

О Т З Ы В

на автореферат диссертации Плотникова Игоря Светозаровича «ФАУНА СВОБОДНОЖИВУЩИХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ АРАЛЬСКОГО МОРЯ И ЕЕ МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПОД ВЛИЯНИЕМ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ»

представленной на соискание ученой степени доктора биологических наук
(по специальности 1.5.12 – зоология)

Расположенное в аридной зоне Центральной Азии Аральское море является крупнейшим бессточным соленым озером. Геоэкологические проблемы Аральского моря сегодня вышли на глобальный уровень, в связи с чем рецензируемая работа крайне необходима. Необходимость исследования проведенного соискателем подтверждается и Манифестом принятом еще в 1991 г. участниками V Международного симпозиума по изучению соленых озер в Боливии: *"В связи с тем, что соленые озера имеют широкое распространение в Мире, являются важными и ценными природными объектами для экономики, культуры, рекреации и научных исследований, но при этом: в некоторых регионах Мира соленые озера интенсивно деградируют и не являются объектами активного сохранения в той степени, которую они заслуживают благодаря своим уникальным ресурсам"*, К Манифесту прилагался список соленых озер Мира, нуждающихся в незамедлительном принятии мер по охране их природы, среди которых и Аральское море.

Рецензент полагает, что в данной работе для определения роли и значимости соленых озер среди множества существующие классификации озер необходимо выбрать ту, которая позволила бы определить какое озеро является пресным, а какое соленым. К такой классификации рецензент считает относиться классификация W.D.Williams (1998), который считает, что по всей вероятности справедливо утверждение о том, что нет универсальных критериев для определения на основе биологических и физико-химических признаков "пресных" и "соленых" вод. Однако, учитывая тот факт, что реакция биологических и физико-химических свойств на изменение пороговых значений минерализации воды существенно различается возможным принять пороговую величину минерализации в 3 г/л, ниже которой вода считается пресной, а выше - соленой. Как выяснилось, этому порогу минерализации соответствует выпадение кальция из природных вод и возможность вкусового определения солености. *(Следовало бы определить значение термина "солонатоводный", используемого автором в дальнейшем).*

Представленный для рецензирования автореферат диссертации состоит из общей характеристика работы, девяти глав, заключения, выводов и списка публикаций по теме диссертации.

Общая характеристика работы (стр.3-6) включает в себя актуальность проблемы, научную новизну и теоретическое значение работы, практическую значимость работы, основные положения, выносимые на защиту, личный вклад диссертанта, апробацию работы, публикации (56 на русском языке и 23 на иностранном). Приведены благодарности. Поставленная в диссертации цель достигается автором при решении задач в каждой последующей главе.

В Главе 1 (стр.6-7) соискатель приводит материал и методику исследований. Отмечено, что полевые работы и сбор материала на Аральском море проводились в 1990–2011 гг. во время работы экспедиций и полевых выездов лаборатории солонатоводной биологии Зоологического института РАН в конце весны – начале лета, в конце лета и начале осени.

Глава 2 (стр.7-9) посвящена истории изучения Аральского моря. Вплоть до XIX века Аральское море оставалось почти неизученным во всех отношениях, даже как

географический объект. Изучение Аральского моря началось в 1848–1849 гг. Первое комплексное, охватившее всю его биоту, исследование Аральского моря связано с именем Л.С. Берга. После длительного перерыва изучение фауны Аральского моря возобновилось в 1920-е годы. Для проведения систематических исследований, необходимых для рационального использования рыбных запасов Арала, в 1929 г. была основана Аральская рыбохозяйственная станция. Прерванное войной изучение Аральского моря и его фауны возобновились в 1946 г. В 1990-е – 2000-е гг. исследования фауны Аральского моря велись Лабораторией солоноватоводной гидробиологии ЗИН РАН, а также учеными из Казахстана и Узбекистана. С 2003 г. исследования на Большом Арале велись Институтом Океанологии РАН. Полевые работы и сбор материала на Аральском море проводились в 1990–2011 гг. во время работы экспедиций и полевых выездов лаборатории солоноватоводной биологии Зоологического института РАН.

