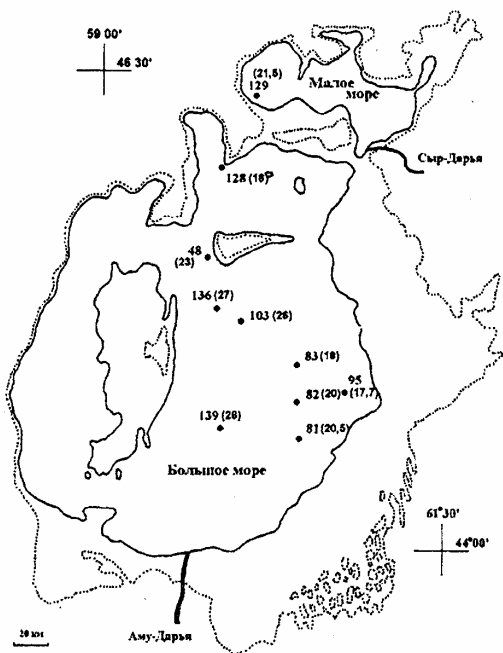


УДК 574.2 (289); 56:574.5

А. А. Филиппов, Ф. Ридель

СОСТАВ МОЛЛЮСКОВ ПОЗДНЕГОЛОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ АРАЛЬСКОГО МОРЯ КАК ОТРАЖЕНИЕ ИСТОРИИ ВОДОЕМА

Общепризнанно, что современное высыхание Аральского моря связано, прежде всего, с деятельностью человека, хотя естественные факторы также способствуют этому процессу. Исследования последних лет [см.: 11] однозначно указывают на то, что и до начала современного высыхания экосистема моря неоднократно претерпевала не менее значительные изменения. Понимание современных процессов и тенденций, а также решение задач по восстановлению исходных экосистем Арала невозможно без детального изучения геологической истории водоема. В ходе проведенных ранее палеолимнологических исследований Аральского моря основное внимание уделялось анализу остатков Ostracoda, Foraminifera и Diatomacea из поверхностного



слоя осадков и, реже,— из грунтовых колонок длиной несколько метров [1, 4, 5, 10]. Немногочисленные данные радиоуглеродного анализа были опубликованы Е. П. Маевым и С. А. Маевой [5]. Отдельными авторами проводилась ревизия палеолимнологических исследований Аральского моря [11]. В настоящее время существует очевидный недостаток информации, которая могла бы пролить свет на изменение Аральской экосистемы в течение последнего тысячелетия. Знания эти крайне необходимы для определения возможного состояния экосистемы моря в ближайшем будущем.

Настоящая работа имела своей целью уточнение характера изменений экосистемы Аральского моря в течение последнего тысячелетия посредством анализа палеобиоценозов, сохранившихся в верхнем слое грунта. При этом основное внимание уделялось анализу сохранившихся раковин моллюсков.

Материалы и методы исследования.

Исходным материалом послужили десять коротких грунтовых колонок (длиной 40–67 см), собранных в северной и восточной частях Аральского моря гравитационной грунтовой трубкой в августе и сентябре 1991 г. (рис. 1). Детальное

Рис. 1. Расположение участков сбора кернов на акватории Аральского моря.

Номера кернов — как в работе [12]. В скобках приведена глубина по состоянию на 1960 г. (м). Пунктиром показана береговая линия в 1960 г., сплошной линией — береговая линия в 1991 г. (год отбора кернов).

описание пробоотбора опубликовано в работе [12]. Четыре из десяти кернов (№ 48, 83, 103, 129) были разрезаны на части сразу после отбора; причем длину отрезков устанавливали произвольно на основе внешних литологических различий отдельных участков грунтовых колонок. Оставшиеся шесть кернов были сохранены нетронутыми и разделены на секции только в октябре 2001 г., когда проводилась обработка всего кернового материала и исследования состава палеобиоценозов. В 2001 г. хорошо сохранившиеся керны, как правило, разрезались на секции длиной по 4 см. Сломанные и плохо сохранившиеся колонки были разрезаны на секции большего размера с тем, чтобы избежать смешивания материала из разных слоев. Вследствие этого размер отдельных участков кернов существенно варьировал (табл. 1). Поскольку длина сухих колонок, измеренная в 2001 г., отличалась от оригинальных размеров, определенных в ходе пробоотбора, оригинальная длина каждого отрезка рассчитывалась путем умножения его длины в сухом состоянии на отношение оригинальной длины керна к длине сухого керна.

