



УДК 581.256.323.4

О ВЛИЯНИИ МНОГОЛЕТНИХ ИЗМЕНЕНИЙ СОЛЕННОСТИ АРАЛЬСКОГО МОРЯ НА ДИНАМИКУ СООБЩЕСТВ МАКРОФИТОВ

Л.В. Жакова

Зоологический институт Российской академии наук, Университетская наб. 1, 199034 Санкт-Петербург, Россия;
e-mail: luba_zhakova@mail.ru, aral2@zin.ru

РЕЗЮМЕ

В статье приводятся краткий библиографический обзор литературы по исследованиям макрофитов Арала и данные об изменениях в распространении и продуктивности встреченных в водных фитоценозах Аральского моря видах высшей водной растительности и харовых водорослей в различные периоды его осолонения с конца XIX и по начало XXI века.

Ключевые слова: водная растительность, гидрофиты, гелофиты, харовые водоросли, Аральское море

EFFECT OF LONG-TERM CHANGES OF THE SALINITY ON THE WATER FLORA COMPOSITION AND DISTRIBUTION OF MACROPHYTES IN THE ARAL

L.V. Zhakova

Zoological Institute of the Russian Academy of Sciences, Universitetskaya Emb. 1, 199034 Saint Petersburg, Russia;
e-mail: luba_zhakova@mail.ru, aral2@zin.ru

ABSTRACT

The paper provides a brief overview of literature on studies of the Aral Sea macrophytes and data on the changes in distribution and productivity of species of higher aquatic vegetation and Charophytes found in aquatic phytocenoses in different periods of salinization since the late 19th century to the beginning of the 21st century.

Key words: aquatic plants, hydrophytes, helophytes, Charophytes, Aral Sea

ВВЕДЕНИЕ

Аральское море (Арал, Аральское озеро) – это солоноватоводный континентальный водоем, расположенный в Средней Азии на территории Казахстана и Узбекистана с постоянно меняющимися размерами и соленостью. Этот водоем за историю своего существования претерпел три большие регрессии, вызванные изменением климатических условий. Водоем время от времени увеличивался или уменьшался в размерах и становился то пресноводным, то гипергалинным. В исторический период колебания уровня Арала стали зависеть не только от изменений климатических условий,

но и от деятельности человека, главным образом связанной с орошением близлежащих земель. Изменения солености приводили к изменениям в составе сообществ водной растительности, которые были прослежены по литературным данным, гербарным материалам и наблюдениям автора.

Первые гербарные образцы из Арала были собраны А.Н. Бутаковым в 1849 г. (гербарий БИН РАН, LE), а затем И.Г. Борщовым во время первых Арало-Каспийских экспедиций СПб Академии наук и Общества естествоиспытателей в 1858 и 1874 гг. (Аленицын, 1874, 1875; Борщов, 1865, 1877). Все известные исторические, физико-географические, а также зоологические и ботаниче-

ские данные об Арале были обобщены в начале прошлого века акад. Л.С. Бергом (1908). Последующие сведения о распространении и продуктивности сообществ макрофитов были получены при гидробиологических и ихтиологических работах, проводимых в разные годы на Аральском море. В связи с этим список встреченных видов может быть, с одной стороны, неполным, а с другой – содержать виды, которые были неверно идентифицированы. При составлении списка были использованы гербарные материалы, хранящиеся в гербарии и в лаборатории альгологии Ботанического института РАН, Санкт-Петербург (LE), собственные сборы автора и данные из публикаций геоботаников, зоологов, гидробиологов, ихтиологов. Анализируются данные только по водным фитоценозам, т.е. наиболее тесно связанным с водной средой и от нее зависящим, поэтому в приведенный ниже список включены только виды, встреченные в сообществах классов формаций погруженной гидрофитной растительности – *Aquiphytosa immersa* (высшие растения и макроводоросли) и воздушно-водной гелофитной растительности – *Aquiherbosa helophyta*, найденные в самом Арале. Сообщества прибрежно-водной растительности и растительность дельт рек Аму-Дарьи и Сыр-Дарьи в данной работе не рассматриваются, так как они в меньшей степени зависят от изменений солености воды в Арале. Из макроводорослей рассматривались только харовые водоросли и макроскопические нитчатые водоросли, образующие хорошо заметные сообщества.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В период с 1849г. по 2004 г. разными авторами в составе водных сообществ Аральского моря выявлены 30 видов макрофитов, из них цветковых растений – 24 вида (гидрофитов – 17, гелофитов – 7) и харовых водорослей – 6 видов.

