

ПОБЕРЕЖНАЯ Александра Евгеньевна

ПРОШЛОЕ И НАСТОЯЩЕЕ В РАСПРЕДЕЛЕНИИ
РАКУШКОВЫХ РАЧКОВ (OSTRACODA) В
ДРЕВНИХ ОЗЕРАХ ХУБСУГУЛ И БАЙКАЛ

03.02.08 – экология
(биологические науки)

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Работа выполнена в Лаборатории биологии водных беспозвоночных
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Лимнологический институт Сибирского отделения РАН, г. Иркутск

- Научный руководитель: доктор биологических наук,
ведущий научный сотрудник
Ситникова Татьяна Яковлевна
- Научный консультант: доктор геолого-минералогических наук,
зав. лаб. **Федотов Андрей Петрович**
- Официальные оппоненты: доктор биологических наук
Тахтеев Вадим Викторович
- доктор биологических наук, зам. директора
по науке Байкальского музея ИНЦ СО РАН
(пос. Листвянка)
Русинек Ольга Тимофеевна
- Ведущая организация: ФГБУН «Институт природных ресурсов,
экологии и криологии СО РАН»

Защита состоится 30 мая 2013 г. в 11 часов на заседании диссертационного совета Д 212.074.07 при ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный университет» по адресу: 664003, г. Иркутск, ул. Сухэ-Батора, 5, Байкальский музей им. проф. М.М. Кожова (ауд. 219).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеках ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный университет» по адресу: 664003, г. Иркутск, ул. Бульвар Гагарина, 24.

Отзывы просим направлять ученому секретарю диссертационного совета по адресу: 664003, г. Иркутск, ул. Карла Маркса, 1, биолого-почвенный факультет ИГУ. Тел. / факс: (3952) 241855; e-mail: dissovet07@gmail.com.

Автореферат разослан “ ” апреля 2013 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат биологических наук, доцент



А.А. Приставка

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Остракоды (Ostracoda) – один из наиболее богатых видами классов ракообразных (около 65000 ныне живущих и ископаемых видов; около 2000 пресноводных видов) (Horne et al., 2012). Они имеют широкое географическое распространение и населяют разнообразные водные и влажные наземные биотопы (Бронштейн, 1947; Шорников, 1980; De Deckker, 1983; Meisch, 2000; Pinto et al., 2008; Karanovic, 2012). Раковины и створки остракод хорошо сохраняются в ископаемом состоянии. Самые древние находки ископаемых остракод датированы ордовиком (450 млн. лет) (Karanovic, 2012). Ископаемые и современные остракоды являются индикаторами среды, и используются для мониторинга водных экосистем.

Озера Байкал (Россия) и Хубсугул (Монголия) – два крупных пресноводных и древних водоема Центральной Азии. Они имеют общие геологические, гидрологические и фаунистические черты: 1) относятся к Байкальской рифтовой зоне; 2) связаны через реки Эгийн-гол и Селенга; 3) вода озер относится к гидрокарбонатному классу; 4) 84 вида беспозвоночных являются общими для озер (Атлас озера Хубсугул, 1989; Атлас озера Байкал, 2001; Кожова и др., 1998). В оз. Байкал обитает 171 вид и подвид остракод (90% видов и 1 род – эндемики), в Хубсугуле – 12 видов (1 – эндемик). Восемь видов и подвидов являются общими для двух озер (Мазепова, 1990, 2001; Мазепова, Побережная, 2009).

В Хубсугуле, в отличие от Байкала, створки остракод присутствуют в плейстоценовых донных отложениях (Федотов и др., 2001). Подробные исследования распределения остракод за длительный период времени (230 тыс. лет) ранее проведены не были.

Несмотря на более чем 100-летнюю историю изучения ракушковых рачков озер Байкальской рифтовой зоны, вопросы, связанные с выяснением факторов среды, влияющих на их видовой состав и распределение, до сих пор остаются не до конца решенными.

Цель и задачи исследований. Цель – изучить распределение остракод в озерах Хубсугул и Байкал во временном и пространственном аспектах. Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Исследовать видовой состав остракод, населявших оз. Хубсугул со среднего плейстоцена до голоцена.
2. Определить факторы среды, влиявшие на видовой состав и численность остракод в оз. Хубсугул в плейстоцене.
3. Проследить встречаемость раздельнополых и партеногенетических популяций *Limnocythere cf. inopinata* в оз. Хубсугул в плейстоцене.
4. Исследовать вертикальное и горизонтальное распределение остракод в современном оз. Хубсугул.

5. Выявить факторы среды, влияющие на сезонную динамику видового состава и плотности поселения остракод в каменистой литорали юго-западного борта оз. Байкал.

Научная новизна. Впервые исследованы видовой состав и распределение остракод в связи с изменением климата, уровня вод и химического состава воды в плейстоценовый период в оз. Хубсугул по керну донных отложений. Исследовано пространственное и биотопическое распределение остракод в современном Хубсугуле. Дана сравнительная характеристика распределения 3 видов остракод (*Candona lepnevae* Bronstein, 1947, *Limnocythere* cf. *inopinata* (Baird, 1843), *C. lacustris* Sars, 1862) в озерах Хубсугул и Байкал. Подробно описана структура таксоценоза остракод и проанализированы особенности распределения плотности их поселения в каменистой литорали оз. Байкал. Впервые обнаружено, что остракоды способны достигать нижнюю поверхность льда в весенний период и вмерзать в него.

Основные положения, выносимые на защиту:

- Глобальные изменения климата, варьирование химического состава воды и колебания уровня воды в оз. Хубсугул оказывали не одинаковое влияние на распределение 4-х видов остракод в разные геологические стадии плейстоценового периода.
- В оз. Хубсугул у вида *L.* cf. *inopinata* переход от раздельнополости (существовавшей в течение плейстоценового периода), к партеногенезу произошел в голоцене, как и в большинстве северных палеарктических водоемов.
- Плотность поселения остракод в мелководной зоне современного оз. Хубсугул зависит от типа грунтов и наличия карбонатных отложений.
- Колебания численности остракод в каменистой литорали оз. Байкал в течение 2000-2001 гг. были связаны с количеством пищевых ресурсов и различиями в репродуктивном потенциале видов.