Таблица 1

Нижняя граница исследованных участков кернов (в см). Нумерация кернов, как в работе [12]

Номер керна	48	81	82	83	95	103	128	129	136	139
Сектор 1	1,5	4,2	4,3	1,5	3,8	5,0	13,3	5,0	5,4	5,2
2	3,5	8,4	8,5	3,0	7,5	10,0	26,7	10,0	10,8	10,4
3	7,0	12,5	12,8	3,6	11,3	16,0	40,0	16,0	16,2	15,1
4	10,0	16,7	17,1	7,5	15,0	20,0		22,0	21,6	19,7
5	14,0	20,9	21,4	13,5	30,1	24,0		30,0	27,0	24,3
6	20,0	25,1	25,6	19,5	47,0	30,0		38,0	32,4	28,9
7	30,0	29,3	29,9	24,5		35,0		46,0	37,8	33,6
8	40,0	33,5	34,2	28,5		36,0		52,0	43,2	39,4
9	51,0	37,6	38,5	37,0		39,0		59,0	48,6	44,0
10	63,0	41,8	42,7	38,0		44,0			54,0	
11	67,0	46,0	47,0	41,0		49,0				
12				45,0						

Каждая изолированная секция колонки грунта помещалась в 4 %-ный раствор H_2O_2 на 15–20 ч., затем промывалась и просеивалась через сито с размером ячеек 0,25 мм. Останки живых организмов выбирали из отсеянного материала, после чего определяли их таксономическую принадлежность и обилие в каждой секции.

Для определения основных закономерностей смены видов за временной интервал, охваченный кернами, данные о видовом составе и количественной представленности были проанализированы с помощью кластерного анализа. Для этого данные по обилию моллюсков в каждой секции были ранжированы следующим образом: 0,5 — присутствуют только обломки раковины, 1 — 1–2 целых экз., 2 — 3–5 экз., 3 — 6–10 экз., 4 — 11–20 экз., 5 — более 20 экз. Сходство между отдельными секциями было рассчитано с использованием индекса процентного сходства

$$PSc_{ij} = 200 \frac{\sum_{k=1}^n \min(x_{ik}, x_{jk})}{\sum_{k=1}^n (x_{ik} + x_{jk})},$$

где PSc_{ij} — индекс сходства секций i и j , x_{ik} и x_{jk} — обилие вида k в секции i и в секции j соответственно, в баллах.

Для кластеризации матрицы сходства применялся метод среднего взвешенного [7]. В итоге кластеризации были выделены палеобиоценозы, характеризующиеся специфическим видовым составом и собственным уровнем количественного развития отдельных таксонов. Кластерный анализ был проведен с использованием компьютерной программы MVSP 3.12 (Kovach Computing Services).

Личинки Рупии, обнаруженные в палеоматериале в основании керна № 82, подвергались радиоуглеродному анализу в лаборатории Leibniz Laboratory of the Christian-Albrechts-Universität. Результаты анализа были использованы для ориентировочного определения их возраста. Результаты анализа были использованы для ориентировочного определения возраста выявленных палеобиоценозов.

Результаты исследования. Всего в кернах были обнаружены раковины 4 таксонов бивалвных моллюсков (*Caspiohydrobia* sp., *Turricaspia* cf. *spica* (Eichwald), *Theodoxus pallasi* Lindholm, *Valvata macrostoma* Moersch) и 6 видов двустворчатых моллюсков (*Abra ovata* (Philippi), *Dreissena caspia* (Eichwald), *Dreissena polymorpha* (Pallas), *Cerastoderma edule* (Issel), *Cerastoderma rhomboides* (Lamarck) и *Hypanis minima* (Ostroumoff)).

Раковины моллюсков р. *Caspiohydrobia* встречались в больших количествах во всех проанализированных кернах и практически по всей их протяженности. Они распределялись вдоль длины колонок неравномерно, чаще демонстрируя максимальное обилие в самых нижних и самых верхних частях. Такое распределение было особенно характерно для колонок, собранных в Большом Аральском море на значительном удалении от берега (№ 81–83, 103, 136, 139), в то время как в кернах, полученных ближе к берегу, наблюдалась иная картина. В колонке № 95 раковины были распределены достаточно равномерно, в кернах № 48 и 129 скопления раковин встречались только в верхних частях, в то время как нижние части были практически лишены.