Список макрофитов Аральского моря

Гидрофиты:

1. *Myriophyllum spicatum* L. – уруть колосистая
2. *Najas marina* L. – резуха морская
3. *Nymphoides peltata* (G.S. Gmel.) O. Kuntze – болотноцветник щитолистный
4. *Potamogeton crispus* L. – рдест курчавый

5. *Potamogeton filiformis* Pers. – рдест нитевидный
6. *Potamogeton lucens* L. – рдест блестящий
7. *Potamogeton macrocarpus* Dobroch. – рдест большешеплодный
8. *Potamogeton nodosus* Poir. – рдест узловатый
9. *Potamogeton pectinatus* L. – рдест гребенчатый
10. *Potamogeton perfoliatus* L. – рдест продырявленный
11. *Potamogeton pusillus* L. – рдест маленький
12. *Ruppia cirrhosa* (Petagna) Grande – рупия усиконосная
13. *Ruppia maritima* L. – рупия морская
14. *Zanichellia palustris* L. – заникеллия болотная
15. *Zanichellia pedunculata* Reichb. – заникеллия длинноножковая
16. *Zostera marina* L. – zostера морская
17. *Zostera noltii* Hornem. (= *Zostera nana* Roth) – zostера малая

Гелофиты:

18. *Butomus umbellatus* L. – сусак зонтичный
19. *Phragmites australis* (Cav.) Trin.ex Steud. – тростник обыкновенный, южный
20. *Sagittaria trifolia* L. – стрелолист трехлистный
21. *Schoenoplectus litoralis* ssp. *kasachstanicus* (Dobroch.) Sojak (= *Scirpus kasachstanicus* Dobroch.) – камыш казахстанский
22. *Schoenoplectus tabernaemontani* (C.C.Gmel.) Palla (= *Scirpus tabernaemontani* C.C.Gmel.) – камыш Табернемонтана
23. *Schoenoplectus triqueter* L.(Palla) (= *Scirpus triqueter* L.) – камыш трехгранный
24. *Typha angustifolia* L. – рогоз узколистный

Харовые водоросли:

1. *Chara aculeolata* Kütz. – хара мелкошиповая
2. *Chara polyacantha* A.Br. – хара многоколючковая
3. *Chara tomentosa* L. – хара войлочная
4. *Lamprothamnium papulosum* (Wallr.) Gr. – лампротамниум пузырчатый
5. *Nitella hyaline* (DC.) Ag. – нителла гиалиновая
6. *Nitellopsis obtusae* (Desv.in Lois.) Gr. – нителлопсис притупленный

Из широко распространенных в Арале макроскопических нитчатых водорослей наиболее заметны в сообществах *Cladophora glomerata* (L.) Kütz., *Cl.fracta* (O.F. Müller ex Vahl)

Kütz., *Chaetomorpha linum* (O.F. Müller) Kütz., *Enteromorpha prolifera* Ag., *Vaucheria dichotoma* (L.) Martius.

С момента начала исследований и до середины прошлого столетия Арал представлял собой относительно мелководный, хорошо прогреваемый, олиготрофный, слабо солоноватоводный водоем с очень высокой прозрачностью воды, с многочисленными мелководными пресноводными и осолоненными заливами. Соленость в центральных районах составляла 10–12‰, на открытых мелководьях колебалась от 5 до 10‰, в заливах, примыкающих к дельтам рек Сырдарьи и Амударьи, она не превышала 5‰, но в некоторых заливах юго-восточного побережья была выше 30‰ (Берг, 1908; Деньгина, 1959; Хусаинова, 1960). В начале исследований на основной акватории была отмечена крайняя однообразность растительности и бедность флоры водных и прибрежно-водных растений (Аленицын, 1875). Повсеместно доминировали только 2 вида и 2 растительных сообщества: тростник на прибрежных мелководьях и zostера на глубинах до 11 м на илисто-песчаных грунтах. Кроме них, в центральной части на илистых грунтах были встречены заросли, образованные на глубинах от 11 до 22 м харовыми водорослями, а на мелководьях – *Myriophyllum* sp. и *Potamogeton perfoliatus* (Аленицын, 1874, 1875; Борщов, 1865, 1877; гербарий БИН РАН). Во время экспедиций 1900–1903 гг. были встречены 6 видов высших растений (*Myriophyllum* sp., *Potamogeton pectinatus*, *Najas marina*, *Phragmites australis*, *Zanichellia* sp., *Zostera* sp.), 1 вид харовых, а также 10 видов красных и 19 видов зеленых макроскопических водорослей (Берг, 1908). Систематическая принадлежность глубоководных Charophyta осталась невыясненной, так как найденный В.Д. Аленицыным (1875) вид не имел видовой идентификации. В работе же Л.С. Берга найденная им харовая водоросль получила название *Tolypella aralica* Golenkin. К сожалению, проф. М.И. Голенкин, который дал это имя, так нигде и не опубликовал описание вида. Таким образом, *T. aralica* – всего лишь *nomen nudum* (Голлербах, 1950). Во всех дальнейших работах по Аралу под названиями «*T. aralica*» и «голипелла» подразумеваются самые разные виды харовых водорослей.

