

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF BIOLOGICAL AND MEDICAL

ISSN 2224-5308

Volume 3, Number 321 (2017), 171 – 176

F. V. Sapozhnikov¹, O. Yu. Kalinina¹, A. K. Kurbaniyazov²,
B. Yusupov², S. Mukhitdinova², N. A. Abdimutalip²

¹Institute of Oceanology of P. P. Shirshov, RAS, Russia,

²International Kazakh-Turkish university of H. A. Yasau, Kazakhstan

**ABOUT THE CONDITION OF THE MICROPHYTOBENTHOS
OF RESERVOIRS OF SYSTEM OF THE ARAL SEA
ON RESEARCHES OF THE COMPLEX INTERNATIONAL EXPEDITION**

Abstract. The Diatom communities of a microphytobenthos studied in a coastal zone of Small Aral Sea (at a mineralization of 9,12-9,16 ‰), differed in the greatest number of types, a variety and complexity of the organization. Nevertheless, despite their local distinctions on the studied biotopes (in vegetable "dust" among reeds, on plants-gidrofit and on a surface of a sandy bottom), in all the cenoz sedentary forms prevailed: epifit for the first two biotopes and epipsamm (including colonial) for the third. The contribution of amforoid at a sandy bottom was significantly lower, than in the ultragalin habitats and in other biotopes – at all is extremely insignificant. In the epifit communities the main roles were played by the types leading a motionless life (*Rhoicosphenis abbreviata* on remains of the carrying-out vessels of reed and *Synedra famelica* on vegetative bodies of gidrofit) or inactive (types of *Mastogloia* and *Rhopalodia gibba*) mostly life cycle.

Keywords: aral Sea, microphytobenthos, biotope, cenoz, gidrofit, reservoir.

УДК 556

Ф. В. Сапожников¹, О. Ю. Калинина¹, А. К. Курбаниязов²,
Б. Юсупов², С. Мухитдинова², Н. А. Абдимуталип

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

²Международный казахско-турецкий университет им. Х. А. Ясауи, Туркестан, Казахстан

**О СОСТОЯНИИ МИКРОФИТОБЕНТОСА ВОДОЁМОВ
СИСТЕМЫ АРАЛЬСКОГО МОРЯ ПО ИССЛЕДОВАНИЯМ
КОМПЛЕКСНОЙ МЕЖДУНАРОДНОЙ ЭКСПЕДИЦИИ**

Аннотация. Диатомовые сообщества микрофитобентоса, изученные в прибрежной зоне Малого Аральского моря (при минерализации 9,12-9,16‰), отличались наибольшим числом видов, разнообразием и сложностью организации. Тем не менее, несмотря на их локальные различия по изученным биотопам (в растительной «трусхе» среди тростников, на растениях-гидрофитах и на поверхности песчаного дна), во всех ценозах преобладали сидячие формы: эпифитные для первых двух биотопов и эпипсаммические (включая колониальных) для третьего. Вклад амфороидов на песчаном дне был существенно ниже, чем в ультрагалинных местообитаниях, а в других биотопах – и вовсе крайне незначителен. В эпифитных сообществах основные роли играли виды, ведущие неподвижный образ жизни (*Rhoicosphenis abbreviata* на останках проводящих сосудов тростника и *Synedra famelica* на вегетативных органах гидрофитов) или же малоподвижный (виды *Mastogloia* и *Rhopalodia gibba*) по большей части жизненного цикла.

Ключевые слова: Аральское море, микрофитобентос, биотоп, ценоз, гидрофиты, водоем.

Введение. В период разнонаправленных изменений физико-химического состояния водоёмов, образовавшихся после распада Большого Аральского моря на отдельные части, микрофитобентос является наиболее разнообразным компонентом их донных сообществ. Именно представители этой размерно-экологической группы организмов - и, в частности, входящие в неё диатомеи - представляют собой сложный, но хорошо читаемый и информативный «шифр», по которому можно не только маркировать определённые состояния водоёма в ходе современных изменений, но и реконструировать их по осадочным отложениям прежних эпох [1]. По материалам, полученным в ходе комплексной международной экспедиции с участием учёных из РФ и РК, были выявлены состав и иерархическая структура диатомовых таксоценов, населявших в октябре 2015 года донные биотопы залива Чернышова Большого Арала, оз. Тшебас и Юго-Восточной, приустьевой части Малого Аральского моря.

