

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ НА ЮГЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ В ГОЛОЦЕНЕ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ АНАЛИЗА АССОЦИАЦИЙ ОСТРАКОД

Л.Б. Хазин¹, И.В. Хазина¹, С.К. Кривоногов^{2,3}, Я.В. Кузьмин^{2,4},
А.А. Прокопенко⁵, С. И⁶, Дж.С. Бурр⁷

¹ Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН,
630090, Новосибирск, просп. Академика Коптюга, 3, Россия

² Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН,
630090, Новосибирск, просп. Академика Коптюга, 3, Россия

³ Новосибирский государственный университет, 630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 2, Россия

⁴ Томский государственный университет, 634050, Томск, ул. Ленина, 36, Россия

⁵ University of Cologne, 100 Albertus-Magnus-Platz, D-50923, Cologne, Germany

⁶ Korean Institute of Geoscience and Mineral Resources, Gwang-ro 124, Yuseong-gu, 305-350, Daejeon, South Korea

⁷ University of Arizona, Tucson, AZ 85721, USA

Представлена сводка данных по микрофауне остракод из средневерхнеголоценовых озерных отложений юга Западной Сибири, полученных в последние годы. Объекты исследования: озера Малые Чаны, Большая Ложка, Белое и палеозеро Чича. Всего определено 28 видов остракод. Выявленные ассоциации отражают локальные особенности озерных экосистем, вместе с тем их изменения показали общие тенденции, которые могут связываться с региональными и глобальными изменениями климата. Похолодание второй половины суббореального периода отмечено сменой теплолюбивой и мезогалинной ассоциации на более холодолюбивое сообщество остракод группы кандонид около 3.4 тыс. календарных лет назад (кал. тлн). Распространение мезополитермофильных форм остракод в интервале 1.9—0.6 кал. тлн свидетельствует об окончании холодной климатической фазы и снижении уровней озер. С 0.6 кал. тлн до наших дней ассоциации остракод отличаются большим видовым разнообразием, вероятно, отражающим возросшую изменчивость водных экосистем из-за изменений уровня воды в озерах и солености. Выявленные по ассоциациям остракод климатические изменения совпадают с таковыми по палинологическим данным, обсужденным в статье.

Остракоды, голоцен, палеонтология, климатостратиграфия, палеоэкология, юг Западной Сибири.

HOLOCENE CLIMATE CHANGES IN SOUTHERN WEST SIBERIA BASED ON OSTRACOD ANALYSIS

L.B. Khazin, I.V. Khazina, S.K. Krivonogov, Ya.V. Kuzmin, A.A. Prokopenko, S. Yi, and G.S. Burr

The study presents a summary of the latest data on ostracod microfaunas from Middle–Upper Holocene lacustrine deposits of southern West Siberia collected from lakes Malye Chany, Bol'shaya Lozhka, Beloe, and paleolake Chicha. A total of 28 ostracod species were identified. The identified ostracod assemblages reveal local variations in the lake ecosystems as well as general trends, which can be correlated with both regional and global climate changes. A cooling episode during the second half of the Subboreal is marked by the transition from a warm-water mesohaline assemblage to cold-water candonid ostracods at ca. 3.4 cal ka BP. The widespread occurrence of mesopolythermophilic ostracod species at 1.9–0.6 cal ka BP indicates the end of cooling and lowering of lake-water level. From 0.6 cal ka BP to present, the ostracod assemblages area characterized by the high specific diversity, which is probably an indication of the increased variability of aquatic ecosystems due to fluctuations in salinity and water levels of the lakes. Climate changes identified by ostracod assemblages are consistent with the climatic trend constrained by early palynological studies.

Ostracods, Holocene, paleontology, climatostratigraphy, paleoecology, southern West Siberia

ВВЕДЕНИЕ

Остракоды — самая массовая группа скелетных гидробионтов во всех типах пресноводных биотопов голоцена. Как палеобиологический объект и инструмент палеогеографических реконструкций они обладают уникальным сочетанием популяционных, морфофизиологических и экологических характеристик: коротким жизненным циклом, высокими темпами размножения, хорошей сохранностью в та-

фоценозах многочисленных скелетных остатков взрослых и личиночных стадий. Виды остракод сохраняют свою экологическую специализацию и избирательность к физико-химическим условиям водоемов, таким, как температура и соленость, т. е. могут служить индикаторами их изменений.

Реконструкция изменений окружающей среды и климата голоцена на юге Западной Сибири ранее выполнялась в основном по палинологическим данным с помощью радиоуглеродного датирования [Хотинский, 1977; Орлова, 1990; Левина, Орлова, 1993; Архипов, Волкова, 1994; Blyakharchuk et al., 2003; Хазина, 2006]. Микрофаунистические данные использовались значительно в меньшей степени [Хазин, Хазина, 2008; Хазин и др., 2009; Krivonogov et al., 2012a]. Цель данной статьи — обобщить данные по фауне остракод из отложений озер юга Западной Сибири, исследованных в последнее время, и обсудить совместно результаты микрофаунистического, палинологического и радиоуглеродного анализов для создания целостной картины истории развития водоемов и климата обозначенного региона.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Остатки микрофауны были исследованы в четырех озерных котловинах юга Западной Сибири (Барабинская равнина): озера Малые Чаны, Ложка, Белое и палеозеро Чича (рис. 1). Материал для исследования собирался из озерных отложений, которые бурились вибрационным методом (координаты точек бурения указаны в табл. 1). Отбор керн осуществлялся модифицированным поршневым буром Ливингстона в латунную (для мягких осадков) или стальную (для уплотненных осадков) трубу длиной 2 м и диаметром 7.6 см. В результате получалась недеформированная колонка керна, в которой были сохранены текстуры и структуры исходного осадка. Бурение отложений озер производилось с надвунного понтона. Спущенное палеозеро Чича бурилось с земли разведочным пробоотборником диаметром 4 см, представляющим собой трубу длиной 1 м с продольной прорезью. Этот пробоотборник не защищен от загрязнения керна и возможен захват породы из других слоев во время его опускания, а также поднятия. Обычно удаление налипшей в области прорези породы в значительной степени решает проблему загрязнений, однако из-за высокой вязкости водонасыщенных суглинков местонахождения Чича не всегда было возможно обеспечить чистоту вынимаемых кернов. Это могло вызвать несоответствия в результатах радиоуглеродного датирования (см. табл. 1), тем не менее ассоциации остракод и палинологические данные не показали искажений, которые можно было бы связывать с загрязнением.