В период с начала прошлого века и до зарегулирования стока рек в 60-х годах многолетние колебания уровня Арала составляли 8 м. Посто-

янные, но незначительные колебания солености в заливах и у побережий были благоприятны для существования как пресноводных, так и солоноватоводных комплексов. Именно в это время происходит увеличение количества и видового разнообразия растительных сообществ. К 60-м годам флора озера включала 24 вида высших растений, 6 видов харовых водорослей и около 40 видов других макроводорослей (Бенинг, 1935; Бервальд, 1964; Деньгина, 1954, 1959; Доброхотова, 1971; Хусаинова, 1960; Яблонская, 1964, гербарий БИН РАН). Водная растительность образовывала два пояса: гелофитов и гидрофитов. Гелофиты формировали куртинные и бордюрные заросли, расположенные сплошной или прерывистой полосой от 1 до 100 м шириной. На южном и восточном побережьях они были более значительны, чем на севере и западе. Везде доминировали заросли *Phragmites australis*. Максимальная высота тростника достигала 4.5 м, плотность в заросли – 300 экз./м², средняя фитомасса в зарослях составляла 0.8 кг/м² сухого веса, в то время как в дельтах она доходила до 23 кг/м² сырого и 9.8 кг/м² сухого веса. За год тростники производили 2.8 млн.т органического вещества. В северной части Арала за тростниковой зоной часто начиналась полоса *Scirpus kasachstanicus*, формировавшего на глубинах от 1.5 до 3.5 м заросли высотой до 4 м (длина листьев до 2.5 м), с плотностью в заросли до 25 экз./м² и фитомассой до 1.85 кг/м² сухого веса (Бенинг, 1935; Бервальд, 1964; Доброхотова, 1971; Яблонская, 1964). Другие гелофиты значительных зарослей не формировали. Сообщества гидрофитов были более обильны в северной части Арала и представлены разнообразными ассоциациями, которые формировали обширные подводные луга. В мористой части и в открытых заливах на глубинах 3–11 м на песчаных грунтах доминировала *Zostera nana*, образуя сплошные или прерывистые заросли. Ее продуктивность была столь высока, что слой выброшенных на берег листьев достигал 0.8–1 м толщины и 2–3 м ширины на значительном протяжении береговой полосы. Обширные глубоководные заросли Charophyta, встреченные в начале века, в середине 50-х годов не были обнаружены, но на их месте были отмечены плотные скопления водоросли *Vaucheria dichotoma*. В опресненных заливах основу макрофитобентоса составляли высшие цветковые растения, образующие небольшие по площади, но разнообразные 1–3-видовые

ассоциации. В осолоненных закрытых заливах и бухтах доминировали харовые водоросли. Биомасса видов-доминантов составляла: *Potamogeton pectinatus* – 1.24–3.16 кг/м², *Myriophyllum* sp. – 0.86 кг/м², *Zostera nana* – 0.1 кг/м², *Charophyta* – в среднем 1.5 кг/м² сухого веса (Бервальд, 1964; Доброхотова, 1971; Яблонская, 1964).

В 50–60-х годах прошлого столетия валовая фитомасса погруженного макрофитобентоса Аральского моря была в 3 раза выше, чем в Каспийском море. В целом на глубине от 2 до 60 м она составляла около 9 млн.т сырого и 1.3 млн.т сухого веса. Средняя фитомасса на единицу площади составляла около 0.3 кг/м² сырого и 0.002 кг/м² сухого веса. Более 70 % валовой фитомассы производили *Charophyta*, 13% – *Vaucheria*, 9% – *Zostera nana*; прочие гидрофиты производили менее 1% (Зенкевич, 1963). Продуктивность зарослей гелофитов была в 2 раза ниже, чем гидрофитов и макроводорослей (Бервальд, 1964; Яблонская, 1964).