Теоретическая и практическая значимость. Полученные результаты работы могут быть использованы в гидробиологическом мониторинге состояния бентосных сообществ литорали озер Байкал и Хубсугул; для палеоэкологических интерпретаций четвертичных отложений оз. Хубсугул; в преподавании общих и специальных курсов по экологии, гидробиологии и байкаловедению.

Апробация работы. Результаты исследований были представлены на: Международной конференции “Научные основы сохранения водосборных бассейнов: междисциплинарные подходы к управлению природными ресурсами” (Улан-Удэ, 2004); Всероссийской “Сибирской зоологической конференции, посвященной 60-летию Института систематики и экологии животных СО РАН” (Новосибирск, 2004); 15th International Symposium on Ostracoda (Berlin, 2005); Third International Conference “Environmental Change in Central Asia” (Ulaanbaatar, 2005).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 11 научных работ, из них – 3 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК, 1 статья в зарубежном журнале, 2 главы в монографии, 1 статья в сборнике и 4 тезиса в материалах конференций.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, выводов, списка литературы и 2 приложений. Работа изложена на 105 страницах и содержит 28 рисунков, 6 таблиц. Список цитируемой литературы включает 156 работ, из них 71 на иностранных языках.

Благодарности. Автор выражает искреннюю благодарность своему научному руководителю д.б.н. Т.Я. Ситниковой за постоянную помощь при подготовке диссертации и поддержку. Особую благодарность автор выражает д.г.-м.н. А.П. Федотову за предоставленный материал и ценные консультации во время написания работы; заведующему лабораторией биологии водных беспозвоночных Лимнологического института (ЛИН СО РАН) д.б.н. О.А. Тимошкину и д.б.н. Г.Ф. Мазеповой за возможность использования в анализе первичных карточек о байкальских остракодах и ценные советы. Автор выражает благодарность сотрудникам лаборатории биологии водных беспозвоночных (ЛИН СО РАН) д.б.н. Н.А. Бондаренко, к.б.н. И.В. Механиковой, к.б.н. Н.Г. Шевелевой, к.б.н. З.В. Слугиной, к.б.н. Н.А. Рожковой, к.б.н. Н.В. Максимовой, к.б.н. А.А. Широкой, инж. Н.А. Семитуркиной, сотруднику лаборатории гидрохимии и химии атмосферы (ЛИН СО РАН) д.г.н. И.Б. Мизандронцеву за ценные советы, всестороннюю помощь на разных этапах работы и поддержку; сотрудникам отдела ультраструктуры клетки (ЛИН СО РАН) М.М. Масленниковой и В.И. Егорову за помощь в работе на электронном сканирующем микроскопе. Отдельная благодарность д.б.н. Е.И. Шорникову (ИБМ ДВО РАН) и к.б.н. Л.М. Семенову (ИБВВ РАН), которые прочитали работу и сделали ценные замечания.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

Приведены физико-географическая характеристика древних озер Азии – Хубсугула и Байкала, краткая история изучения остракод, населяющих эти озера, а также сведения о состоянии изученности видового состава и плотности поселения остракод в других континентальных водоемах России.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Материалом для настоящих исследований послужили 520 проб, отобранных из верхнего 11,6 м слоя 53-метрового керна донных отложений (KDP-01) из центральной части оз. Хубсугул; идентификационные карточки 75 проб,

отобранных с разных участков 9 профилей современного оз. Хубсугул; первичные карточки идентификации остракод из 105 проб, собранных с каменистого биотопа на станции 3 м (2,9-3,5 м) на междисциплинарном полигоне у мыса Березовый (западное побережье Южного Байкала) (рис. 2.1) (любезно предоставленные Г.Ф. Мазеповой), а также 7 кусочков льда, отколотые с его нижней поверхности на глубине 3,4 м в этом же районе.

Для исследований видового состава и распределения остракод в плейстоценовый период пробы грунта из керна отобраны с интервалами в 2 см и весом около 1 г. Образцы отмывали водой через сито с размером ячеек 200 мкм. Исходя из распределения в кернах палеомагнитных экскурсов и корреляции диатомовых летописей с ранее датированными летописями коротких кернов,



взятых в этой же части озера (Fedotov et al., 2004a, b), возраст изученного интервала керна составил от 230 до 11 тыс. лет. Видовая идентификация остракод выполнена автором, согласно работам З.С. Бронштейна (1947) и Г.Ф. Мазеповой (Mazepova, 2006). В качестве палеоиндикаторов вод палео-Хубсугула использованы данные о содержании SO_4^{2-} и CO_3^{2-} , определенные в этих же образцах осадков, любезно предоставленные сотрудниками Лимнологического института СО РАН. Проведен корреляционный анализ с критерием достоверности $p < 0,05$. Диаграммы построены с помощью пакетов

программ Grapher для Windows XP. Для интерпретации изменения распределения остракод в осадке использованы литературные сведения о палеоклимате Северной Азии, включая Байкальскую рифтовую зону (Грачев и др., 1997; Гольдберг и др., 2001; Nugteren, Vandenberghe, 2004), изменений уровня воды, а также химического состава поровых вод донных осадков Хубсугула (Федотов и др., 2006; Федотов, 2007).

Бентосные пробы в оз. Хубсугул отобраны в ходе комплексной экспедиции Монгольского и Иркутского университетов в 1971 г. с помощью дночерпателя Петерсена в разных участках и зонах глубин озера (рис. 1). Количественные бентосные пробы в оз. Байкал отбирали ежемесячно с августа 2000 по сентябрь 2001 г. с помощью аквалангистов из учетной рамки площадью $0,1 \text{ м}^2$. Обработку и фиксацию проб проводили по общепринятой в гидробиологии методике (Жадин,

1956; Методические рекомендации..., 1984). Оценку встречаемости выполнили по шкале Б.Г. Иоганзена (Иоганзен, 1959; Иоганзен, Файзова, 1978). Биологические сезоны в литорали южной котловины оз. Байкал выделены согласно Г.С. Каплиной (1974). Для оценки структуры таксоценоза остракод использована классификация А.М. Чельцова-Бебутова в модификации В.Я. Леванидова (1977). Статистическая достоверность долей дисперсии оценена с помощью F-критерия Фишера по уровню вероятности ошибочной оценки $p < 0,05$, который не должен превышать 5% уровень значимости (Шитиков и др., 2003). Анализ данных проводили с помощью программ Excel и Statistica 6.0 для Windows XP.