При извлечении раковин остракод из отложений использовалась навеска 100 г для обеспечения сопоставимости результатов подсчета створок в образцах. Дезинтегрированная в воде порода пропускалась через сито с размером ячеек 0.067 мм. Раковины остракод отбирались из отмытого и просушенного образца под биноклем МБС-10 и затем исследовались под микроскопом Zeiss Stemi 2000.

Радиоуглеродное датирование отложений выполнялось методом ускорительной масс-спектрометрии (AMS) в лабораториях Университета Аризоны (AA), Океанографического института Вудс-Хол (OS), Корейского института наук о Земле и минеральных ресурсов (ISa, ICa) и Beta Analytic Inc. (Beta), а также сцинтилляционным методом в лаборатории ИГМ СО РАН (СОАН). Калибровка датировок проводилась при помощи программы Calib 7.0 [Reimer et al., 2013] с доверительным интервалом 2-sigma. Даты, нарушающие стратиграфическую последовательность, не учитывались при интерпретации возрастов отложений и реконструируемых событий (см. комментарии к табл. 1).

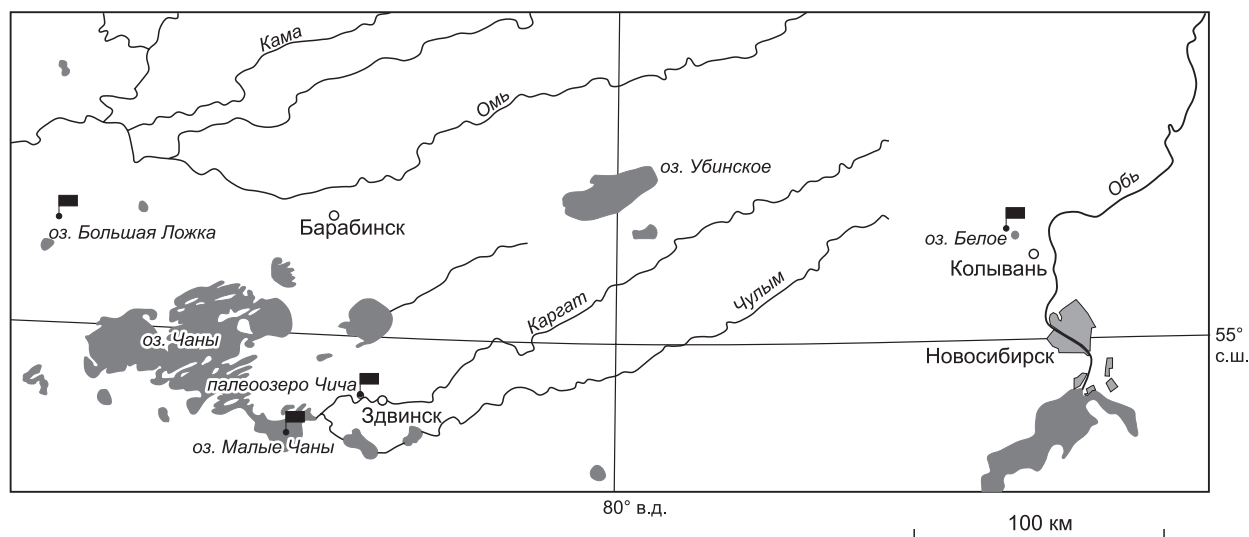


Рис. 1. Местоположение объектов исследования.

Таблица 1. Результаты радиоуглеродного датирования отложений исследованных озер (для озер указаны координаты точек и годы бурения)

Глубина, см	Лаб. номер	Материал	¹⁴ C возраст, лет назад	δ ¹³ C	Калиб. возраст, лет назад
Оз. Малые Чаны, 54.52029269° с.ш., 78.01266376° в.д., 2005 г.					
50	ISa100109	Органическое вещество осадка	580 ± 40	-29.3	530—650
100	ISa100110	»	1930 ± 50	-29.4	1770—1990
132—134	ICa100027	Раковины пресноводных двустворок	4130 ± 50	-11.0	4530—4830 ^a
165—166	ISa100111	Торф	3050 ± 50	-28.7	3140—3380
208—210	ICa100028	Раковины <i>Lymnaea</i>	2490 ± 40	-9.1	2430—2740 ^a
Оз. Большая Ложка, 55.67964° с.ш., 76.78902° в.д., 2006 г.					
31—33	AA-79419	Сапропель	560 ± 35	-25.9	520—570
37—39	AA-79420	»	840 ± 35	-26.9	680—800
88.5—90.5	AA-83695	»	1810 ± 40	-22.9	1690—1830
148.5—150.5	AA-83696	»	2690 ± 35	-30.0	2750—2850
242—243	AA-79016	Древесина	9310 ± 55	-24.8	10370—10660
Палеозеро Чича, 54.70355556° с.ш., 78.58016667° в.д., 2004 и 2005 гг.					
53.4—56.2	OS-54431	Обломки раковин <i>Lymnaea</i>	2530 ± 35	-10.81	2490—2750
375—379	OS-54430	Обломки раковин <i>Anadonta</i>	3230 ± 35	-9.55	3380—3560
370—380	AA-60200	Плод <i>Potamogeton pectinatus</i> L.	3495 ± 50	-16.8	3640—3890 ^b
457—458.8	OS-54429	Обломки раковин моллюсков	3160 ± 25	-9.41	3350—3450 ^a
477—478.8	OS-54428	»	3760 ± 40	-9.3	4060—4240
495—496.8	OS-54427	»	8630 ± 40	-5.28	9530—9680
Береговая линия	OS-54432	»	2960 ± 40	-9.51	2990—3230 ^c
Оз. Белое, 55.387673° с.ш., 82.696985° в.д., 2002—2005 гг. [Krivonogov et al., 2012a]					
47—48	AA-86186	Сапропель	3110 ± 45	-21.8	3210—3410
54	Beta-190690	»	3190 ± 40	-22.3	3340—3480
100—104	COAH-7737	»	3960 ± 50	—	4250—4530
135	Beta-175243	»	5120 ± 50	-27.2	5740—5950

^a Даты не используются, поскольку не согласуются с датой 3050 ± 50 л.н., сделанной по торфу. Торф считается более надежным материалом датирования, чем раковины моллюсков [Вагнер, 2006].