С начала 60-х и до конца 90-х годов XX в. уровень моря упал почти на 23 м, площадь зеркала сократилась в 2 раза, средняя глубина уменьшилась в 2.5 раза, соленость возросла более чем в 8 раз, сильно снизилась прозрачность воды и насыщение ее кислородом. Такие катастрофические изменения вызвали гибель большинства биоценозов. На основании литературных данных далее приведена реконструкция происходивших изменений. Первыми не выдержали пресноводные и пресноводно-солонатоводные комплексы погруженных высших водных растений. В течение нескольких лет исчезли заросли пресноводных рдестов, затем стали исчезать заросли урути и рдеста гребенчатого. За 10 лет, к концу 70-х годов, произошло сильное обеднение видового состава, и под влиянием осолонения руководящими видами стали немногочисленные эвригалитные виды. К этому времени вдвое сократились и заросли тростника, которые сначала располагались на обширной зоне осушки, не заходя в воду, а в 80-е годы исчезли полностью (Аладин, устное сообщ.). Проведенные в осолоненных заливах Арала исследования показали, что тростники нормально развивались при солености до 18.5‰, а при 24‰ – погибали. Заросли *Scirpus kasachstanicus* исчезали при 16‰. Новые быстро осолоняющиеся мелководные биотопы быстро зарастали галофильными однолетниками *Zanichellia* spp., *Ruppia* spp. и харовой водорослью *Lamprothamnium papulosum*. С повы-

шением солености выше 25–26‰ заросли этих видов также исчезали (Деньгина, 1954; 1959; Хусайнова, 1960). К концу 80-х годов остались только виды *Ruppia* и кладофора, так как они способны выносить высокую соленость. Обобщенные диапазоны соленостной толерантности некоторых доминирующих в Арале видов высших растений и макроводорослей, полученные на основании проведенных на Арале экологических исследований, и данные, полученные по этим видам из других водоемов, приведены в табл. 1 и 2.

В конце 90-х годов прошлого века Арал разделился на два водоема: Большое море (БМ) и Северное Аральское море (САМ). В БМ соленость поднялась до 100‰ и выше, доминировал микрофитобентос (сообщества диатомовых и сине-зеленых водорослей). Из видов макрофитобентоса были встречены только зеленые нитчатые водоросли родов *Cladophora* и *Vaucheria*, из высших растений были найдены отдельные стерильные экземпляры *Ruppia* sp. (Завьялов и др., 2003; данные автора). В САМ, воды которого распресняются Сырдарьей и отделены от БМ плотиной, в конце 90-х годов соленость была около 26‰, в 2005 г. – 15‰. Как и в БМ, здесь возросла роль микрофитобентоса, а в продукции макрофитобентоса первенство принадлежало макроводорослям *Chaetomorpha linum*, *Cladophora glomerata*, *Cl. fracta*. Сообщества макрофитов были сформированы 4 видами цветковых растений (*Phragmites australis*, *Ruppia cirrhosa*, *R. maritima*, *Zostera noltii*) и 2 видами харовых водорослей – *Lamprothamnium papulosum* и *Chara aculeolata* (= *Ch. intermedia*). В защищенных заливах на илистых грунтах на глубинах 0.7–1.2 м доминировали сообщества *R. cirrhosa*, ее максимальная фитомасса в заросли составляла 18 кг/м² сырого веса и 3.7 кг/м² сухого веса. На песчаных грунтах на глубинах 1.2–4.5 м доминировали сообщества, сформированные *Z. noltii*, ее фитомасса в заросли – 0.06 кг/м² сырого веса. Все, к чему можно прикрепиться, обрастало зелеными водорослями, их максимальная фитомасса – 3.2 кг/м² сырого и 0.5 кг/м² воздушно-сухого веса (Жакова, 1995; Орлова, Русакова, 1995). Сообщества харовой водоросли *L. papulosum* встречались очень редко. Около дельты Сыр-Дарьи стали формироваться водные заросли тростника. В настоящее время соленость Северного Арала продолжает постепенно снижаться, и водоем заселяется широко распро-

Таблица 1. Диапазон соленостной толерантности некоторых доминирующих видов высших растений, встречающихся в Аральском море.**Table 1.** Values for salt tolerance of some species of the highest plants in the Aral.