Материалы и методы исследований. В период работы комплексной научной экспедиции «Аральское море – 17» был отобран материал для изучения микрофитобентоса (сообществ микроводорослей и фитопротистов) в пределах трёх водоёмов, оставшихся от Большого Аральского моря при его фрагментации. Пробы были взяты из поверхностного слоя донного грунта в заливе Чернышова (северная часть Западного бассейна Большого Аральского моря), на солёном озере Тшебас (прежде – залив Тшебас) и в Юго-Восточной части Малого Аральского моря.

На заливе Чернышова пробы отбирали в трёх различных биотопах. Во-первых, образцы были взяты в ручье грунтовых вод с высокой минерализацией, текущем по полосе осушки последних лет. Во-вторых, были взяты 3 пробы из верхнего слоя песка, покрывавшего дно мелководных лагун за береговым баром. Глубина лагун составляла 3-5 см, дно покрывала жёсткая песчаная рябь. В-третьих, пробы грунта на анализ микрофитобентоса были взяты непосредственно в море, на песчано-соляном дне, покрытом рябью волновой тени: на глубинах 5, 15 и 20 см. Общая минерализация в поверхностном слое залива Чернышова на момент отбора проб составляла 130‰.

На озере Тшебас, минерализация вод которого в день отбора проб составляла немногим более 70‰, материал отобрали на влажной соляной корке в 5 м от уреза воды, а также из поверхностного слоя донных отложений на глубинах 5, 10, 20 см и 1 м. Кроме того, для анализа микроэпифитона была отобрана проба из водорослевого мата, сплошь покрывавшего берег широкой полосой, разделявшей соляную корку и зеркало открытой воды. На Малом Аральском море материал был отобран на участке прибрежной зоны, в 12-ти км к Востоку от устья реки Сырдарья. Здесь пробы были взяты в трёх биотопах: 1) водолазным методом на глубине 2 м (с поверхности плотного песчаного дна), при общей минерализации воды 9,4‰, 2) со дна, покрытого растительными остатками в тростниковых зарослях у берега – на глубинах 5, 10, 15 и 20 см, при минерализации 9,1‰, 3) с ветвей роголистников и рдестов, покрывающих дно сплошными зарослями на глубинах от 15-20 см (от границы тростников) и до 0,5-0,7 м. На всех вегетативных органах растений был отмечен густой микрофитный оброст. Все пробы фиксировали 96%-ным раствором этилового спирта сразу после извлечения из водных и околоводных биотопов.

Обсуждение. В ходе камеральной обработки проб в лаборатории ИОРАН основное внимание - на первом этапе - уделяли таксоценом диатомей. Опыт предшествующих исследований (Sapozhnikov et al., 2009, 2010; Сапожников (под ред. Завьялова), 2012) показал, что в донных сообществах Аральского моря наиболее значимым компонентом являются диатомеи – как по числу видов, так и по обилию [1-3]. Для облегчения идентификации этих микроорганизмов, часть каждой пробы (предварительно гомогенизированной тщательным перемешиванием) помещали в 3%-ный раствор пероксида водорода для «выжигания» органической компоненты клеток диатомей и очистки их опаловых панцирей, по орнаменту которых и производится их таксономическая идентификация.

Пробы экспонировали в перексиде на протяжении двух суток, затем разбавляли дистиллятом и отмывали центрифугированием в 4-5-кратной повторности. Для этого гомогенизированный материал разливали по центрифужным пробиркам и подвергали осаждению при скорости вращения 1700 оборотов/мин., на протяжении 26 мин. (Сапожников, 2010). Надосадочную воду затем удаляли, после чего осадок снова разводили дистиллятом до полного объёма центрифужной пробирки и процедуру повторяли снова – в общей сложности центрифугировали 4-5 раз.