^b Дата не используется, так как она получена из керна скважины 2004 г., тогда как остальные даты — из керна 2005 г. Возможно несоответствие глубин между этими скважинами.

^c Дата не используется из-за несоответствия соседним датам. Возможно, она получена из материала вышележащих слоев (загрязнение керна, см. «Материалы и методы»).

^d Дата получена из отложений береговой линии палеозера Чича около берегового обрыва, на котором расположено поселение Чича-1. Вероятно, эта дата отмечает время спуска палеозера.

Реконструкция изменений условий водоема и окружающей среды выполнялась по присутствующим выявленным сообществам остракод показателям температуры воды, солености и глубины водоема [Практическое руководство..., 1989; Meisch, 2000]. Для сопоставления обнаруженных по экологии остракод изменений условий водоемов с региональными климатическими изменениями использовались палинологические данные, полученные по тем же озерам [Хазина, 2006; Хазин, Хазина, 2008; Хазин и др., 2009; Krivonogov et al., 2012a], и палеоклиматические обобщения по югу Западной Сибири [Левина, Орлова, 1993; Архипов, Волкова, 1994; Blyakharchuk et al., 2003].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ОСТРАКОД

Озеро Малые Чаны — пресное, расположено на территории Купинского и Здвинского районов Новосибирской области. Площадь озера 200 км², средняя глубина 1.4 м, минерализация 0.8 г/л. Озеро находится на абсолютной высоте 106 м, соединяется протокой с более крупным и соленым оз. Чаны. В Малые Чаны впадают реки Каргат и Чулым.

Приблизительно в центре озера была пробурена скважина глубиной 360 см. Мощность озерных отложений составляет 300 см. Отложения представлены в нижней части коричневатого-серым глинистым

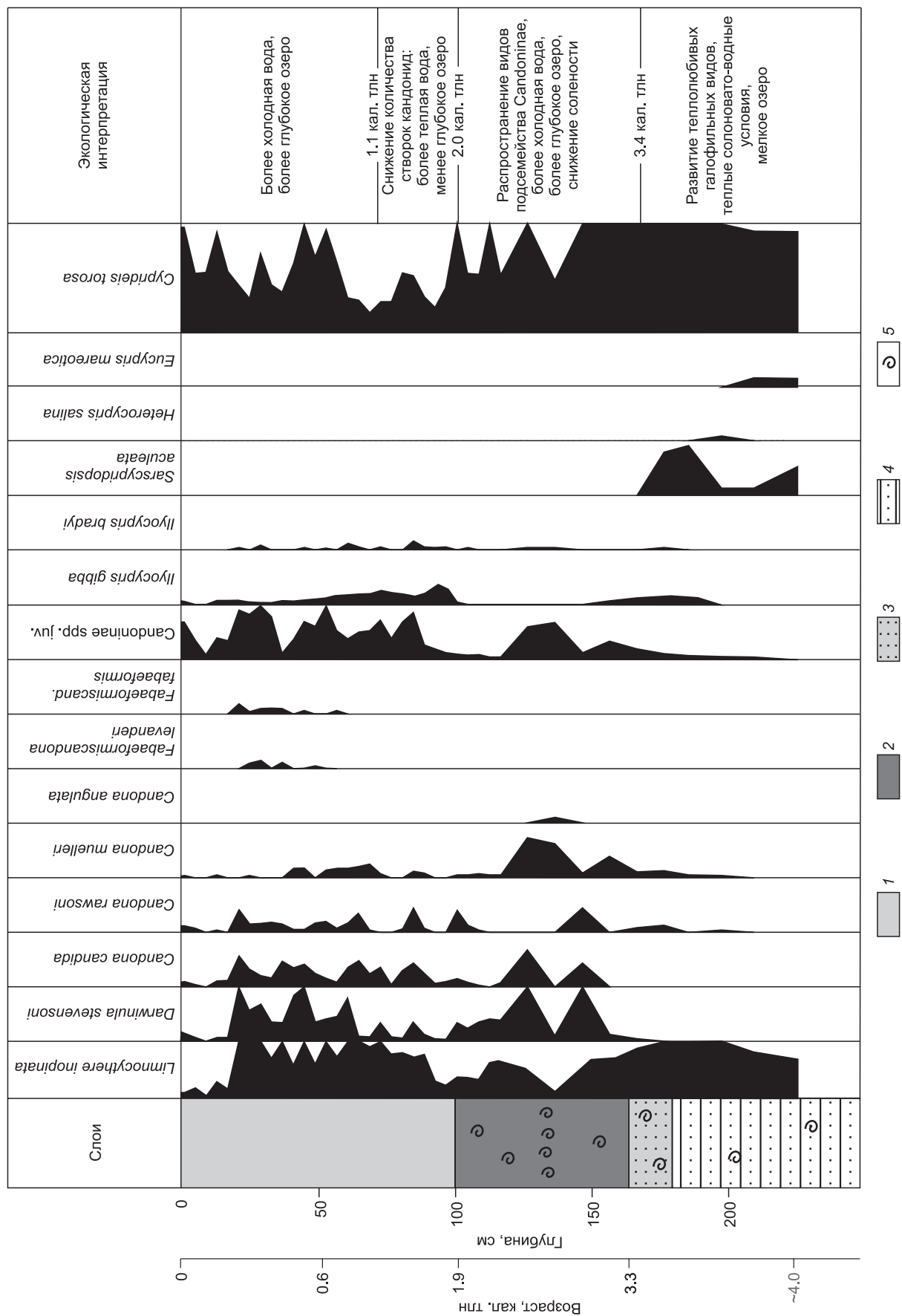


Рис. 2. Строчение отложений оз. Малые Чаны, диаграмма распространения остракод и их экологическая интерпретация.

Здесь и далее: ширина столбца эквивалентна 100 экземплярам. 1 — иловатый сапропель, 2 — сапропелевый суллик, 3 — песчаный сапропель, 4 — глинистый сапропель, 5 — раковины моллюсков.