Виды (Species)	Оценка соленостной толерантности по шкале Ellenberg (1991) Ellenberg values for salt tolerance start at zero, corresponding to no tolerance of salt (Ellenberg, 1991), SO-S	Соленостный диапазон (Salinity), ‰
Гидрофиты (Hydrophytes)		
<i>Myriophyllum spicatum</i>	неизв (unknown)–0+	1–12
<i>Najas marina</i>	1–0+	1–12
<i>Potamogeton crispus</i>	1–1	
<i>Potamogeton filiformis</i>	0–1	
<i>Potamogeton lucens</i>	0–0+	
<i>Potamogeton nodosus</i>	0–0	
<i>Potamogeton pectinatus</i>	1–2+	1–4(12)
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	1–1	
<i>Potamogeton pusillus</i>	1–1	
<i>Ruppia cirrhosa</i>	9–4+	4–26 (60)
<i>Ruppia maritima</i>	9–4+	1–12
<i>Zanichellia palustris</i>	5–2+	
<i>Zanichellia pedunculata</i>		1–12
<i>Zostera marina</i>	8–8+	
<i>Zostera noltii</i>	8–8+	8.3–26
Гелофиты (Helophytes)		
<i>Phragmites australis</i>	0–2+	0–13.5 (24)
<i>Schoenoplectus kasachstanicus</i>		0–16 (19.1)
<i>Schoenoplectus tabernaemontani</i>	3–3+	
<i>Schoenoplectus triqueter</i>	2–3+	
<i>Typha angustifolia</i>	1–1	

страненными галофильными, космополитными и чрезвычайно полиморфными видами гидрофитов и гелофитов, проникающими из других континентальных солоноватоводных водоемов приаралья.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

До середины прошлого века Арал представлял собой олиготрофный водоем макрофитного

типа. Доля макрофитов в первичной продукции, по-видимому, превышала 50%. К сожалению, исследований продуктивности фитопланктонных и микрофитобентосных сообществ было проведено мало, но предположительно доля фитопланктона составляла около 10%, а на долю микрофитобентоса приходилось примерно в 4 раза больше (Бервальд, 1964; Яблонская, 1964).

На мелководьях начальный период осолонения характеризовался дроблением нескольких

Таблица 2. Некоторые экологические характеристики доминирующих видов харовых и зеленых водорослей (Charophytes и Chlorophytes).**Table 2.** Some ecological characteristics of the species of Charophytes and Chlorophytes.

Доминирующие виды Dominant species	Минерализация вод Salinity ranges	Соленостный диапазон Salinity	Глубина распространени вида, м Settlement depth, m
<i>Nitella hyaline</i>	<i>пресноводные</i> – <i>олигогалинные</i> <i>tidal fresh</i> – <i>oligohaline</i>	0–2.8 psu	0.1–1.7
<i>Nitellopsis obtusa</i>	<i>опресненные</i> – <i>олигогалинные</i> <i>tidal fresh</i> – <i>oligohaline</i>	0.5–2.0 (8.0) psu	0.5–3.0
<i>Chara intermedia</i>	<i>пресноводные</i> – <i>солонатоводные</i> <i>freshwater to brackish</i>		0–1
<i>Chara polyacantha</i>	<i>опресненные</i> – <i>олигогалинные</i> – <i>мезогалинные</i> <i>tidal fresh</i> – <i>oligohaline</i> – <i>mesohaline</i>	до 15(26) ‰	2.3–5.0
<i>Chara tomentosa</i>	<i>опресненные</i> – <i>олигогалинные</i> – <i>мезогалинные</i> <i>tidal fresh</i> – <i>oligohaline</i> – <i>mesohaline</i>	(0.5)4.5–7.5–15(26) ‰	(0.5)1.2–1.9(3.7)
<i>Lamprothamnium papulosum</i>	<i>эвригалинные</i> <i>euryhaline</i>	(6) 15.5–26(40) ‰	2.0–3.2
<i>Chaetomorpha linum</i>	<i>эугалинные</i> <i>euhaline</i>	10–20 ‰	эпифит
<i>Cladophora spp.</i>	<i>пресноводные</i> – <i>эугалинные</i> – <i>гипергалинные</i> <i>freshwater</i> – <i>euhaline</i> – <i>hyperhalin</i>	0–40(50) ‰	эпифит
<i>Enteromorpha prolifera</i>	<i>мезогалинные,</i> <i>эвригалинные</i> <i>mesohaline, euryhaline</i>	1–29 ‰	0–0.3

Примечание. * Курсивом выделены данные, полученные в других водоемах, **жирным шрифтом** – условия, в которых чаще всего встречался вид.