Раковины *T.* cf. *spica* наблюдались в достаточно больших количествах (всего более 100 экз.) в нижних частях кернов 136 и 139, с максимальным обилием в их основании. Еще несколько экземпляров были обнаружены в самой нижней части колонки № 95. Обилие вида в разных секциях варьировало аналогично обилию *Caspiohydrobia*. Хотя большинство раковин было сломано, несколько десятков из них сохранились достаточно хорошо.

Раковины *T. pallasi* были немногочисленны в кернах, и каких-либо закономерностей в их вертикальном распределении не наблюдалось. Кластерный анализ (см. ниже) выявил их приуроченность к участкам, содержащим большие количества раковин *Dreissena*, *Caspiohydrobia* и головных капсул хирономид.

Раковины *V. macrostoma* были найдены только в самой нижней части керна № 95 в количестве 5 экз. Интересно, что в той же самой секции было обнаружено несколько раковин *Hypanis* и *Abra*.

Раковины *A. ovata* были отмечены в верхней части всех исследованных кернов. В пробах 103, 136 и 139 их распределение было ограничено только верхними частями колонок, тогда как в пробах 81, 82 и 129 они были отмечены и в более низких горизонтах.

Раковины *Dreissena* spp. были очень многочисленны в керновом материале. Моллюски были отмечены практически во всех проанализированных частях колонок, хотя их обилие в отдельных кернах сильно варьировало. Максимальное обилие было зарегистрировано в нижних частях кернов 82 и 139, достаточно большое — в верхних частях кернов 81, 136 и 139.

Раковины сердцевидок *Cerastoderma* spp. были отмечены во всех колонках, но распределение их сильно варьировало от керна к керну. В большинстве случаев отмечалось бимодальное распределение с максимумами обилия в верхних и нижних частях колонок. Такие пики численности отсутствовали в верхних частях пробы 136 и в нижних частях пробы 48. В целом вертикальное распределение *Cerastoderma* spp. было сходным с таковым *Caspiohydrobia*. Интересно отметить, что максимальное обилие сердцевидок в верхних частях кернов, как правило, отмечалось на одну секцию выше, чем максимальное обилие *H. minima*.

Раковины *H. minima* также отмечались во всех проанализированных кернах, но в основном только в верхних их частях. Наиболее глубокое положение раковины занимали в кернах 81–83, самое поверхностное — в кернах 136 и 139.

Кроме раковин моллюсков, в кернах также были обнаружены головные капсулы хириноид, домики ручейников, останки крабов, а также остатки талломов растений и плоды *Ruppia* sp. Хириноиды в максимальном количестве отмечены в керне 129 (секции 4–9), домики ручейников отмечены только в керне 81 (секции 6 и 7), растения были особенно обильны в колонках № 103 и 129, плоды рупии были обнаружены только в секциях 8 и 9 керна № 82.

Совокупности участков кернов, сходные по составу и обилию раковин моллюсков, определялись в ходе кластерного анализа. Кроме моллюсков, в анализ были включены также данные по обилию хириноид и остатков растений. Для того чтобы уменьшить разброс данных, плохо сохранившиеся или собранные слишком близко от берега керны в рассмотрение не принимались. Последние не учитывались в связи с тем, что они с большой вероятностью могли содержать аллохтонный материал, смытый с рядом расположенных прибрежных обрывов и перенесенный в места отбора проб течениями. По этим причинам только колонки № 81, 82, 83, 103, 136 и 139 из Большого Аральского моря были использованы для кластерного анализа.

В ходе анализа была получена дендрограмма сходства отдельных участков колонок, которая, для выделения сообществ была рассечена на уровне сходства 65 % (рис. 2). Этот уровень сходства был выбран произвольно с единственной целью — получить доступное для интерпретации количество отдельных кластеров, более или менее сходных по своим