песком, а в верхней — серым сапропелевым суглинком, переходящим в глинистый сапропель (рис. 2). Отложения охарактеризованы пятью радиоуглеродными датами, две, полученные по раковинам моллюсков, показывают стратиграфическую непоследовательность (см. табл. 1), причины которой труднообъяснимы. Если существенно более древняя дата 4130 ± 50 л.н., полученная по раковинам мелких двустворок, могла бы быть объяснена резервуарным эффектом или поглощением моллюсками древнего углерода [Вагнер, 2006], то значительно более молодая дата 2490 ± 40 л.н. по тонкостенным непереотложенным раковинам *Lytnaea* — только случайным (не связанным с бурением и пробоотбором) загрязнением. Поэтому для определения возраста отложений мы используем даты, полученные по органическому веществу и торфу, которые позволяют предполагать формирование отложений оз. Малые Чаны в течение 6—7 тыс. лет.

В интервале 0—228 см было обнаружено 15 видов остракод (табл. 2). В нижней части на глубине 228—170 см (4.0—3.3 кал. тлн) ассоциация остракод включает *Cyprideis torosa*, *Limnocythere inopinata*, *Sarscypridopsis aculeata*, *Heterocypris salina* и *Eucypris mareotica* (см. рис. 2), причем первые два вида, в особенности *Cyprideis torosa*, представлены тысячами створок и раковин. Условия среды в это время максимально соответствовали требованиям данных двух видов: озеро представляло собой неглубокий, хорошо прогреваемый бассейн со спокойной водой, мягким, насыщенным кислородом грунтом и соленостью порядка 11 ‰ [Семенова, 1980; Meisch, 2000]. Низкая соленость и накопление глинистого песка

Таблица 2. Виды остракод, встреченные в отложениях исследованных озер

Вид	Малые Чаны	Чича	Белое	Большая Ложка
<i>Cyprideis torosa</i> (Jones)				
<i>Limnocythere inopinata</i> (Baird)				
<i>Candona candida</i> (Müller)				
<i>Candona neglecta</i> Sars				
<i>Candona rawsoni</i> Tressler				
<i>Candona muelleri</i> Hartwig				
<i>Candona angulata</i> Müller				
<i>Candona hyalina</i> Brady et Robertson				
<i>Fabaeformiscandona fabaeformis</i> (Fisher)				
<i>Fabaeformiscandona levanderi</i> (Hirschmann)				
<i>Pseudocandona sarsi</i> (Hartwig)				
<i>Pseudocandona stagnalis</i> (Sars)				
Candoninae spp. juv.				
<i>Darwinula stevensoni</i> (Brady et Robertson)				
<i>Ilyocypris bradyi</i> Sars				
<i>Ilyocypris gibba</i> (Ramdohr)				
<i>Sarscypridopsis aculeata</i> (Costa)				
<i>Heterocypris salina</i> (Brady)				
<i>Eucypris mareotica</i> (Fisher)				
<i>Eucypris pigra</i> (Fisher)				
<i>Cyclocypris laevis</i> (Müller)				
<i>Cyclocypris globosa</i> (Sars)				
<i>Cyclocypris ovum</i> (Jurine)				
<i>Cypridopsis vidua</i> (Müller)				
<i>Trajancypris laevis</i> (Müller)				
<i>Cypris pubera</i> Müller				
<i>Cytherissa lacustris</i> (Sars)				
<i>Limnocytherina sanctipatricii</i> (Brady et Robertson)				

Примечание. Серая заливка — вид присутствует, белая — вид отсутствует.

были связаны с поступлением воды и осадков из рек Каргат и Чулым. Возможно, в нижней части этого интервала соленость была несколько выше, на что указывает присутствие галофильного вида *Eucypris mareotica* [Шорников, 2007], однако количество его створок незначительно. Наличие довольно большого количества створок мезореофильного вида *Sarscypridopsis aculeata* совместно с мезополиреофильным *Heterocypris salina* указывает на соленость около 10 ‰, температуру воды около 15 °С (оптимум для *H. salina*) и несомненную подвижность воды [Meisch, 2000]. Также последние два вида указывают на высокое содержание кальция в воде — более 70 мг/л.

Выше глубины 170 см (3.3 кал. тлн) из ассоциации остракод исчезают виды *S. aculeata*, *H. salina* и *E. mareotica*, а чуть ниже этой границы появляются виды группы кандонид — *Candona rawsoni* и *C. muelleri*. С глубины 160 см (3.1 кал. тлн) к ним добавляются *C. candida* и *C. weltneri*. В интервале 155—125 см (3.0—2.5 кал. тлн) створки остракод кандонидовой группы достигают существенных концентраций, а суммарное количество их раковин (вместе с неопределимыми раковинами личиночных стадий) превосходит количество створок вида *Cyprideis torosa*. По-видимому, этот интервал ознаменовался похолоданием, максимум которого пришелся на отметку 140 см (2.8 кал. тлн), где количество створок кандонид достигло наибольшего значения, резко сократилось количество *L. inopinata* и *C. torosa*, в небольших количествах появился криофильный *I. bradyi*.

Начиная с глубины 128 см, створок видов рода *Candona* становится все меньше, и они полностью исчезают на глубине 110 см (2.2 кал. тлн), т. е. близ границы между сапропелевым суглинком и иловатым сапропелем. Одновременно растет количество створок *L. inopinata*, скачкообразно увеличивается *C. torosa*. Вероятно, в это время произошло потепление, а соленость и, возможно, уровень воды были изменчивы.

Слой иловатого сапропеля отмечает следующий этап развития озера. Увеличилось таксономическое разнообразие и количество створок кандонид, появились *Fabaeformiscandona fabaeformis* и *F. levan-deri*. Это предполагает снижение температуры и солености воды, достигших своего минимума на отметке 65 см (0.8 кал. тлн). Холодный этап закончился на отметке 20 см (0.25 кал. тлн), и водоем стал более теплым, близким к современному. Следует отметить, что во всех слоях отложений оз. Малые Чаны выше 170 см были обнаружены бугристые формы вида *C. torosa*. Предполагая, что их появление связано с экологическими условиями [Meisch, 2000], можно сделать вывод — соленость воды в этом интервале не превышала 5 ‰.