Осадок от пробы, отмытой от растворённых органических веществ в достаточной для просмотра степени, затем снова разводили дистиллятом, тщательно перемешивали и наносили взвесью пипеткой на поверхность покровных стёкол, нагреваемых на плитке при температуре 100-150 °С – и выпаривали жидкую фракцию. Полученный таким образом сухой осадок, зафиксированный на поверхности покровных стёкол, заключали в светопреломляющую среду «Еловый бальзам», изготовленную на основе смолы Ели европейской (*Picea abies*). В отличие от среды «Канадский бальзам», используемой традиционно, среда «Еловый бальзам» даёт большую контрастность свето-тени в проходящем свете, что позволяет просматривать панцири с лучшей акцентуацией их объёма.

Определение видов и подсчёт относительного обилия их панцирей в препаратах проводили с помощью микроскопа Leica DMLS, при увеличениях 400X и 1000X. Фотодокументирование панцирей было сделано с помощью цифровой фото-оптики на микроскопе Leica DM-2500, при увеличении 1000X.

При идентификации таксономической принадлежности диатомей использовали современные иностранные атласы и определители, в т.ч. интерактивные (Krammer, Lange-Bertalot, 1986, 1988, 1991a, 1991b, Witkowski et. al., 2000) [4-7]. Для установления актуального в настоящее время таксономического статуса микрофитов пользовались интерактивной системой Algaebase.

Для выявления пространственной организации ценозов микрофитобентоса часть каждой пробы, не подвергнутую окислению пероксидом, просматривали под микроскопом в сыром виде на увеличении 400X. Это позволяло установить «архитектуру» сообществ микрофитов при их размещении на элементах субстрата: песчинках, растительных остатках или фрагментах поверхности вегетативных органов водных растений.

Результаты исследований. Диатомовые таксоцены являлись основным, преобладающим по числу видов и общему обилию компонентом микрофитобентоса во всех изученных микрофитных сообществах.

Биотопы ручья на соляной осушке залива Чернышова. Во всех точках отбора, отвечающих вариациям высокоминерализованных биотопов ручья, различающимся по степени проявления кристаллов мирабилита, мы наблюдали различные формы одного и того же таксоцена диатомей: здесь повсюду резко преобладал широко эвригалинный вид *Nitzschia communis*. При этом на практически кристаллизованном субстрате этот вид был единственным представителем диатомей, а в составе хлопьевидных плёнок, покрывавших дно и всплывавших на поверхность воды на обводнённых участках ручья он жил «в окружении» еще 4-5 видов, встречавшихся в существенно меньших количествах: это были - в порядке убывания частоты встречаемости - *Halamphora normanii*, *Amphora* sp.1, *Navicula cryptotenella*, *Halamphora cymbifera* и *Navicula phyllepta*. По мере кристаллизации субстрата, на котором жили диатомей, видовое богатство таксоцена снижалось.

Ярко-рыжую и рыже-бурую окраску биоплёнок и кристаллам мирабилита придавали не только и не столько живые диатомей: при отмирании многих поколений их клеток высвобождались хроматофоры, фрагментами которых, очень медленно разлагавшихся в сильно минерализованной среде, обволакивались кристаллики мирабилита.

Всплытие пузырящихся биоплёнок к поверхности происходило за счёт выделения микрофитами огромного количества кислорода в ходе световых реакций фотосинтеза. В свою очередь, огромная продуктивность диатомей была обусловлена практически полным отсутствием консументов, способных потреблять их в пищу в описанных биотопах – за исключением одного вида инфузорий, питавшегося мелкими формами [8].

Таксоцен мелководной лагуны за береговым песчано-соляным баром. На дне мелководных лагун, во многих местах протянувшихся за песчано-соляным баром, окаймлявшим берег, в структуре таксоцена было отмечено 8 видов диатомей. Это были – в порядке убывания значимости в относительном обилии – *Nitzschia communis*, *Halamphora normanii*, *Navicula cryptotenella*, *Navicula radiosafallax*, *Halamphora holsaticoides*, *Halamphora pseudoholsatica*, *Amphora pusio* и *Nitzschia incognita*. Если *Nitzschia communis* была доминантом, то *Halamphora normanii*, *Navicula cryptotenella* и *Navicula radiosafallax* можно было расценивать как массовые, *Halamphora holsaticoides* – как часто встречавшийся, а оставшиеся три вида – в статусе редких. Таким образом, в таксоцене были заполнены экологические ниши как эпипсаммических диатомей (видами *Halam-*

phora spp. и Amphora pusio, жившими на поверхности песчинок, плотно «присасываясь» к ним поверхностью створок), так и интропсаммических, живших в пространствах между песчинками и использовавших их поверхность скорее как опору при перемещении, нежели как субстрат постоянного обитания (видами Nitzschia communis и Navicula spp.). Среди эпипсаммических форм отчётливо преобладала Halamphora normannii – широко эвригалинный вид условно пресноводного происхождения.