Кусочки льда растопили при комнатной температуре и отобрали из образовавшейся воды (3,9 л) остракод. Видовая идентификация выполнена автором по определителю Г.Ф. Мазеповой (1990).

Створки остракод исследовали с помощью электронного сканирующего микроскопа (525М фирмы PHILIPS). Для этого створки отмывали в этиловом спирте, высушивали на воздухе и наклеивали на специальные столики. Затем образцы напыляли золотой пленкой толщиной примерно 0,035 мкм в установке BAIZERS SCD 004.

ГЛАВА 3. ВИДОВОЙ СОСТАВ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТРАКОД В ОЗ. ХУБСУГУЛ

3.1. Видовой состав остракод в плейстоцене

В плейстоценовых осадках обнаружены створки и целые раковины 4 видов остракод (рис. 2): *Candona lepnevae*, *Cytherissa lacustris*, *Limnocythere* cf. *inopinata* и *Leucocythere* sp., наиболее близкие по морфологии створок к виду *Leucocythere mirabilis* Kaufmann, 1892 (Poberezhnaya et al., 2006). Отметим, что идентифицированные створки несколько отличаются по морфологии от соответствующих видов из других континентальных водоемов и, по мнению Е.И. Шорникова, могут представлять самостоятельные (новые) виды.

Наибольшее видовое богатство отмечено в течение нескольких периодов времени: 196-189, 165-164, 116-115, 68, 56-50 тыс. лет назад. Максимальные значения количества створок остракод отмечены в интервале 215-214 (более 280 экз./г осадка) и 23-16 тыс. лет (более 500 экз./г осадка) (рис. 3). В интервале 215-214 тыс. лет количество створок достигало *C. lacustris* 203 экз./г осадка, *C. lepnevae* – 67 экз./г осадка, *L.* cf. *inopinata* – 14 экз./г осадка. В интервале 23-16 тыс. лет количество створок *C. lacustris* достигало 368 экз./г осадка, *C. lepnevae* – 100 экз./г осадка, *L.* cf. *inopinata* (самок и самцов) – 170 экз./г осадка, *Leucocythere* sp. – 20 экз./г осадка. Вид *C. lacustris* доминировал в отложениях возрастом 215-214 и

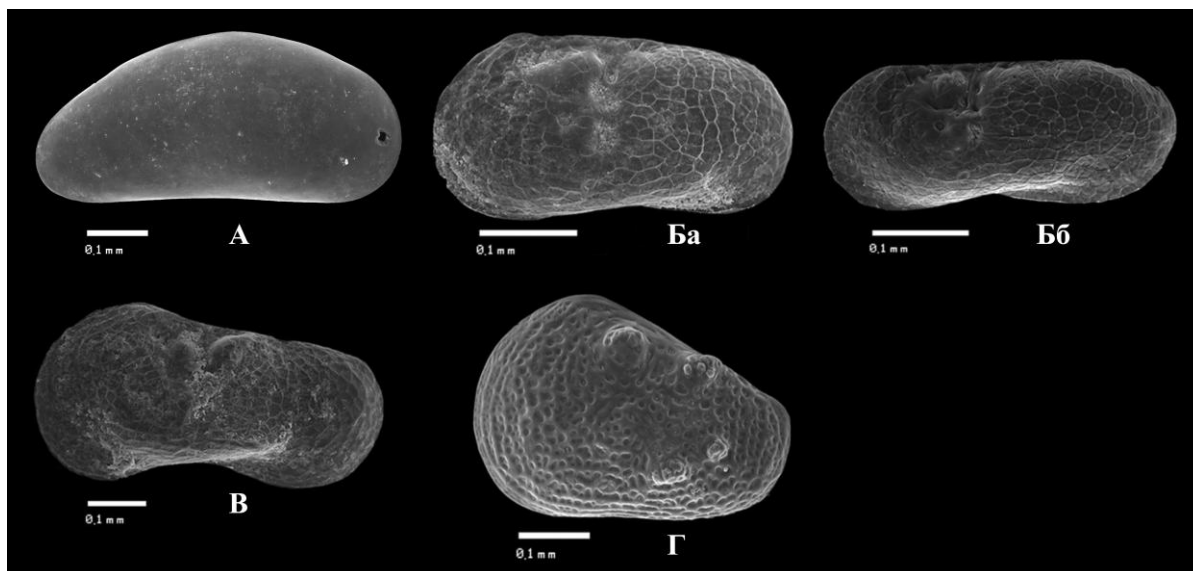


Рис. 2. Створки остракод из донных отложений оз. Хубсугул (СЭМ): а – *Candona lepnevae*; б – *Limnocythere cf. inopinata* (♀); в – *L. cf. inopinata* (♂); г – *Leucocythere* sp.; д – *Cytherisssa lacustris*.

31-11 тыс. лет. Вид *C. lepnevae* доминировал в периоды времени 230-219, 213-198, 142-127, 110-80 и 50-32 тыс. лет, но его численность не превышала 50 экз./г осадка. Виды *L. cf. inopinata* и *Leucocythere* sp. никогда не доминировали.

3.2. Влияние абиотических факторов на распределение остракод в плейстоцене

Известно, что в течение четвертичного периода на Земле происходили существенные изменения климата, похолодания сменялись потеплениями (межледниковыми стадиями). На основании изучения кривой изотопа кислорода $\delta^{18}\text{O}$ из бентосных фораминифер из морских кернов были выделены морские изотопные стадии (МИС) (Emiliani, 1955). Данные по изотопам кислорода ($\delta^{18}\text{O}/\delta^{16}\text{O}$) отражают изменения температуры. В течение стадий МИС 1, 3, 5 отмечены небольшие значения $\delta^{18}\text{O}$ и они соответствуют теплым межледниковым интервалам, в то время как в течение МИС 2, 4, 6 отмечены большие значения $\delta^{18}\text{O}$ и они соответствуют холодным ледниковым периодам.