Озеро Большая Ложка расположено в западной части Новосибирской области на окраине районного центра Венгерovo. Скважина, пробуренная в центре озера, вскрыла толщу озерных осадков, сложенную слоистым сапропелем мощностью 247 см (рис. 3). Сапропель подстилается песками, встречающимися повсеместно в этом районе. На границе сапропелей и песков лежит 3—4-сантиметровый слой песков с древесными остатками. Радиоуглеродное датирование (см. табл. 1) показало, что, вероятнее всего, основание озерных отложений имеет возраст не древнее 5—6 кал. тлн, а подстилающий их слой с древесными остатками — 10.5 кал. тлн, т. е. между ними есть стратиграфический перерыв. Сами подстилающие пески, вероятно, являются еще более древним образованием, на что указывает радиоуглеродная дата 44100 ± 2000 (AA-83699), полученная по раковинам моллюсков в береговом обрыве р. Омь на расстоянии менее 1 км к югу от озера.

Ассоциация остракод включает 14 видов (см. табл. 2). Распределение остракод по разрезу неравномерное. Они массово присутствуют в нижней (интервал 270—230 см) и в верхней (70—0 см) частях, в небольших количествах — в узком интервале средней части разреза (168—160 см). В песках, подстилающих основание озерной толщи, преобладают виды *Candona candida*, *Pseudocandona sarsi* и *Eucypris pigra*. Суммарная доля створок этих видов в образцах достигает 70 % (см. рис. 3). Эти три вида характеризуют мелкий водоем с холодной, практически пресной водой, возможно, пересыхавший в летние месяцы, на что указывает большое количество створок вида *Pseudocandona sarsi*. Этот комплекс, согласно приведенной выше радиоуглеродной дате, отражает обстановки доголоценового времени, по-видимому, позднего плейстоцена.

В интервале 247—230 см количество створок холодолюбивых видов *Candona candida* и *Eucypris pigra* незначительно, вплоть до полного их исчезновения. Появляется *Limnocythere inopinata*, который постепенно становится доминантом. Этот теплолюбивый вид отражает условия довольно теплого озера. Также присутствует эвритермный вид *Darwinula stevensoni*, а *Limnocythere inopinata* и *Darwinula stevensoni*, относящиеся к мезогалофильному ряду, говорят об относительно высокой солености озера, однако, судя по отсутствию ярко выраженных галофилов, соленость в этом интервале была не выше 5 ‰.

В средней части разреза (168—160 см, 3 кал. тлн) обнаружены виды, характеризующие заросший растительностью водоем с умеренно-теплыми водами и высоким содержанием Са, что свидетельствует о большом количестве створок мезополититанофильного вида *Cyclocypris laevis*.

В верхней части разреза, особенно после 0.5 кал. тлн, преобладают створки *Candona candida* и личинки подсемейства Candoninae, в небольших количествах присутствуют *Limnocythere inopinata* и *Cyclocypris laevis*, что указывает на снижение температуры воды в озере.

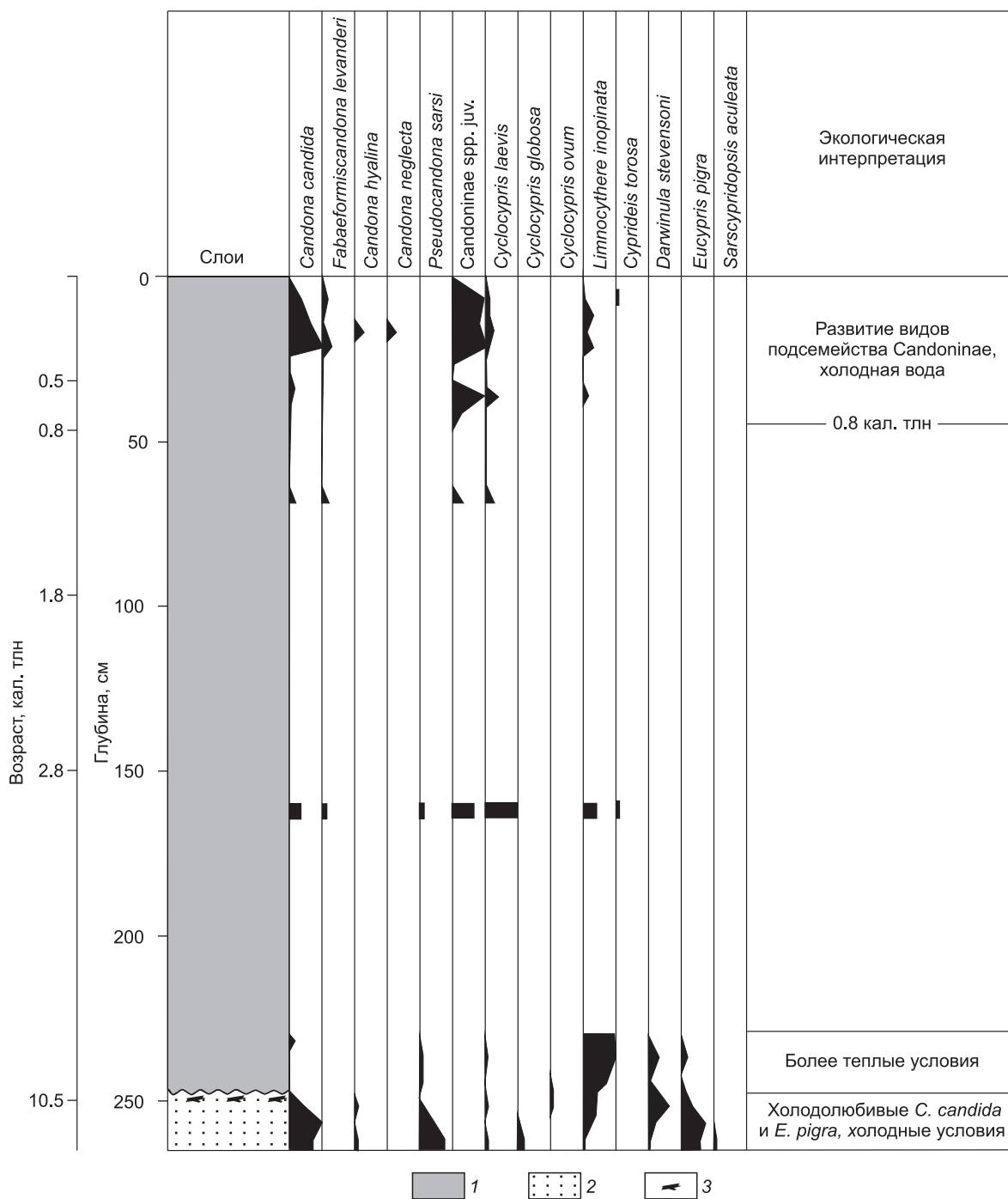


Рис. 3. Строение отложений оз. Большая Ложка, диаграмма распространения остракод и их экологическая интерпретация.