На поверхности песка в лагунах не было отмечено сплошной биоплёнки, но были зафиксированы светло-буро-зелёные мелкохлопьевидные образования, формирующиеся при массовом развитии диатомей.

Таксоцены прибрежной мелководной зоны залива Чернышова. На песчаных грунтах обширной прибрежной мелководной зоны обитал таксоцен в составе трёх массовых и трёх второстепенных видов диатомей. Определяющая роль здесь принадлежала свободноживущим видам: Nitzschia communis, за которой в иерархии обилий следовали Navicula cryptotenella и Navicula radiosafallax. На поверхности песчинок – в составе ассоциированного с минеральным субстратом эпипсаммона – были отмечены в небольшом количестве Halamphora normannii (в статусе часто встречающейся), а также Halamphora holsaticoides и Halamphora pseudoholsatica – в статусе редких.

Таксоцены озера Тщebas. Грунт на мелководьях озера Тщebas представлен чёрными глинами, на поверхности которых присутствует небольшой слой заиленного песка. На глубинах от 0 до 20 см в таксоценах, населявших поверхность песка, доминирующим видом была эпипсаммическая малоподвижная диатомея Halamphora acutiuscula.

Массовыми видами здесь были эпипсаммические Halamphora coffeaeformis, Halamphora subholsatica и интропсаммические Navicula cryptotenella, Navicula radiosafallax и Navicula ramossissima, образующая колонии в длинных полимерных трубках [9, 10].

Как часто встречавшиеся в биотопах были отмечены Amphora pusio, Mastogloia pumila, Cocconeis placentula, Halamphora holsaticoides, Navicula salinarum и Tryblionella apiculata. Изредка встречались Halamphora dusenii, Halamphora cymbifera, Halamphora pseudoholsatica, Nitzschia aff. Incognita, Gyrosigma fenestratum, Gyrosigma distortum и Epithemia adnata.

Таким образом, диатомовый таксоцен на грунтах мелководной зоны в этом ультрагалинном водоёме (при 75 %) был представлен в основном эпипсаммическими амфороидами, преобладавшими как по числу видов, так и – в совокупности – по относительному обилию. Диатомеи в этих биотопах в основном населяли поверхность песчинок, образуя на ней колониальные поселения из малоподвижных клеток.

Изредка попадавшиеся среди песчинок небольшие группы клеток Cocconeis placentula были занесены из микроэпифитных таксоценов, развивавшихся на талломах Cladophora spp. и опавших на поверхность грунта. Есть предположение, что и некоторые клетки Mastogloia pumila, отмеченные среди песчинок, могли иметь такое же происхождение.

Таксоцены прибрежных мелководий Малого Арала (в зарослях тростника). В самой мелководной части прибрежной зоны Малого Арала (на глубинах от 0 до 20 см), в районе к Северо-Востоку от устья Сырдарьи, дно покрывал крупнодисперсный опад из растительных останков. По большей части этот опад состоял из фрагментов стеблей и листьев тростника в разной степени разложения. В структурном плане это были, в основном, пучки растительных волокон – отмершие фрагменты сосудов. На поверхности этих целлюлозных волокон и между ними, среди мелкой растительной «трухи», обитал таксоцен, включавший не менее 35-40 видов и подвидов диатомей.

В структуре таксоцена доминировал эпифитный вид Rhoicosphenia abbreviate – его клетки росли густыми колониальными поселениями, прикрепляясь полимерными тяжиками непосредственно к волокнам отмерших сосудов тростника.

В числе массовых здесь были отмечены Mastogloia smithii и Mastogloia smithii var. lacustris, также обитавшие в эпифитной форме на поверхности волокон – в образуемых ими полимерных капсулах, и в свободно-подвижной форме среди растительной «трухи». Ещё массовыми были Aneumastus pseudotusculus, Rhopalodia gibba (эпифит), Tryblionella apiculata, Tryblionella hungarica, Pleurosigma salinarum, Stenophora pulchella и Mastogloia pseudosmithii (последние два – также эпифиты). В данном перечислении, как и во всех остальных в этом отчёте, последовательность видов определяется их относительным обилием – от более массовых к менее массовым.