В течение изучаемого периода времени (230 тыс. лет) в таксоценозе остракод оз. Хубсугул происходили изменения видового состава и численности створок всех идентифицированных видов. Для выяснения причин этих колебаний привлечены сведения о возможных изменениях экологических факторов палео-Хубсугула. В четвертичный период происходили глобальные климатические изменения, которые приводили к изменению влажности климата в Прихубсугулье, а также изменению солёности и уровня воды в озере (Федотов и др., 2001, 2006; Федотов, 2007). При определении изменений абиотических факторов в палео-Хубсугуле использованы

значения стабильного изотопа кислорода $\delta^{18}\text{O}$ в створках остракод, выделенных из разных участков керна (Федотов и др., 2006). Установлено, что периоды с низким уровнем воды приурочены к ледниковым периодам – морским изотопным стадиям (МИС) 6, 4 и 2) и холодным подстадиям теплых периодов (МИС 7b, d, 5b, 5d, 3b, 3d), сопровождавшимся, как правило, повышением солености воды (Shackleton et al., 1990; Федотов и др., 2006; Федотов, 2007).

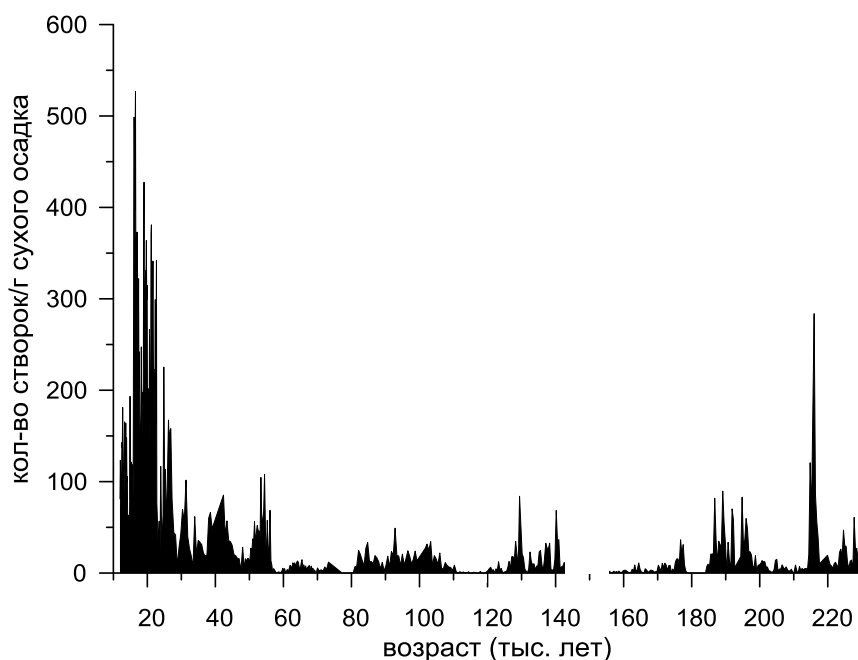


Рис. 3. Распределение общего количества створок остракод в оз. Хубсугул в течение плейстоцена.

При сопоставлении результатов анализа количественного распределения остракод с изменениями абиотических факторов выяснено, что максимальные количества видов остракод приходятся главным образом на холодные подстадии теплых климатических стадий плейстоцена (МИС 3, 5 и 7) и некоторые более теплые подстадии холодных стадий МИС 6, 4 и 2.

Изменения экологических факторов оказывали неодинаковое воздействие на численность всех видов остракод. Так, высокая численность *C. lacustris* соответствует теплым периодам с высоким уровнем воды в Хубсугуле и с повышенной влажностью (рис. 4), тогда как максимальные значения численности *L. cf. inopinata* и *Leucocythere* sp. приходились на холодные периоды с низким уровнем воды и более сухим климатом. Кроме того, высокая численность створок *C. lacustris* была отмечена в некоторые интервалы холодных периодов, а видов *L. cf. inopinata* и *Leucocythere* sp., наоборот. Для вида *C. lepnevae* какие-либо тенденции колебаний численности с факторами среды не выявлены. Диапазон изменчивости концентрации сульфатов и водорастворимых солей в целом в донных отложениях, где найдены остракоды, был различным: створки *C. lacustris*

найлены при незначительных колебаниях значений сульфатов (от 0,39 до 1 мг/г осадка), тогда как створки других видов – при более широком диапазоне (от 0,4 до 2,2 мг/г осадка).