1 — сапрпель, 2 — песок, 3 — обломки древесины.

Палеозеро Чича расположено в Здвинском районе Новосибирской области. Судя по морфологии котловины, в ранние этапы голоцена озеро занимало большую площадь и было проточным, через него протекала р. Каргат. В более позднее время озеро было спущено и сейчас разделено на три маленьких водоема. Осушенные пространства заняты поймой р. Каргат. Скважина была пробурена на сухой части озерной котловины напротив археологической стоянки Чича-1 [Молодин и др., 2009]. В извлеченной колонке керна длиной 540 см озерные отложения представлены суглинками с раковинами моллюсков, остракод и растительными остатками. Они занимают интервал 481—290 см и имеют возрастные

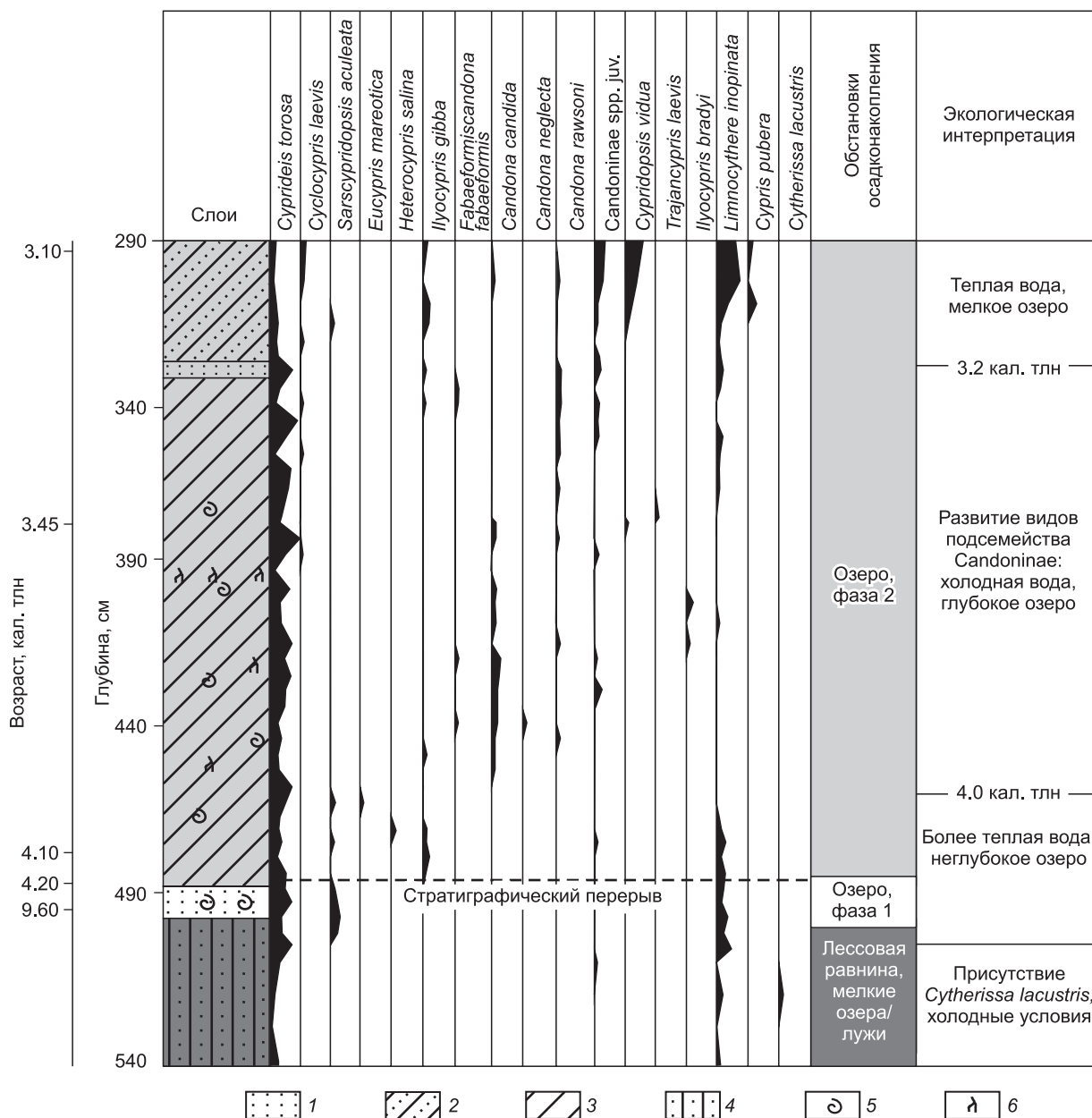


Рис. 4. Строение отложений палеоозера Чича, диаграмма распространения остракод и их экологическая интерпретация.

1 — песок, 2 — супесь, 3 — суглинок, 4 — лессовидные суглинки и супеси, 5 — раковины моллюсков, 6 — растительные остатки.

пределы 4.2—3.1 кал. тлн (см. табл. 1, рис. 4). Подстилающий слой песков с обломками раковин моллюсков имеет возраст 9.6 кал. тлн и, очевидно, отделен от вышележащей толщи стратиграфическим перерывом. Ниже залегают лессовидные суглинки и супеси.

Ассоциация остракод, представленная 17 видами (см. табл. 2), получена в интервале 540—292 см, т. е. остракоды найдены не только в озерных, но и в перекрывающих пойменных и в подстилающих лессовидных отложениях (см. рис. 4). В лессах ассоциация остракод крайне скудна и включает виды *Cytherissa lacustris*, *Cyprideis torosa* и *Limnocythere inopinata*. По-видимому, эти отложения представляют субэральную гривную формацию Южной Барабы, и, таким образом, комплекс остракод может отражать условия мелких водоемов или луж на поверхности лессовой равнины. Наличие холодостенотермного вида *Cytherissa lacustris* свидетельствует о низкой температуре и минерализации воды. Его нахождение с *Cyprideis torosa* и *Limnocythere inopinata* не является противоречием, так как эти виды

весьма толерантны к температуре и солености, их совместное присутствие известно и в других местах [Meisch, 2000].