Глава 3 (стр.9-13) посвящена географии и гидрологии Аральского моря. Аральское море расположено в пустынной зоне Средней Азии на территории Казахстана и Узбекистана. В это бессточное соленое озеро впадают только две реки – Сырдарья на северо-востоке и Амударья на юге. До 1960 г. уровень Арала держался на отметке +53.4 м, площадь достигала 67499 км² при объеме 1089 км³ и средней глубине 16.1 м. Кроме острова Кокарал на Аральском море существовал еще целый ряд крупных островов – Барсакельмес, Возрождения, Комсомольский и Лазарева на Большом море. Воды Аральского моря отличаются своей высокой прозрачностью – до 27 м. Водный баланс Аральского моря как бессточного водоема складывается из речного стока, атмосферных осадков, притока подземных вод – приходная составляющая, и испарения с поверхности водного зеркала, а также фильтрации вод в берега и дно – расходная составляющая. В 1950-х гг. вследствие значительного расширения орошаемых площадей, создания водохранилищ на Сырдарье и забора воды из Амударьи в Каракумский канал оно начало быстро расти. В 1981–1985 гг. речной сток в среднем составлял всего лишь 3.6% от его среднего многолетнего значения при условно стабильном состоянии моря. Антропогенным фактором было обусловлено примерно 80% снижения притока речных вод, а остальная часть – естественной маловодностью. К 1989 г. Аральское море в результате продолжавшегося падения уровня разделилось на 2 водоема с различным гидрологическим режимом: Малый (Северный) Арал и Большой (Южный) Арал. Плотина между этими частями моря, построенная в проливе Берга, создала условия для сохранения и последующей реабилитации Малого Арала. Малый Арал приобрел положительный водный баланс. Большой Арал сохранил отрицательный водный баланс и продолжил высыхать и осолоняться, и к настоящему времени он распался на остаточные водоемы.

В **Главе 4** (стр.12-17) оценены факторы существования свободноживущих беспозвоночных Аральского моря и теория осморегуляции водных животных.

Установлено, что одним из ведущих абиотических факторов водной среды, воздействующих на гидробионтов является соленость. В гидросфере Земли прослеживаются 4 основные области: пресноводная, солоноватоводная, морская и гипергалинная. (следовало бы уточнить откуда взята такая классификация?). Между этими основными областями существуют 3 переходные зоны. Согласно основным принципам концепции относительности и множественности зон барьерных соленостей (Аладин, 1988) были предложены приблизительные границы основных и промежуточных соленостных зон как для океанических вод, так и для континентальных на примере каспийских и аральских вод (Aladin, Plotnikov, 2009). В Аральском море были представлены гидробионты с различными типами осморегуляции. До начала современной регрессии и осолонения Арал был солоноватоводным континентальным водоемом, и в нем были широко распространены 9 различных групп гидробионтов. В результате осолонения и разделения из-за падения уровня на месте Аральского моря к настоящему времени образовались остаточные водоемы с разными соленостными условиями. В настоящее время в Малом (северном) Арале преобладает 8 различных групп

гидробионтов. Из Малого Арала исчезли пресноводные организмы (гиперосмотики I порядка). В результате снижения солености Малого Арала, начавшейся после разделения единого водоема и постройки плотины в проливе Берга, сперва преобладающей стала не морская, а переходная солоноватоводная-морская соленостная зона. К настоящему времени здесь преобладает уже основная солоноватоводная соленостная зона.

Глава 5. (стр.17-20) Исследована аборигенная фауна Аральского моря. Выяснилось, что аборигенная фауна свободноживущих беспозвоночных Аральского моря, в сравнении с таковой крупнейшего континентального соленого водоема – Каспийского моря, крайне бедная, и не только по общему числу видов с подвидами. Аборигенная малакофауна Аральского моря тоже очень бедная. По своему происхождению аборигенная фауна свободноживущих беспозвоночных Аральского моря гетерогенна и в ней представлены три фаунистических комплекса. Так как в Аральском море наибольшим числом видов была представлена пресноводная фауна, то и самое высокое видовое разнообразие планктонных беспозвоночных было приурочено к районам, опресняемым стоком рек. По мере продвижения к открытой части моря с ее «нормальной» (10.3%) соленостью оно снижалось из-за выпадения наименее эвригалинных форм. В донной фауне Аральского моря были представлены все 3 фаунистических комплекса – и пресноводные, и каспийские солоноватоводные, и морские виды беспозвоночных.