Остальные виды из числа не менее 35-40 имели статус встречающихся часто или же редко. Отметим, что среди видов, формировавших облик таксоценов (доминантов и массовых) в этих биотопах преобладали эпифитные формы. Из крупных подвижных форм с толстыми панцирями, долго сохраняющимися в осадках и способными служить маркерами таксоценов для привязки к биотопическим условиям, в сообществах здесь присутствовали по 2 вида *Surirella*, *Campylodiscus*, *Gyrosigma*, *Pinnularia*, *Diploneis*, один вид *Caloneis* и ещё два вида *Tryblionella*, не отмеченных выше.

Таксоцены микроэпифитона подводной высшей растительности на мелководьях Малого Арала. Вегетативные органы рдеста и роголистника, образующих заросли в прибрежной зоне Малого Арала к Северо-Востоку от устья Сырдарьи, на глубинах 0,2-0,7 м, были заселены микроэпифитными ценозами. Число видов в составе эпифитных диатомовых таксоценов достигало в этих биотопах не менее 30-35.

Основным компонентом микроэпифитона были сидячие неподвижные диатомеи *Synedra famelica*. Среди них поднимались над субстратом ромбические клетки *Brachysira aronina*. Также среди почти сплошного покрова из пучков *Synedra* в массе жили виды *Mastogloia*: *M. lanceolata*, *M. baltica* и *M. smithii*.

В числе массовых (или фоновых) видов, формировавших облик таксоценов, здесь были *Aneumastus tusculus*, *Navicula trivialis* и *Navicula oligotraphenta*, а также *Rhoralodia gibba*, жившая небольшими группами на «просветах» в зарослях *Synedra*. Остальные диатомеи были отмечены в структуре таксоценов как часто или же редко встречающиеся.

Таксоцены песчаного дна Малого Арала на глубине 2 м. Диатомовая флора на поверхности плотного тяжёлого песка, покрывавшего дно Малого Арала на глубине 2 м к Северо-Востоку от устья Сырдарьи, была представлена в большинстве своём формами, ассоциированными с поверхностью песчинок – эпипсаммическими видами. Доминировал в этом сообществе мелкий вид *Cocconeis neothumensis*. Вторым видом в иерархии таксоценов здесь был *Diadesmis confervacea* – диатомея, образующая длинные лентовидные колонии. Вторым массовым видом здесь была интросаммическая *Nitzschia communis*, третьим – мелкий эпипсаммический *Planothidium engelbrechtii*, также создававший лентовидные колонии, подобные *Diadesmis*, но значительно более короткие (максимум 4-5 клеток в ряд). Также в числе массовых видов были *Catenula adhaerens* (образует коротко-лентовидные колонии), *Aneumastus tusculus*, *Amphora copulata*, *Amphora libyca*, *Caloneis bacillum*, *Sellaphora mutatoidea*, *Gyrosigma strigosum*, *Surirella visurgis* и *Navicula arenaria*.

Остальные виды были отмечены как часто или редко встречающиеся. Общее число видов в составе таксоценов, населяющих песчаный биотоп на этой глубине, достигало 20-25.

Заключение. Таксоцены высоко минерализованных водоёмов прибрежной части полосы осушки залива Чернышова, мелководий (до 20 см) оз. Тщebas и прибрежной части Малого Аральского моря к Северо-Востоку от устья р. Сырдарьи на период исследований проявляли ряд существенных отличий по составу и структуре.

Наиболее просто устроенными выглядели диатомовые сообщества водоёмов в полосе осушки залива Чернышова: здесь была особенно ярко проявлена роль доминирующего вида (*Nitzschia communis*), а также представлены виды, способные развиваться в широком диапазоне минерализации среды. Отметим при этом, что при концентрации солей около 130-131‰ (в лагунах) в сообществе играли существенную роль амфороидные формы, ведущие прикрепленный образ жизни. В условиях же более высокой минерализации, в ручье (примерно от 150‰ и выше) роль амфороидов существенно снижалась от ценозов, живших в текучей воде – к тем, что развивались во влажной плёнке, прямо среди кристаллов мирабилита.