Нижняя часть озерных отложений характеризуется исчезновением *Cytherissa lacustris*, увеличением количества створок *Cyprideis torosa*, *Limnocythere inopinata*, появлением видов *Sarscypridopsis aculeata*, *Eucypris mareotica*, *Heterocypris salina* и *Ilyocypris gibba*. В целом ассоциация соответствует условиям неглубокого солоновато-водного озера. Политермофильный *Ilyocypris gibba* говорит о довольно теплой воде, а присутствие *Sarscypridopsis aculeata* — о высоком содержании кальция (> 72 мг/л) [Meisch, 2000].

В интервале 455—375 см (3.8—3.5 кал. тлн) выпадают теплолюбивые *Sarscypridopsis aculeata*, *Eucypris mareotica* и *Heterocypris salina*, а выше последовательно исчезают *Ilyocypris gibba* и *Limnocythere inopinata*. На их место приходят холодолюбивые виды семейства Candonidae — *Fabaeformiscandona fabaeformis*, *F. harmsworthi*, *C. candida*, *C. neglecta*, *C. rawsoni* и *C. weltneri*. Кратковременно появляется реофильный холодолюбивый *Ilyocypris bradyi*. Окончание этого интервала отмечено исчезновением *Candona candida* и возвращением теплолюбивых *Ilyocypris gibba* и *Limnocythere inopinata*. Также появляются *Trajanocypris laevis*, *Cypridopsis vidua* и *Cyclocypris laevis*. Эта ассоциация распространяется до самых верхов озерной толщи (3.5—3.1 кал. тлн), однако около кровли опять обнаруживается холодолюбивый *Candona candida*, уменьшается количество створок *Cyprideis torosa*, появляется теплолюбивая форма *Cypris pubera* и увеличивается количество створок *Limnocythere inopinata*.

Озеро Белое расположено в Колыванском районе Новосибирской области в 40 км севернее г. Новосибирск. Оно занимает неглубокую котловину в покровных лессовидных отложениях высокой террасы Оби площадью около 1.5 км². Большая часть котловины заболочена, а озеро имеет размеры 800 × 500 м. Питание озера обеспечивается атмосферными осадками и, возможно, грунтовыми водами. Избыток вод стекает в сторону Оби по небольшому ручью в юго-восточной части болотного массива, который, вероятно, в прошлом был более многоводным [Krivonogov et al., 2012a]. Современный гидротермический баланс обеспечивает озеру стабильный уровень и глубину около 110—120 см.

В центре озера была пробурена скважина глубиной 290 см. Вскрытые отложения включают (рис. 5): суглинки голубовато-серые — подстилающие лессовидные отложения (290—140 см); коричневатые суглинки, обогащенные органикой, — основание озерных отложений (140—130 см); темно-коричневый торфянистый сапропель (130—48 см) и серый карбонатный сапропель (48—0 см). Радиоуглеродные даты определяют возраст озерных отложений в 6 кал. тлн (см. табл. 1). Раковины остракод найдены только в верхней части озерных отложений в интервалах 100—90 (единично) и 70—0 см. Ассоциация остракод оз. Белое состоит из семи видов. Четыре из них встречаются по всему диапазону нахождения остра-

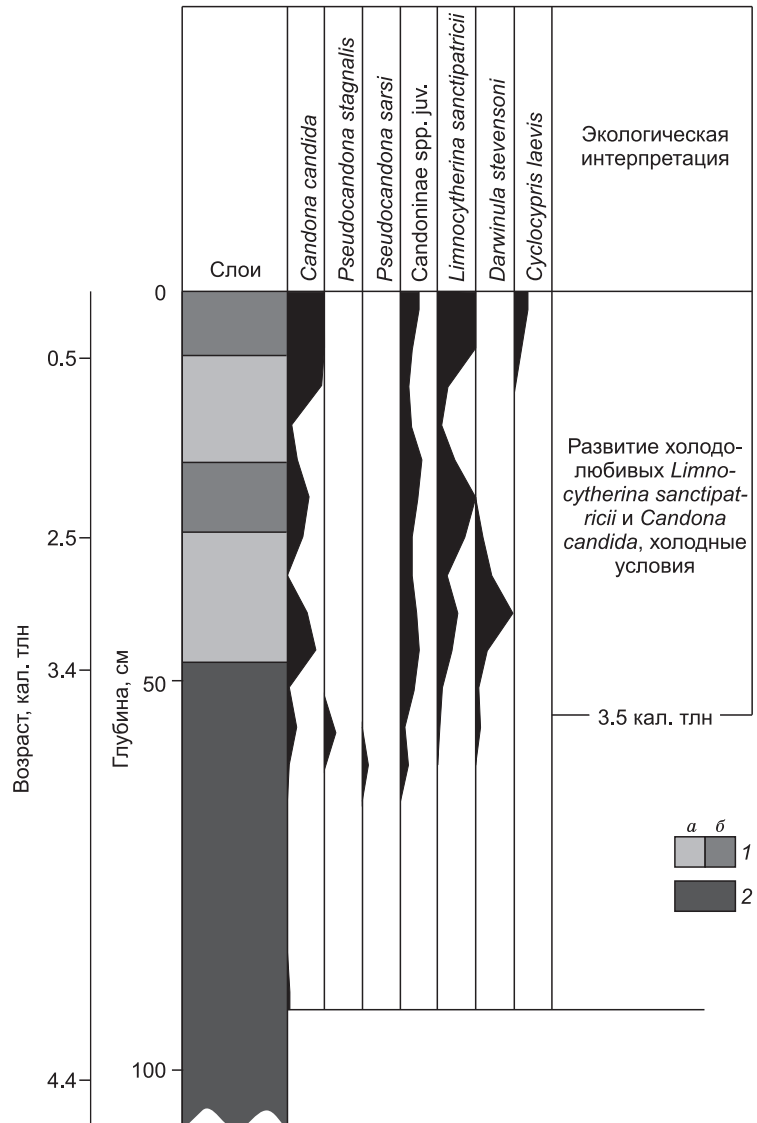


Рис. 5. Строение верхней части отложений оз. Белое, диаграмма распространения остракод и их экологическая интерпретация.

1 — карбонатный сапропель: а — меньше органики, б — больше органики; 2 — торфянистый сапропель.