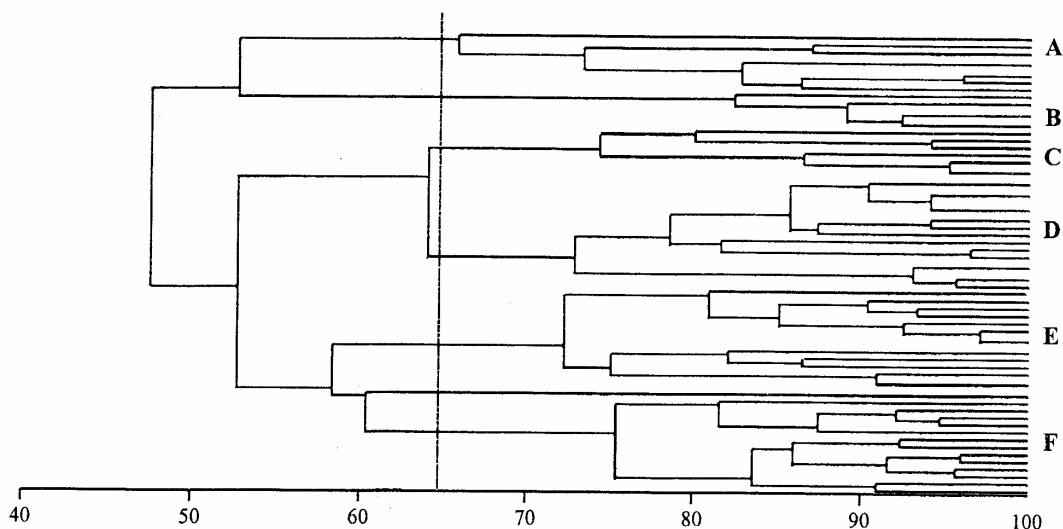


Рис. 2. Дендрограмма сходства отдельных участков кернов.

Пунктиром показан уровень сходства, использованный для выделения сообществ, А–F — выделенные сообщества. По горизонтальной оси — уровень сходства.

размерам (т. е. по количеству включенных в них секций), которые можно было бы попытаться связать с теми или иными условиями окружающей среды. Таким образом, было выделено 6 наборов участков кернов, которые характеризовались значительным сходством в отношении видового состава и обилия учтенных таксонов (А–F) (рис. 3).

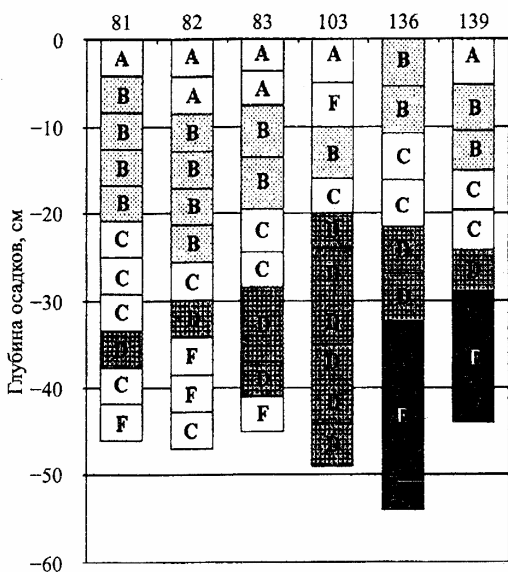


Рис. 3. Расположение выделенных сообществ в кернах 81–83, 103, 136 и 139.

Таблица 2

Среднее обилие основных компонентов палеобиоценозов (в баллах)

Сообщество	<i>Caspiohydrobia</i>	<i>Turricaspia</i>	<i>Theodoxus</i>	<i>Abra</i>	<i>Hypanis</i>	<i>Cerastoderma</i>	<i>Dreissena</i>	<i>Chironomidae</i>	Растения
Среднее значение									
A	2,6	0,0	0,0	2,9	1,3	2,4	1,5	0,0	0,1
B	4,1	0,0	0,7	1,4	3,5	2,9	3,7	0,4	0,0
C	3,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,7	3,1	0,2	0,0
D	3,7	0,0	0,1	0,0	0,0	3,6	1,3	0,1	0,9
E	3,9	2,6	0,8	0,0	0,0	2,6	3,3	0,3	0,6
F	2,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,8	0,4	0,0	0,0
Ошибка среднего									
A	0,3	0,0	0,0	0,4	0,4	0,3	0,3	0,0	0,1
B	0,3	0,0	0,3	0,5	0,2	0,3	0,1	0,2	0,0
C	0,1	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,2	0,1	0,0
D	0,3	0,0	0,1	0,0	0,0	0,3	0,3	0,1	0,3
E	0,5	0,3	0,5	0,0	0,0	0,3	0,6	0,2	0,2
F	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0

Сообщество «F» также было отмечено под сообществом «D», но только в колонках № 81–83. Оно характеризовалось наименьшим из всех выделенных кластеров разнообразием и обилием останков организмов. Наиболее многочисленным компонентом

Наиболее характерной чертой сообщества «A», расположенного в верхней части кернов, до глубины 8,5 см, было наличие здесь достаточно большого количества раковин *A.ovata*. В заметных количествах присутствовали также раковины сердцевидок и *Caspiohydrobia*, тогда как раковины *Theodoxus* и останки хирономид полностью отсутствовали (табл. 2).

