustafaeva Z. and Jumaniezova N. 2007.** Sharp fluctuations in ecosystem parameters of the East Big Aral. *Geophysical Research Abstracts*, **9**: 772.
- Oren A., Plotnikov I.S., Sokolov S. and Aladin N.V. 2010.** The Aral Sea and the Dead Sea: Disparate lakes with similar histories. *Lakes & Reservoirs: Research and Management*, **15**: 223–236.
- Plotnikov I.S. and Aladin N.V. 2011.** An overview of hybrid marine and lacustrine seas and saline lakes of the world. *Lakes & Reservoirs: Research and Management*, **16**: 97–108.