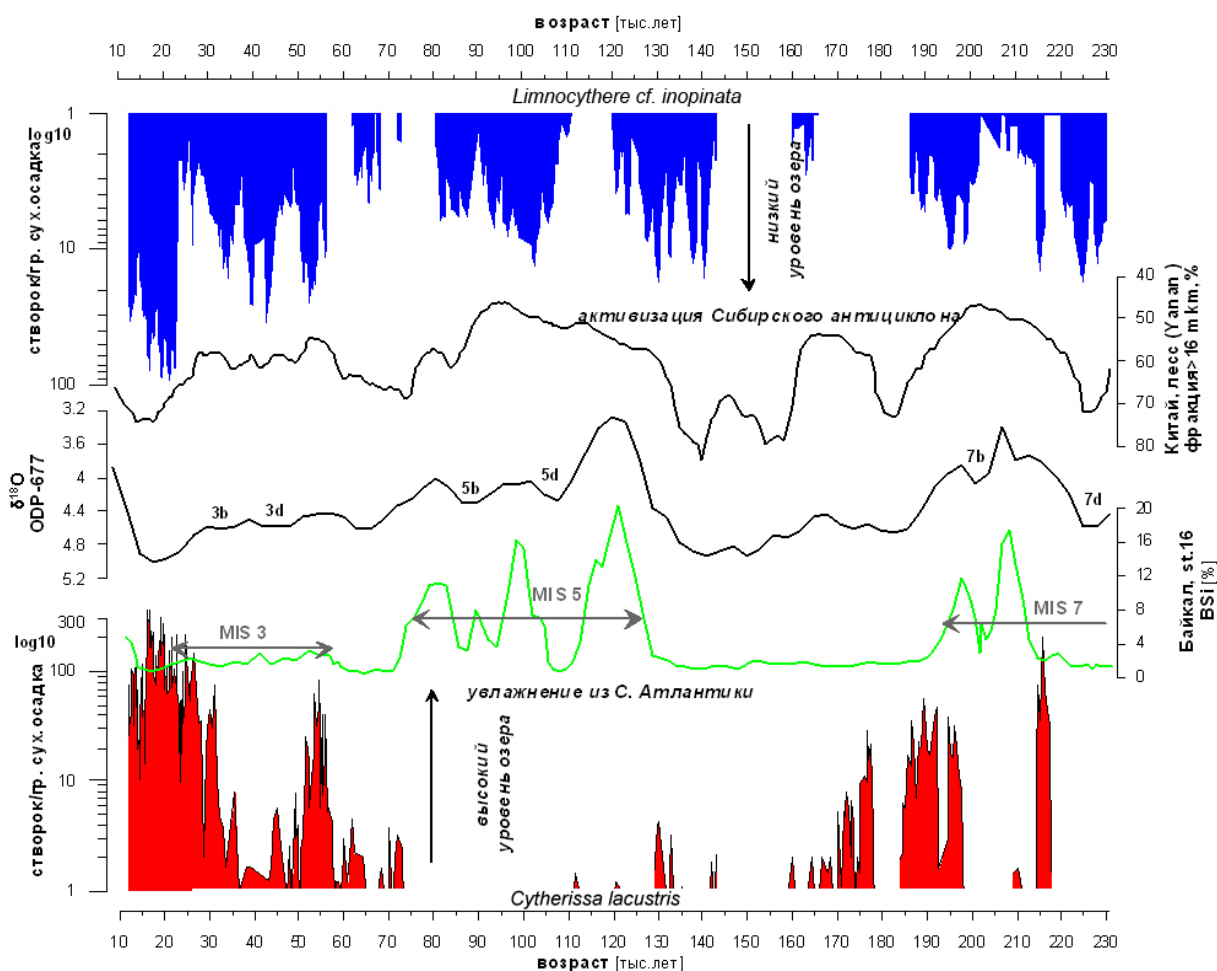


Рис. 4. Сравнение распределения *C. lacustris*, *L. cf. inopinata* и *Leucocythere* sp. из донных отложений оз. Хубсугул с климатическими кривыми, с профилем содержания биогенного кремнезема из донных отложений Байкала и профилем лёссов Китая (Shackleton et al., 1990; Грачев и др., 1997; Nugteren, Vandenberghe, 2004).

Одной из причин полного отсутствия остракод в некоторые периоды могло быть химическое растворение створок после их захоронения в донных отложениях, происходившее, по мнению И.Б. Мизандронцева (Федотов и др., 2001), в результате отсутствия свободной углекислоты, понижающей рН и способствующей растворению карбонатов. Отсутствие же углекислоты в донном осадке связано с отсутствием (или низким значением, менее 1%) органического углерода, накапливаемого в таких пресных водоемах, как Байкал и Хубсугул, за счет поступления органики, в том числе в виде диатомовых, а также пыли недревесных форм наземной растительности. Отметим, что в голоценовых осадках

Хубсугула, в которых присутствуют диатомовые, створки остракод полностью отсутствуют.

3.3. Распределение остракод в современный период

Три вида из 4-х, обитавших в плейстоценовом Хубсугуле, населяют озеро и в современный период, вид *Leucocythere* sp. не обнаружен. Всего в настоящее время в Хубсугуле констатировано обитание 12 видов рачков, из них только один – эндемик (*Cytherissa daschdorshi* Mazerova, 2006).

Показано, что виды *C. lepnevae*, *C. lacustris* и *C. daschdorshi* обитают в разных районах озера, тогда как вид *L. cf. inopinata* найден лишь в северной его части. Вид *L. cf. inopinata* найден на глубинах менее 50 м. Виды *C. lacustris* и *C. lepnevae* являются эврибатными, они обитают на глубинах до 200-220 м.

Остракоды в Хубсугуле обитают, начиная от приурезовой зоны (0 м) до глубины 220 м. Наибольшее количество видов (9) отмечено на глубинах от 4 до 30 м, с увеличением глубины количество видов уменьшается. Анализ количественных сведений Э.А. Ербаевой и Г.П. Сафронова (Erbaeva, Safronov, 2006) позволил показать, что количественное распределение остракод в Хубсугуле неоднородное. В мелководной зоне на глубинах от 0,5 до 50 м численность остракод не зависит от возрастания глубины ($p > 0,05$), но связана с типом грунта и наличием карбонатов – на песках и камнях с карбонатными отложениями численность остракод статистически достоверно меньше, чем на мягких грунтах без карбонатов ($r = -0,59$, $p < 0,05$). В зоне глубин от 50 до 260 м установлена статистически достоверная ($r = -0,58$, $p < 0,05$) тенденция к уменьшению численности остракод.

Таким образом, распределение остракод в современном оз. Хубсугул зависит от типа грунтов и наличия карбонатных отложений в зоне глубин от 0 до 50 м и батиметрического градиента от 50 до 220 м.

3.4. Сравнительная характеристика распределения

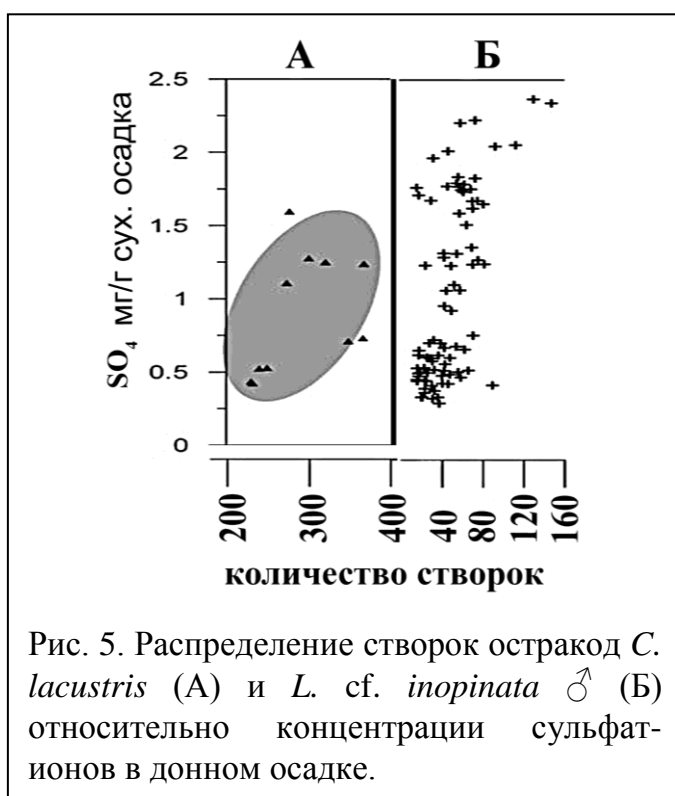
3 видов остракод в озерах Хубсугул и Байкал

В отличие от Хубсугула в Байкале остракоды видов *C. lepnevae*, *L. cf. inopinata* и *C. lacustris* обнаружены лишь в прибрежно-соровой зоне и прилегающих к нему водоемах, в открытом Байкале эти виды не встречены (Мазепова, 1990). В обоих озерах вид *C. lacustris* представлен как партеногенетическими самками, так и раздельнополыми особями, различающимися размерами раковины. Отметим, что Г.Ф. Мазепова (1990, 2006) считала, что партеногенетические самки соответствуют номинативному подвиду *C. lacustris lacustris*, а раздельнополые принадлежат подвидовым таксонам: *C. lacustris hovsogolensis* – в Хубсугуле и *C. lacustris baicalensis* – в Байкале.