Сообщество «B», расположенное ниже сообщества «A», наблюдалось в грунте до горизонта—26 см. Оно характеризовалось присутствием незначительного количества раковин *Theodoxus*, максимальным обилием раковин *Caspiohydrobia*, двусторчатых моллюсков родов *Hypanis*, *Cerastoderma* и *Dreissena*, а также хирономид.

Сообщество «C», расположенное еще ниже, до глубины 33 см, характеризовалось пониженной численностью раковин моллюсков, что особенно четко прослеживалось в отношении *Hypanis* и *Cerastoderma*. Интересно, что в этом палеоценозе керна № 81 отмечено достаточно большое количество домиков ручейников и головных капсул хирономид, в то время как раковины *Theodoxus* полностью отсутствовали.

В сообществе «D», располагавшемся под сообществом «C» (до глубины 48 см), наблюдалось максимальное обилие *Cerastoderma* и единичные раковины *Theodoxus*. *Caspiohydrobia* были достаточно обычным компонентом, в то время как *Hypanis*, присутствовавший во всех выше лежащих биоценозах, исчезал. В кернах 103 сообщество «D» присутствовало на протяжении значительной длины колонки грунта.

Сообщество «E» было выявлено под сообществом «D» только в кернах 136 и 139. Наиболее специфической его чертой было присутствие раковин брюхоногих моллюсков *Turricaspia*. Здесь также отмечалось высокое обилие раковин *Caspiohydrobia* и *Dreissena*, в незначительном количестве присутствовали раковины *Theodoxus*.

палеоценоза были *Caspiohydrobia*, которые тем не менее также имели минимальное обилие по сравнению с другими сообществами.

В результате проведенного радиоуглеродного анализа плодов Рупии, обнаруженных в основании керна № 82, выделенные сообщества могли быть приближенно датированы. Согласно этой датировке сообщество «А» существовало в море с 1820 по 1991 г. (год сбора материала), сообщество «В» — с 1475 по 1820 г., сообщество «С» — с 1390 по 1475 г., сообщество «D» — с 1305 по 1390 г., сообщество «Е» в колонке 82 не представлено, сообщество «F» — с 1135 по 1305 г. и нижнее сообщество «С» — с 1050 по 1135 г. Таким образом, проанализированные керны представляют собой срез осадков, накопленных за период, примерно равный 1000 лет, считая с даты отбора проб (1991).

Обсуждение результатов исследования. Анализ кернового материала показал, что раковины моллюсков встречались по всей длине исследованных кернов. Тем не менее отмеченное разнообразие моллюсков в палеоценозах оказалось достаточно низким, учитывая большие размеры водоема. Такое низкое разнообразие, возможно, было связано с крайне нестабильным гидрологическим режимом, существовавшим в водоеме в рассматриваемый период.

Наличие раковин *Caspiohydrobia* spp., *Cerastoderma* spp. и *Dreissena* spp. во всех кернах и практически на всем их протяжении свидетельствует о том, что эти моллюски в течение всего рассматриваемого периода были наиболее стабильным компонентом макрозообентоса. Очевидно, что в это время в Аральском море не формировались (по крайней мере, на какой-либо продолжительный срок) условия, неблагоприятные для этих организмов.

Моллюски рода *Turricaspia*, которые наблюдались в относительно больших количествах только в нижних частях кернов 136 и 139, скорее всего, в действительности населяли Аральское море в голоцене. Поскольку указанные керны были расположены в центральной части Большого Аральского моря, ранее высказанная гипотеза [8] о том, что эти раковины перенесены сюда с прибрежных террас, вряд ли могла быть поддержана. Отчасти это подтверждается и хорошей сохранностью многих экземпляров, поскольку в случае вымывания из прибрежных террас и последующего их горизонтального транзита раковины были бы сильно повреждены.