В **Главе 6** (стр.20-24) автор рассматривает процесс вселения человеком чужеродных видов в Аральское Море. Причиной первых изменений в фауне Аральского моря было пока еще не изменение его гидрологического режима, а намеренное или случайное попутное 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 и тем, что запланированное гидростроительство и экстенсивное развитие ирригации неизбежно приведут к сокращению речного стока, и, как следствие, к солености вод Арала. Уже небольшое ее повышение должно было повлечь за собой существенные изменения в его фауне. Первым вселенным в Аральском море свободноживущим беспозвоночным стала попутно занесенная при неудавшейся попытке акклиматизации каспийских кефалей креветка. Плановое вселение беспозвоночных в Арал началось в 1958 г. после предварительной разработки биологического обоснования и биотехники. В результате намеренного и случайного попутного вселения человеком в Арал беспозвоночных в его фауне появилось 8 новых видов: 4 вида донных ракообразных, 2 вида планктонных ракообразных и по одному виду моллюсков и многощетинковых червей. Увеличилось видовое разнообразие его фауны, и, с другой стороны, привело к нежелательным последствиям, став причиной исчезновения двух аборигенных видов ракообразных. Вселение рыб, как намеренное, так и попутное при плановых акклиматизациях, по сравнению с ростом солености Арала, на видовом разнообразии фауны свободноживущих беспозвоночных не отразилось, но повлияло, еще до начала осолонения моря, на его экосистему, вызвав изменение структуры зоопланктонного сообщества.

В **Главе 7** (стр.24-33) отражены изменения в фауне свободноживущих беспозвоночных Аральского моря, связанные с изменением его солености. Второй и главной причиной изменений в фауне Аральского моря, стала начавшаяся после 1960 г. его современная антропогенная регрессия. С этого времени ведущим фактором, который определяет всё биоразнообразие этого водоема, становится меняющаяся соленость его вод. Выделено 3 кризисных периода (1971–1976 гг. когда соленость превысила 12–14‰; 1986–1989 гг. когда соленость превысила 23–25‰; конец 1990-х – начало 2000-х гг. когда соленость превысила 52‰) и 2 спокойных периода между кризисными. В первый кризисный период исчезли пресноводные виды свободноживущих беспозвоночных. Во второй исчезли каспийские солоноватоводные виды. В третий исчезли все виды морского происхождения. До современной регрессии и сопровождающего ее осолонения

Наибольшим числом видов (более 75%) в Аральском море была представлена фауна континентальных водоемов; понто-каспийская солоноватоводная фауна составляла менее 15%; морская фауна – примерно 5%. Катастрофическое снижение видового разнообразия фауны беспозвоночных Аральского моря при его осолонении обусловлено преобладанием в ней пресноводных и солоноватоводных видов. К настоящему времени фауна остаточных водоемов Большого Арала стала такой, какая свойственна гипергалинным водоемам (Плотников, 2016). С превращением Большого Арала в группу остаточных гипергалинных водоемов почти полностью в его фауне сохранилось только небольшое число наиболее галотолерантных аборигенных видов свободноживущих беспозвоночных (преимущественно нематод). *(На обсохшей литорали Малого Арала рецензент отмечал и исследовал небольшие озеровидные углубления заполненные водой с признаками термохалинной стратификацией. Известно ли какова структура гидробионтов в них?)* С превращением Большого Аральского моря в гипергалинный водоем создались все условия для успешного вселения естественным путем галобионта – жаброногого рачка *Artemia* гипоосмотик). В Большом Арале артемия появилась только тогда, когда его соленость достигла ~58‰. *(Вероятно, терминологию жаброногого рачка следует обозначать не артемия, а Artemia)*. Росту численности вселившейся артемии способствовал неблагоприятный для ихтиофауны рост солености. Численность последних, еще сохранившихся, но уже немногочисленных атерины и акклиматизированной камбалы-гlossы сокращалась, и они окончательно исчезли к 2006 г.