Таксоцены мелководий оз. Тщebas, жившие при 75‰ (на нижней границе ультрагалинной зоны по шкале общей минерализации (Хлебович, 1962, 1974)), отличались уже более высоким числом видов, разнообразием и сложностью организации. Здесь наиболее существенную роль играли эпипсаммические амфороиды, жившие на поверхности песчинок.

Полученные сведения позволяют по-новому оценить пределы галотолерантности ряда видов диатомей, а также установить биотопическую привязку ископаемых таксоценов при палеоклиматических реконструкциях.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Сапожников Ф.В. Бентос Большого моря. В кн. Большое Аральское море в начале XXI века. Физика, биология, химия / Под ред. П. О. Завьялова. – М.: Изд-во «Наука», 2012. – С. 130-182.
- [2] Хлебович В.В. 1962. Особенности состава водной фауны в зависимости от солености среды // Журн. общ. биол. – Т. 23б, № 2. – С. 90-97.
- [3] Хлебович В.В. Критическая соленость биологических процессов. – Л.: Наука, 1974. – 235 с.
- [4] Krammer K., Lange-Bertalot H. 1986. Bacillariophyceae. 1. Teil: Naviculaceae. in Ettl H., Gerloff J., Heynig H., Mollenhauer D. (eds) Süßwasserflora von Mitteleuropa, Band 2/1. Gustav Fischer Verlag: Stuttgart, New York. – 876 p.
- [5] Krammer K., Lange-Bertalot H. 1988. Bacillariophyceae. 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. in Ettl H., Gerloff J., Heynig H. and Mollenhauer D. (eds) Süßwasserflora von Mitteleuropa, Band 2/2. VEB Gustav Fischer Verlag: Jena. – 596 p.
- [6] Krammer K., Lange-Bertalot H. 1991a. Bacillariophyceae. 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. in Ettl H., Gerloff J., Heynig H. and Mollenhauer D. (eds) Süßwasserflora von Mitteleuropa, Band 2/3. Gustav Fischer Verlag: Stuttgart, Jena. – 576 p.
- [7] Krammer K., Lange-Bertalot H. 1991b. Bacillariophyceae. 4. Teil: Achnanthaceae, Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema, Gesamtliteraturverzeichnis Teil 1-4. in Ettl H., Gärtner G., Gerloff J., Heynig H. and Mollenhauer D. (eds) Süßwasserflora von Mitteleuropa, Band 2/4. Gustav Fischer Verlag: Stuttgart, Jena. – 437 p.
- [8] Sapozhnikov F.V., Ivanishcheva P.S., Simakova U.V. Modern assemblage changes of benthic algae as a result of hypersalinization of the Aral Sea // Journal of Marine Systems. – Volume 76, Issue 3. – 10. – P. 343-358. 2009.
- [9] Sapozhnikov F.V., Arashkevich E.G., Ivanishcheva P.S. Biodiversity // The Handbook of Environmental Chemistry. – Vol. 7: The Aral Sea Environment / Ed. by Kostianoy / Kosarev, 1st Edition. XIV. – 2010. – P. 235-282.
- [10] Witkowski A., Lange-Bertalot H., Metzeltin D. 2000. Diatom flora of marine coasts I // In: H. Lange-Bertalot (ed.), Iconographia diatomologica. Vol. 7. – 925 p.