Вид *L. inopinata* в обоих озерах в настоящее время представлен исключительно партеногенетическими самками.

ГЛАВА 4. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРТЕНОГЕНЕТИЧЕСКИХ И РАЗДЕЛЬНОПОЛЫХ ПОПУЛЯЦИЙ ВИДА *LIMNOCYTHERE INOPINATA* В ПЛЕЙСТОЦЕНЕ И СОВРЕМЕННЫЙ ПЕРИОД

Limnocythere inopinata является широко распространенным видом, характерной особенностью которого является наличие географического партеногенеза (Martens, 1994). Считается, что раздельнополые популяции обитали в плейстоцене при изменяющемся климате, тогда как современные партеногенетические самки предпочитают стабильные условия среды (Martens, 1998; Шорников, 2008), при этом замещение популяций раздельнополых особей на партеногенетические произошло в позднем плейстоцене после отступления ледников (Mckenzie, 1986; Chaplin et al., 1994). В настоящее время самцы свойственны водоемам, обогащенным магнием и бикарбонатами (Griffths, Horne, 1998); а также имеющим повышенную соленость (Yin, 1997).



В результате настоящих исследований выявлено, что за период 230-11 тыс. лет оз. Хубсугул населяли раздельнополые особи *L. cf. inopinata*, со встречаемостью в осадках до 76%. Установлено, что пики численности створок, принадлежащих самцам, приходились главным образом на холодные периоды климата, сопровождавшиеся низким уровнем воды и повышенной соленостью. В целом же раздельнополые особи обитали при широком спектре варьирования сульфат-ионов (рис. 5) и карбонатов в воде на фоне климатических изменений. Смена

половой структуры вида в оз. Хубсугул произошла, вероятно, при переходе от холодного периода МИС 2 к голоценовому межледниковью (~ 17 тыс. лет назад).

ГЛАВА 5. ВИДОВОЙ СОСТАВ И ПЛОТНОСТЬ ПОСЕЛЕНИЯ ОСТРАКОД В КАМЕНИСТОЙ ЛИТОРАЛИ ЮЖНОГО БАЙКАЛА

5.1. Видовой состав и встречаемость остракод

За период исследований на полигоне у м. Березовый зарегистрирован 21 вид остракод: 10 видов принадлежат роду *Candona*, 7 видов – роду *Pseudocandona*, 3 вида – роду *Cytherissa* и 1 вид – *Baicalocandona*. По частоте встречаемости 8 видов являются константными, 2 – второстепенными и 11 видов – случайными. Максимальное количество видов (16-17 видов) зарегистрировано в августе 2000 г. и июне-июле 2001 г., минимальное (8-10) – с осени 2000 г. по весну 2001 г. Выявленное для полигона видовое богатство остракод составляет всего 21% от общего количества видов, свойственного южной котловине озера. Из 21 вида ракушковых рачков, найденных на полигоне, 13 видов являются лито-псаммобионтами, 6 – литобионтами и 2 – псаммобионтами. Наличие псаммобионтных видов на каменистом биотопе связано с присутствием песчаных пятен под валунами и обломками.

5.2. Доли видов в таксоценозе остракод и возрастная структура доминирующего вида *C. obrutshevi*

В таксоценозе остракод по численности доминировали до 3 видов в месяц, из них *Cytherissa obrutshevi* преобладал в течение 13 месяцев исследований, *P. alta* – 9, *C. rupestris* – 8, *P. herbigrada* – 3 и *C. golyschkiniae* – 2 месяцев. Четыре последних вида отнесены также к категории субдоминантов и второстепенных видов в другие месяцы исследований.

Выявлено, что взрослые особи *C. obrutshevi* преобладали по численности в ноябре – декабре 2000 г. и составляли 60-80% (рис. 6). В это время численность вида была незначительной. В другие месяцы доминировали личинки разных возрастов, при этом наибольшая доля личинок, находившихся на самых ранних стадиях развития, отмечена в июле и августе (более 50%). Пики численности этого вида, отмеченные в феврале, затем в июле-августе 2001 г., возникали за счет увеличения доли молодежи в популяции (до 90%).

Таким образом, одна из причин колебаний численности видов остракод, вероятно, связана с периодами размножения и выхода молодежи из яиц.