Раковины *V. macrostoma* были найдены только в керне № 95, отобранном в районе, прилегающем к древней дельте Сыр-Дарьи. Нахождение в той же самой секции, в основании грунтовой колонки, нескольких раковин *Hypanis* и *Abra* позволяет предположить, что грунты в данном районе были подвержены переотложениям в результате перестройки речного русла. Таким образом, существование *Valvata* в самом водоеме представляется маловероятным. Их раковины вполне могли быть принесены сюда речными водами из соседних водоемов или вымыты речными водами из осадочных пород.

Распределение *A. ovata* в верхней части исследованных кернов является вполне логичным, учитывая, что моллюск был интродуцирован в Аральское море только в 1960-х гг. [3]. Его нахождение в кернах 81, 82 и 129 в более низких секциях может объясняться способностью данных моллюсков закапываться в грунт на глубину 5–6 см.

Много вопросов вызывает вертикальное распределение раковин *Hypanis*, которые в большинстве случаев были ограничены только верхними участками грунтовых колонок. Согласно З. И. Иззатулаеву и Я. И. Старобогатову [2] *H. minima* достиг Аральского моря лишь в Апшероне (1, 6–0, 7 млн лет назад). Наши данные позволяют предположить, что *H. minima* попал в Арал гораздо позже (возможно, повторно).

В целом можно отметить, что все таксоны моллюсков, которые были отмечены в пробах, могут быть отнесены к видам Понто-Каспийской провинции, за исключением *V. macrostoma*, которая является видом, характерным для Палеарктической провинции.

Можно также предположить, что все эти виды, кроме *A. ovata* и *V. macrostoma*, попали в Аральское море из Каспия.

Изменение условий окружающей среды в Аральском море в течение последнего тысячелетия нашло однозначное отражение в последовательности 6 палеоценозов, обнаруженных в кернях. Синхронность смены ценозов в различных кернях свидетельствует о неслучайном характере этого варьирования и об отражении реальных крупномасштабных изменений в экосистеме.

Очевидно, наиболее древними из найденных в кернях ценозов были «Е» и «F», отмеченные в основании грунтовых колонок. Сообщество «F» развивалось на прибрежных местообитаниях № 81, 82 и 83, тогда как на более глубоких участках № 136 и 139 развивалось сообщество «Е». Учитывая, что эти два ценоза сильно различались по составу и обилию моллюсков, можно предположить, что условия здесь также сильно различались. Состав моллюсков ценоза «F», где отмечалось достаточное количество *Caspihydrobia* и только отдельные раковины *Hupanis*, *Cerastoderma* и *Dreissena*, позволяют предположить гипергалинные условия. Находки единичных раковин *Hupanis*, которые встречались в основании колонок только в этом сообществе и полностью исчезали в более высоких слоях, возможно, свидетельствуют о наличии этого вида в предшествующий период и исчезновении его в дальнейшем.

Ценоз «Е», отмеченный в основании колонок 136 и 139, характеризовался массовым развитием всех видов моллюсков, отмеченных в кернях, за исключением *A. ovata* (вселенных в море гораздо позже) и *H. minima*. В больших количествах встречались здесь останки хирономид. Необходимо особо отметить присутствие раковин брюхоногих моллюсков *T. spica*, более нигде не отмеченных. Вероятно, этот вид вымер в Аральском море примерно за 700–650 лет до пробоотбора (т. е. до появления сообщества «D», датированного 1305 годом). Последнее могло быть связано с повышением притока пресных вод и снижением солености в результате потери человеком возможности контролировать сток Аму-Дарьи в Сарыкамышскую впадину [11]. Можно предположить, что *Turricaspia* не смогла приспособиться к сформировавшимся в море почти пресноводным условиям.

Следующее за ценозом «Е» сообщество «D» развивалось с увеличением обилия *Caspihydrobia* и *Cerastoderma*, которые предпочитают более осолоненные воды и со значительным уменьшением обилия *Dreissena*, которая предпочитает более опресненную среду. Можно предположить повышение солености вод Арала в этот период. Согласно нашей датировке эти изменения имели место примерно 650–600 лет назад.

Сообщество «С» характеризовалось новым снижением численности *Cerastoderma*, появлением раковин *Hupanis* и увеличением обилия *Dreissena* spp., хирономид и ручейников. Учитывая, что в ходе последнего осолонения Аральского моря ручейники оказались наиболее чувствительным к осолонению элементом бентоса [9], вероятно, можно говорить о новом существенном понижении солености водоема в период с 1390 по 1475 гг.