REFERENCES

- [1] Sapozhnikov F.V. Benthos Bol'shogo morya. V kn. Bol'shoe Aral'skoe more v nachale XXI veka. Fizika, biologiya, himiya. Pod red. P. O. Zav'yalova. M.: Izd-vo «Nauka», 2012. P. 130-182.
- [2] Hlebovich V.V. 1962. Osobennosti sostava vodnoj fauny v zavisimosti ot solenosti sredy // ZHurn. obshch. biol. Vol. 23b, N 2. P. 90-97.
- [3] Hlebovich V.V. Kriticheskaya solenost' biologicheskikh processov. L.: Nauka, 1974. 235 p.
- [4] Krammer K., Lange-Bertalot H. 1986. Bacillariophyceae. 1. Teil: Naviculaceae. in Ettl H., Gerloff J., Heynig H., Mollenhauer D. (eds) Süßwasserflora von Mitteleuropa, Band 2/1. Gustav Fischer Verlag: Stuttgart, New York. 876 p.
- [5] Krammer K., Lange-Bertalot H. 1988. Bacillariophyceae. 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. in Ettl H., Gerloff J., Heynig H. and Mollenhauer D. (eds) Süßwasserflora von Mitteleuropa, Band 2/2. VEB Gustav Fischer Verlag: Jena. 596 p.
- [6] Krammer K., Lange-Bertalot H. 1991a. Bacillariophyceae. 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. in Ettl H., Gerloff J., Heynig H. and Mollenhauer D. (eds) Süßwasserflora von Mitteleuropa, Band 2/3. Gustav Fischer Verlag: Stuttgart, Jena. 576 p.
- [7] Krammer K., Lange-Bertalot H. 1991b. Bacillariophyceae. 4. Teil: Achnanthaceae, Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema, Gesamtliteraturverzeichnis Teil 1-4. in Ettl H., Gärtner G., Gerloff J., Heynig H. and Mollenhauer D. (eds) Süßwasserflora von Mitteleuropa, Band 2/4. Gustav Fischer Verlag: Stuttgart, Jena. 437 p.
- [8] Sapozhnikov F.V., Ivanishcheva P.S., Simakova U.V. Modern assemblage changes of benthic algae as a result of hypersalinization of the Aral Sea // Journal of Marine Systems. 2009. Vol. 76, Issue 3, 10. P. 343-358.
- [9] Sapozhnikov F.V., Arashkevich E.G., Ivanishcheva P.S. Biodiversity // The Handbook of Environmental Chemistry. Vol. 7: The Aral Sea Environment, ed. by Kostianoy / Kosarev, 1st Edition. 2010. XIV. P. 235-282.
- [10] Witkowski A., Lange-Bertalot H., Metzeltin D. 2000. Diatom flora of marine coasts I. In: H. Lange-Bertalot (ed.), Iconographia diatomologica. Vol. 7. 925 p.

Ф. В. Сапожников¹, О. Ю. Калинина¹, Ә. К. Құрбаниязов²,
Б. Юсупов², С. Мұхитдинова², Н. Ә. Әбдімүтәліп²

¹РФА П. П. Ширишов атындағы Океанология институты, Ресей,

²Қ. А. Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан, Қазақстан

КЕШЕНДІ ХАЛЫҚАРАЛЫҚ ЭКСПЕДИЦИЯ ЗЕРТТЕУЛЕРІ БОЙЫНША АРАЛ ТЕҢІЗІ
ЖҮЙЕСІНҢ МИКРОФИТОБЕНТОСТЫҢ ЖАҒДАЙЫ ТУРАЛЫ

Аннотация. Кіші Арал теңізінің жағалау аймағындағы микрофитобентостың диатомды қауымдастығы (9,12-9,16% минерализация кезінде), түрлер санының көптігімен, әртүрлілікпен және ұйымдасудың күрделілігімен ерекшелінген. Сонда да, зерттелінген биотоптар бойынша олардың жергілікті айырмашылықтарына қарағанда, (тростниктер арасындағы өсімдік «езбесінде», гидрофитті өсімдіктерде және құмды түбінің беткі қабатында), барлық неноздарда отырықшы формалары басым болған: алғашқы екі биотоп үшін эпифитті және үшіншілер үшін эпипсаммикалық (колониалдыларды қоса). Ультрагалинді тіршілік ортасына қарағанда құмды түбінде амфороидтың үлесі төмен болған, ал басқа биотоптарда – мүлдем аз болған. Эпифитті қауымдастықтарда негізгі орынды қозғалыссыз (*Rhoicosphenis abbreviata* тростник қалдықтарында және *Synedra famelica* гидрофиттердің вегетативті мүшелерінде) немесе аз қозғалатын (*Mastogloia* және *Rhopalodia gibba* түрлері) тіршілік ететін түрлер алған, көп жағдайда тіршілік айналымының барысында.

Түйін сөздер: Арал теңізі, микрофитобентос, биотоп, неноз, гидрофиттер, су қоймасы.