Note. * *Italic type* indicates data from other reservoirs. **Bold type** indicates the conditions in which species mostly occurs.

сложившихся однородных по составу и занимающих огромные площади биоценозов на большее число новых, небольших по площади и более разнообразных по видовому составу. Ведущую роль в погруженном макрофитобентосе заняли харовые и зеленые макроводоросли.

В период с 60-х по 80-е годы произошла гибель большинства растительных сообществ, повлек-

шая за собой эвтрофикацию водоема и сильное снижение прозрачности воды.

В настоящее время Большой Арал распался на несколько гипергалинных водоемов, а Северный Арал превратился в солонатоводный β-мезосапробный водоем с преобладанием продукции микрофитобентоса и фитопланктона над продукцией макрофитобентоса (Орлова, Русакова, 1995).

ЛИТЕРАТУРА

- Аленицын В.Д. 1874.** Предварительный отчет об исследованиях на Аральском море летом. *Труды СПб Общества естествоиспытателей*, 5(2): 122–131.
- Аленицын В.Д. 1875.** Отчет о результатах исследований на Аральском море. *Труды СПб Общества естествоиспытателей*, 6(2): LXXII–LXXVII.
- Бенинг А.Л. 1935.** Материалы к составлению промысловой карты Аральского моря (гидрология, планктон и бентос «Малого моря»). *Труды Аральского отделения ВНИРО*, 4: 137–220.
- Бервальд Э.А. 1964.** Пути организации рационального рыбного хозяйства во внутренних водоемах (Аральское море и Мангышские водохранилища) – Ростов на Дону: Изд-во Ростовского ун-та, 148 с.
- Берг Л.С. 1908.** Аральское море. Опыт физико-географической монографии. *Известия Туркестанского отделения Русского географического общества*. 5. Санкт-Петербург, 580 с.
- Борщов И. 1865.** Материалы для ботанической географии Арало-Каспийского края. Приложение № 1 к 7 тому *Записок Императорской Академии наук*, 190 с.
- Борщов И. 1877.** Водоросли Аральского моря. Приложение II к записке В.Аленицина «Аральское море». *Труды Арало-Каспийской экспедиции*. Санкт-Петербург, 38 с.
- Голлербах М.М. 1950.** Систематический список харовых водорослей, обнаруженных в пределах СССР по 1935 г. включительно. *Труды Ботанического института АН СССР*, 2(5): 20–94.
- Деньгина Р.С. 1954.** Данные по гидрологии и зообентосу Муйнакского залива Аральского моря. *Труды лаборатории озероведения АН СССР*, 3: 47–85.
- Деньгина Р.С. 1959.** Бентос архипелага Карабайли Аральского моря. *Труды лаборатории озероведения АН СССР*, 8: 23–83.
- Доброхотова К.В. 1971.** Некоторые данные о продуктивности гидромакрофитов Аральского моря. *Ботанический журнал*, 56(12): 1759–1771.
- Жакова Л.В. 1995.** Заметки по составу, распространению и биомассе высшей водной растительности и нитчатых водорослей залива Большой Сары-Чаган Аральского моря. *Труды Зоологического института РАН*, 262: 231–236.
- Завьялов П., Костяной А., Сапожников Ф. 2003.** Экспедиция на Арал: первые результаты. *Наука и жизнь*, 4: 10–15.
- Зенкевич Л.А. 1963.** Биология морей СССР. Москва: Изд-во АН СССР. 739 с.
- Орлова М.И., Русакова О.М. 1995.** Структурно-функциональные характеристики фитопланктонного сообщества в районе мыса Тастюбек в сентябре 1993 года (северный Арал). *Труды Зоологического института РАН*, 262: 208–230.
- Хусаинова Н.З. 1960.** Култуки восточного берега Аральского моря и их жизнь. *Вестник АН КазССР*, 6(183): 34–42.
- Яблонская Е.А. 1964.** К вопросу о значении фитопланктона и фитобентоса в пищевых цепях организмов Аральского моря // *Запасы морских растений и их использование*. – Москва: Наука, 71–91.
- Ellenberg H. 1991.** Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa [Indicator values of plants in Central Europe]. In: Ellenberg H., Weber H.E., Dull R., Wirth V., Werner W., Paulsen D. *Scripta Geobotanica*, 18. Verlag Erich Goltze KG, Göttingen: 1–248.