Глава 8 (стр.33-35) посвящена проблеме изменение фауны свободноживущих беспозвоночных голоценового Арала по данным палеолимнологического анализа фоссилизированных остатков. Исследования автора показали, что История Арала – это история его регрессий и трансгрессий. На протяжении плейстоцена и начала голоцена уровень и соленость Аральского моря управлялись только местными климатическими факторами, которые вызывали изменения речного стока. В дальнейшем главным фактором стала деятельность человека: через орошение, войны, экономические и политические решения он стал влиять на уровень и соленость Аральского моря больше, чем природа. На протяжении последних 2000 лет, еще до современной антропогенной регрессии, Арал пережил две, сравнимые с ней по своим масштабам (уровень моря опускался до отметки +29 м), сменявшихся трансгрессиями. Их датировка основывается на геолого-геоморфологических, археологических данных и на результатах исследования фоссилизированных остатков гидробионтов в донных отложениях. Так как регрессии Аральского моря сопровождаются повышением солености, а трансгрессии – ее снижением, то это отражалось на составе фауны. Изучение изменения видового состава моллюсков по глубине колонок донных отложений, взятых со дна Арала, показало как изменялась соленость в ходе чередовавшихся трансгрессий и регрессий на протяжении последней тысячи лет. Исследования танатоценов остракод и моллюсков из позднеголоценовых отложений со дна Аральского моря свидетельствуют о его неоднократных регрессиях, сравнимых с современной регрессией, сменявшихся трансгрессиями.

В заключительной *Главе 9* (стр.35-38) соискатель предположил вероятное будущее фауны свободноживущих беспозвоночных остаточных водоемов Аральского моря. В настоящее время Аральское море представляет собой комплекс из четырех остаточных водоемов: солоноватоводный Малый Арал и оставшиеся от Большого Арала 3 его части, превратившиеся в гипергалинные водоемы – западный и восточный бассейны, и залив Тшебас. Будущее фауны свободноживущих беспозвоночных этих остаточных водоемов Арала будет определять их гидрологический режим, и, в первую очередь, как изменится и какой станет в дальнейшем соленость их вод. При существующем сейчас гидрологическом режиме Малого Арала его соленость благодаря сезонной проточности, будет продолжать свое снижение до тех пор, пока не установится равновесие между поступлением солей с речным стоком и их выносом с водой через Кокаральскую плотину.

Какой в итоге станет соленость, будет зависеть от объемов поступающего в море речного стока. Дальнейшее снижение солености Малого Арала может вызвать новые изменения в составе фауны свободноживущих беспозвоночных. Наступит новый кризис, и исчезнет ряд видов, не способных выжить в новых условиях. Фауна свободноживущих беспозвоночных Восточного Большого Арала, представленная до его высыхания (вероятнее всего, только *Artemia*), может восстановиться и после ее гибели при осолонении выше 300–350‰, или после очередного высыхания. Это произойдет, когда в очередной раз этот остаточный водоем получит воду из Амударьи.

Предполагается, что в будущем будут возможны четыре формы существования фауны свободноживущих беспозвоночных в остаточных водоемах Аральского моря:

- фауна, представленная пресноводными видами. Существовать такая фауна может в Малом Арале или только в его заливе Большой Сарычеганак.

- фауна с преобладанием эвригаллиных пресноводных, солоноватоводных и морских видов. Такая фауна была в Арале до его осолонения. Ее существование возможно в Малом Арале, если он не превратится в почти пресноводный водоем.

- фауна, в которой преобладают морские виды. Такая форма существования фауны будет возможна только в бывшем заливе Тшебас Большого Арала и при очень маловероятном условии, что он будет получать достаточный объем стока из Малого Арала для своего опреснения.

- фауна, в которой преобладают (или представлены) только гипергаллинные виды. Такая фауна может продолжать свое существование в Западном и Восточном Большом Арале и в бывшем заливе Тшебас при сохранении уже существующих в них соленостных условий.

Заключение отражает основные результаты всей диссертационной работы, а следующие за ним **Выводы** рецензент полагает надо было бы поместить в главы работы.

Вопросы и замечания, помещенные рецензентом в тексте отзыва (выделены жирным, наклонным шрифтом) не снижают ценности выполненного исследования. Предъявленный к рассмотрению автореферат соответствует содержанию диссертации.

Диссертация соответствует требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям (пп. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении учёных степеней», утвержденного Постановлением правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г.), а её автор заслуживает присуждения учёной степени доктора биологических наук по специальности 1.5.12 – зоология.

Егоров Александр Николаевич

Доктор географических наук

Ведущий научный сотрудник

Лаборатории географии и гидрологии

Института озерадения Российской академии наук –

обособленного структурного подразделения

Федерального государственного бюджетного учреждения науки

«Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр

Российской академии наук» (ИНОЗ РАН – СПб ФИЦ РАН)

196105, г. Санкт-Петербург, ул. Севастьянова 9

(812) 387-80-29

Alex6-1@mail.ru



Егорова А.Н.

сиреневый руководитель

Иванова Н.Г.