Сообщество «В», датированное 1475–1820 гг., характеризовалось ростом численности сердцевидок, и одновременно — максимальным обилием самых разных по своим экологическим потребностям организмов — *Caspihydrobia*, *Dreissena* и *Chironomidae*. Можно предположить, что соленость в море в этот период была близка к значениям, которые наблюдались в первой половине XX в., т. е. около 10–12 ‰. В этом же сообществе отмечено максимальное обилие раковин *Hupanis*, что очень напоминает типичную картину вспышки численности вида после его вселения в новый водоем.

И, наконец, сообщество «А», датированное 1820–1991 гг., характеризуется набором видов, типичным для Аральского моря в этот период и известный из многочисленных научных публикаций. Несколько необычным представляется отсутствие здесь остатков

хириноид и раковин *Theodoxus*. Объяснить это можно лишь спорадическим характером их находок в керновом материале. По крайней мере, в кернах, не использованных для кластерного анализа, эти виды присутствовали и в верхних горизонтах.

В целом проведенные исследования показали, что в позднем голоцене Аральское море отличалось невысоким видовым разнообразием малакофауны. Видовой состав моллюсков в этот период не оставался постоянным: наблюдалось исчезновение одних видов и появление других. Судя по характеру смены сообществ, масштаб изменений условий среды в Аральском море в прошедшем тысячелетии был не менее существенным, чем в современное время, начиная с 1960 г. Очевидно, причины этого явления связаны как с антропогенными, так и с естественными факторами, значение которых требует дальнейшего изучения.

* * *

Автор признателен сотрудникам Freie Universität Berlin Peter Röpstorf и Wolfgang Müller за техническую помощь. Значительная помощь в исследованиях была оказана Dieter Demske (FU Berlin), который идентифицировал плоды водных растений *Ruppia*, использованные для определения возраста осадков.

Финансирование проекта было предоставлено немецкой программой академических обменов (DAAD).

Summary

Filippov A. A., Riedel F. Mollusk taxonomic composition in late Holocene sediments of the Aral Sea as a reflection of the Sea history.

The species composition and abundance from 10 short cores of the Aral Sea sediments have been studied and palaeocenoses have been revealed. The species found were mostly of Caspian and Palearctic origin. The comparison of palaeocenoses at different horizons showed sharp and significant alterations in the sea ecosystem during the last millennium.

E-mail: paleobio@zedat.fu-berlin.de

Литература

1. Алейшнская З. Г. Диатомовые и палинологические характеристики донных осадков // История озер Севан, Иссык-Куль, Балхаш, Зайсан и Арал. Л., 1991. С. 243–245.
2. Иззатуллаев З. И., Старобогатов Я. И. История Арала по данным о малакофауне // Там же. С. 259–261.
3. Карпевич А. Ф. Теория и практика акклиматизации водных организмов. М., 1975.
4. Маев Е. Г., Маева С. А., Николаев С. Д., Парунин О. Б. Новые данные по голоценовой истории Аральского моря // Палеография Каспийского и Аральского морей в Кайнозое. Ч. 2. М., 1983. С. 133–144.
5. Маев Е. Г., Маева С. А. Донные осадки Аральского моря // История озер Севан, Иссык-Куль, Балхаш, Зайсан и Арал. Л., 1991. С. 219–221.
6. Майер Е. М. Распределение фораминифер в разрезе голоценовых отложений Аральского моря // Палеография Каспийского и Аральского морей в Кайнозое. Ч. 2. М., 1983. С. 153–164.
7. Песенко Ю. А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М., 1982.
8. Старобогатов Я. И. Тип моллюски, Mollusca // Атлас беспозвоночных Аральского моря. М., 1974. С. 237–257.
9. Филиппов А. А. К вопросу о солеустойчивости донных организмов Аральского моря // Труды Зоол. ин-та РАН. 1995. Т. 262. С. 103–167.
10. Boomer I., Whatley R. C., Aladin N. Aral Sea Ostracoda as environmental indicators // Lethaia. 1996. Vol. 29. P. 77–85.
11. Boomer I., Aladin N. V., Plotnikov I. S., Whatley R. The palaeolimnology of the Аральское море: a review. Quaternary Science Reviews. 2000. Vol. 19. P. 1259–1278.
12. Zharnikova V. A., Butylin V. P., Popova E. A., Aladin N. V. Recent sedimentation process in the northern Aral Sea // International J. Salt Lake Research. 1997. Vol. 6. P. 67–81.

Статья принята к печати 27 сентября 2007.