5.3. Изменения плотности поселения остракод в разные биологические сезоны года

Выявлено, что плотность поселения остракод в зимний (с января по март),

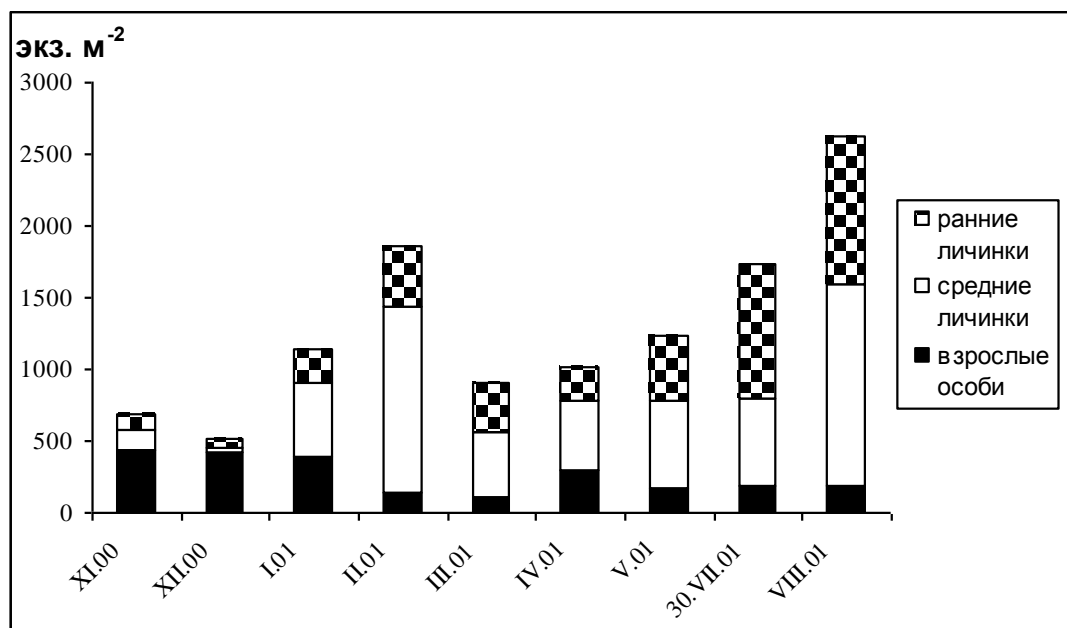


Рис. 6. Возрастная структура доминирующего вида *C. obrutshevi*.

весенний (апрель-май) и летний (июнь-сентябрь) периоды варьировала от 4 тыс. до 5,5 тыс. экз.·м⁻², что в 2-3 раза больше, чем в осенний период (октябрь-декабрь, 1944 экз.·м⁻²). Между тем, статистически достоверные различия по критерию Фишера между биологическими сезонами, подразделенными по Г.С. Каплиной (1974), не выявлены ($p > 0,05$). Однако, показано, что в сентябре 2000 г. был статистически достоверный максимум развития численности остракод. Мы предполагаем, что это было связано с появлением в таксоценозе остракод молоди различных видов, размножающихся в летние месяцы.

Так как остракоды являются в большинстве случаев растительно- и детритоядными (Бронштейн, 1947), проведен корреляционный анализ численности остракод с динамикой развития фитопланктона в литорали полигона, опубликованной Н.А. Бондаренко, Н.Ф. Логачевой (2009) и фитобентоса каменистой литорали юго-западной части Байкала (Помазкина, 2000).

Выявлена статистически достоверная корреляция ($p < 0,5$) между плотностью поселения остракод и численностью фитопланктона в период исследований (рис. 7), тогда как статистически значимая корреляция с бентосными диатомовыми водорослями не выявлена ($p > 0,5$), возможно, из-за несовпадений межгодовых летних пиков развития остракод и фитобентоса.

5.4. Сравнение с литературными сведениями о распределении остракод в каменистой литорали Южного Байкала

Приведены литературные сведения о видовом составе и распределении остракод в каменистой литорали бухты Б. Коты за 1967-1968 гг. (Окунева, 1974),

показаны сходство и различия с собственными результатами исследований. Выявлено, что плотности поселения остракод, зарегистрированные с интервалом около 30 лет на обоих участках дна юга-запада Байкала, имели значения одного порядка.

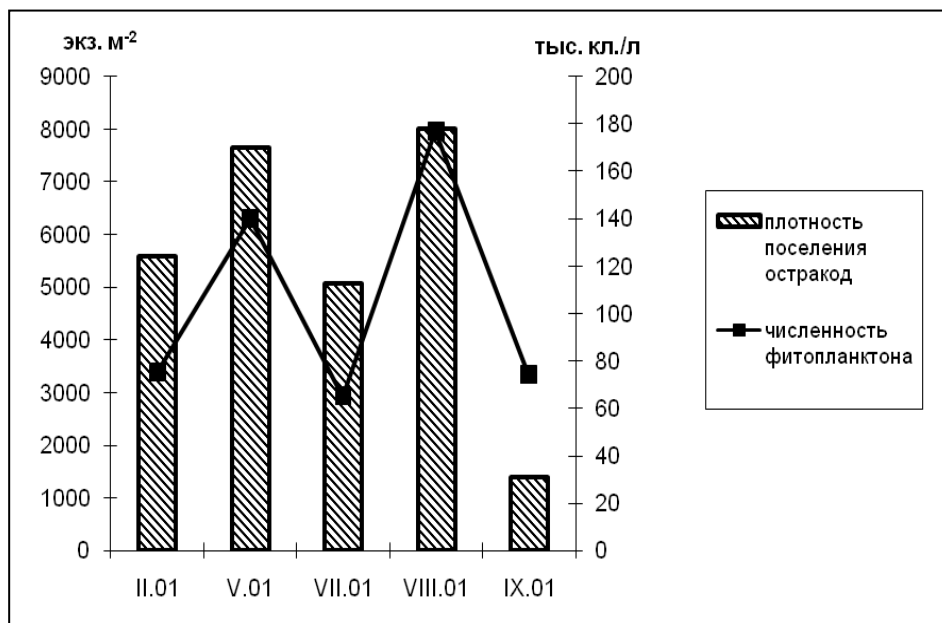


Рис. 7. Плотность поселения остракод и численность фитопланктона с февраля по сентябрь 2001 г. (коэф. кор.= 0,74).

5.5. Видовой состав остракод, вмержающих в весенний лед Байкала

Впервые (Механикова, Побережная, Ситникова, 2009) в талой воде льда Байкала обнаружено 4 эндемичных вида остракод (7 экземпляров): *Cytherissa obrutshevi*, *C. golyschkiniae*, *Pseudocandona saxatilis* и *P. gajewskajae*. Все особи, кроме одной, имели целые раковины, конечности и внутренние органы, но только две из них (*C. golyschkiniae* и *P. gajewskajae*) были живыми. Все виды характеризуются хорошо выраженной скульптурой на створках. В диссертации приведены микрофотографии створок всех видов с подробными сведениями о морфологии.

Известно, что в межкристаллических порах льда активно развиваются бактерии, микроводоросли и инфузории (Оболкина и др., 1999; Bondarenko et al., 2005), которые являются кормом для беспозвоночных. Поэтому высказано предположение, что основной причиной, побуждающей остракод добираться до льда, является наличие кормовых ресурсов. Способы преодоления толщи воды около 3 м могут быть различными – пассивными, например, с льдинками, образующимися на дне и затем всплывающими, или активными – по водорослевым нитям, которые, согласно Тимошкину с соавторами (2000), пронизывают толщу льда и свисают до дна озера. Таким образом, доминирующие в каменистой

литорали виды остракод, вероятно, входят в подледное весеннее сообщество оз. Байкал.

ВЫВОДЫ

1. Из 12 видов остракод, населяющих оз. Хубсугул в настоящее время, 3 вида – *Candona lepnevae*, *Cytherissa lacustris* и *Limnocythere* cf. *inopinata* – обнаружены в плейстоценовых донных отложениях этого озера. Четвертый вид *Leucocythere* sp. в современном озере не зарегистрирован.

2. Распределение остракод в Хубсугуле в плейстоцене (230-11 тыс. лет назад) было связано с глобальными изменениями климата, уровнем воды и химическим составом вод озера. Виды *Limnocythere* cf. *inopinata* и *Leucocythere* sp. доминировали по численности в холодные периоды, характеризовавшиеся низким уровнем воды и повышенным содержанием водорастворимых солей. В межледниковые (теплые) периоды, с высоким уровнем воды и низкой минерализацией вод, по численности преобладал вид *Cytherissa lacustris*.

3. Выявлено, что вид *Limnocythere* cf. *inopinata* в течение плейстоценового периода был представлен в Хубсугуле раздельнополыми особями, обитавшими в условиях изменяющегося климата и колебаний концентрации сульфатов в воде. Высказано предположение, что смена на партеногенетическую популяцию, населяющую современный Хубсугул, произошла после глобального похолодания МИС 2 (~ 17 тыс. лет назад).

4. Выяснено, что в современном оз. Хубсугул плотность поселения остракод зависит от типа грунтов и батиметрии озера. Вид *Limnocythere* cf. *inopinata* (партеногенетические самки) известен только из мелководья северной части озера, два вида – *Cytherissa lacustris* и *Candona lepnevae* – распространены по всей его акватории до глубин свыше 200 м. В Байкале эти виды обитают только в прибрежно-соровой зоне (глубины до 50 м) и в прилегающих водоемах (до 10 м).

5. В литоральной зоне на каменистых грунтах у мыса Березовый (Южный Байкал) в течение года зарегистрирован 21 вид эндемичных остракод, 90% из них являются типичными обитателями каменистых и каменисто-песчаных грунтов мелководной зоны озера. Количество доминирующих видов варьировало от 2 до 4, один из них – *Cytherissa obruchevi* – преобладал по численности в течение всего периода исследований, другие – в отдельные месяцы.

6. Колебания плотности поселения остракод в каменистой литорали оз. Байкал статистически достоверно коррелируют с развитием пищевых ресурсов, а также зависят от репродуктивных особенностей видов. Высказано предположение, что остракоды поднимаются со дна к нижней поверхности весеннего льда озера вслед за развитием в его полостях бактерио- и фитопланктона.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК

1. Федотов А.П. Вариации изотопного состава кислорода и углерода в створках остракод из озера Хубсугул (Монголия) и изменения регионального палеоклимата за последние 140 тыс. лет / А.П. Федотов, А.В. Игнатъев, **А.Е. Побережная** [и др.] // Докл. АН. – 2006. – Т. 409, № 6. – С. 816–818.

2. Механикова И.В. О вмержании в лед озера Байкал литоральных беспозвоночных / И.В. Механикова, **А.Е. Побережная**, Т.Я. Ситникова // Зоологический журнал. – 2009. – Т. 88, № 3. – С. 259–262.

3. **Побережная А.Е.** Морфология пор трех видов остракод из плейстоценовых отложений оз. Хубсугул / **А.Е. Побережная** // Изв. Иркут. гос. ун-та. Сер. Биология. Экология. – 2012. – № 4. – С. 127–129.

Прочие статьи

4. **Poberezhnaya А.Е.** Paleoeological and paleoenvironmental record of the Late Pleistocene record of Lake Khubsugul (Mongolia) based on ostracod remains / **А.Е. Poberezhnaya**, А.Р. Fedotov, Т.Ya. Sitnikova [et al.] // J. Paleolimnol. – 2006. – Vol. 36. – P. 133–149.

Главы в коллективных монографиях

5. Мазепова Г.Ф. Остракоды (Ostracoda) озера Хубсугул / Г.Ф. Мазепова, **А.Е. Побережная** // Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного бассейна. – Новосибирск: Наука, 2009. – Т. 2, кн. 1. – С. 579–584.

6. Мазепова Г.Ф. Видовой состав и сезонное распределение ракушковых рачков на урочище валунно-галечного субстрата западной литорали Южного Байкала / Г.Ф. Мазепова, **А.Е. Побережная**, Т.Я. Ситникова, О.А.Тимошкин // Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного бассейна. – Новосибирск: Наука, 2009. – Т. 2, кн. 1. – С. 874–887.

Статья в сборнике

7. **Побережная А.Е.** Партеногенез у остракод вида *Limnocythere inopinata* Baird, 1843 (Limnocytheridae) в озере Хубсугул и абиотические факторы среды / **А.Е. Побережная** // В сборнике: Развитие жизни в процессе абиотических изменений на земле. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2008. – С. 376–380.

Тезисы докладов

8. **Побережная А.Е.** Ракушковые рачки из донных отложений озера Хубсугул / **А.Е. Побережная**, А.П. Федотов, Г.Ф. Мазепова // Тез. докл. международной конференции “Научные основы сохранения водосборных бассейнов:

междисциплинарные подходы к управлению природными ресурсами“. – Улан-Удэ: Изд-во Бурятского научного центра СО РАН, 2004. – Т. 1. – С. 175–176.

9. **Побережная А.Е.** Ракушковые рачки из донных отложений озера Хубсугул / **А.Е. Побережная**, А.П. Федотов, Г.Ф. Мазепова // Сибирская зоологическая конференция. Тез. докл. всероссийской конференции, посвященной 60-летию Института систематики и экологии животных СО РАН. – Новосибирск: ИСиЭЖ СО РАН, 2004. – С. 68.

10. **Poberezhnaya E.A.** Late Pleistocene ostracods from Lake Hövsgöl (Mongolia) / **А.Е. Poberezhnaya** // Abstracts of 15th International Symposium on Ostracoda. – Berlin: Berliner Paläobiologische Abhandlugen, 2005. – Bd. 6. – P. 97–98.

11. **Poberezhnaya A.E.** Ostracods from bottom sediments of Lake Khovsgol / **А.Е. Poberezhnaya**, А.Р. Fedotov, G.F. Mazepova // Abstracts of Third International Conference “Environmental Change in Central Asia”. – Ulaanbaatar, 2005. – Vol. 3. – P. 92.