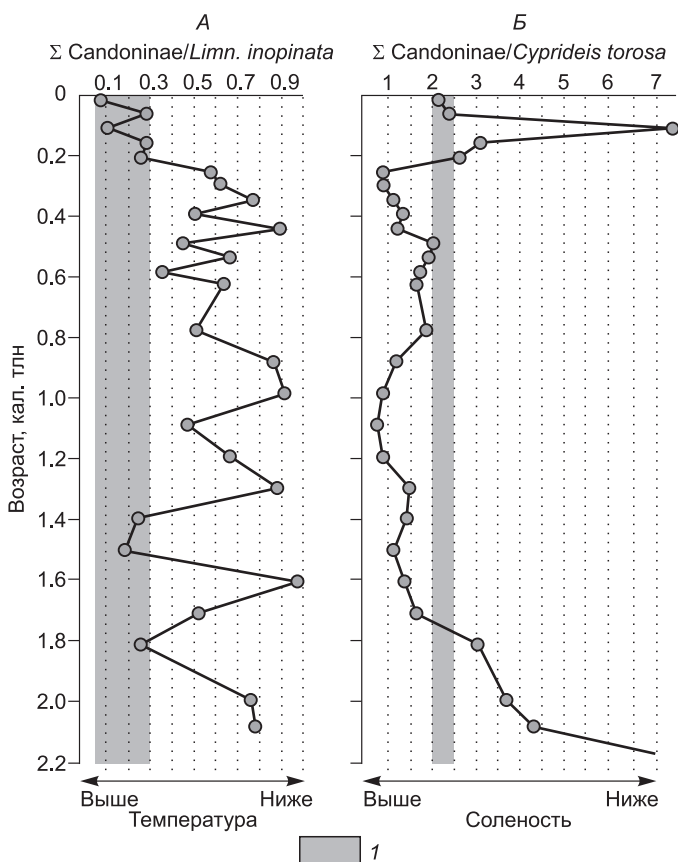
код (см. рис. 5). *Pseudocandona stagnalis* и *P. sarsi* отмечены на глубинах 60—50 и 70—60 см соответственно. *Pseudocandona stagnalis* является одним из редких представителей остракод, заселяющих заболоченные водоемы с кислыми водами и пониженным содержанием кальция [Бронштейн, 1947; Meisch, 2000]. В верхней части разреза кратковременно появляется вид *Cyclocypris laevis*.

Выше 50 см ассоциацию составляют остальные виды, показывающие почти синхронные колебания обилия створок. По ним интервал 50—0 см разделяется на пять участков: три участка с большим содержанием створок и два с меньшим. Максимальное количество створок содержится в верхней части разреза — виды *Candona candida* и *Limnocytherina sanctipatricii* здесь достигают сотен экземпляров. На уровне 46—30 см на фоне уменьшения количества створок *Candona candida* увеличивается присутствие мезогалинного вида *Darwinula stevensoni*.

Согласно комплексным исследованиям [Krivonogov et al., 2012a,b], на ранних этапах оз. Белое было неглубоким водоемом с кислым составом вод, благодаря чему остракоды в нем не обитали или их створки не сохранялись (растворялись). Условия постепенно менялись, и остракоды стали обычным компонентом озерной экосистемы около 4 кал. тлн. Пик содержания *Candona candida* на глубине 46 см, возможно, отражающий высокий уровень воды, предшествовал понижению уровня и резкому изменению озерной экосистемы 3.4 кал. тлн. Это изменение отражено в широком распространении мезогалинного вида *Darwinula stevensoni*, максимальные концентрации створок которого отмечены в интервале 35—45 см. Два события резкого сокращения количества створок остракод в осадках отмечены на глубинах 40 и 15 см (около 2.5 и 0.5 кал. тлн соответственно). Учитывая небольшие размеры водоема, можно предположить, что причиной резких колебаний численности остракод могли быть изменения уровня и химического состава воды.

ОБСУЖДЕНИЕ

Соотношения групп и видов остракод как маркеры климатических и экологических изменений. Если в сообществе остракод доминируют виды одной экологической принадлежности, определение условий водоема не представляет особых трудностей. Однако часто мы имеем дело с полидоминантными сообществами, составленными видами разной экологии, как в озерах Малые Чаны и Чича, в этих случаях нужны дополнительные параметры, обосновывающие палеоэкологические реконструкции. Предположительно отношения количества створок видов остракод разной экологии отражают изменения температуры воды и ее солености. Изменение отношения суммарного количества створок типично



холодолюбивых видов группы кандонид к количеству створок политермофильного вида *Limnocythere inopinata* в отложениях оз. Малые Чаны в течение последних 2.2 тыс. лет показано на рис. 6, А. Значения и их изменчивость в интервале 0—0.2 кал. тлн существенно отличаются от таковых в предшествующее время. Если предположить, что этот интервал отражает современные термические условия, то такие же условия могли быть 1.4—1.5 кал. тлн и приближающиеся к ним около 0.6 кал. тлн. В остальное время температура воды была ниже, чем сейчас.

Кривая соотношения количества створок остракод подсемейства Candoninae и вида *Cyprideis torosa* отображает динамику изменения солености в водоеме, так как Candoninae тяготеют к пресным водам, а *Cyprideis torosa* является галофилом (см. рис. 6, Б). Поскольку верхние образцы (0—0.1 кал. тлн) отобра-

Рис. 6. Отношение количества створок подсемейства Candoninae к *Limnocythere inopinata* (А) и Candoninae к *Cyprideis torosa* (Б) в верхней части отложений оз. Малые Чаны.

1 — современный уровень.

Рис. 7. Отношение количества створок подсемейства Candoninae к *Limnocythere inopinata* (А) и Candoninae к *Cyprideis torosa* (Б) в озерных отложениях палеоозера Чича.

жают современную соленость около 1 ‰, можно предположить, что в интервале 0.2—1.8 кал. тлн соленость была ниже современной. Исключение составляет короткий интервал около 0.1 кал. тлн, когда соленость могла быть существенно выше современной. Для интервала ранее 1.8 кал. тлн отношения количества створок свидетельствуют об уровне солености, превышающем современный в оз. Малые Чаны.

Изменения солености воды в палеоозере Чича показано на рис. 7, А. Озеро было слабосоленным на начальной стадии (4.0—3.6 кал. тлн). Соленость озера кратковременно возрас- тала в течение 3.6—3.4 кал. тлн, что отмечено повышением доли галофильного *Cyprideis torosa*. На конечной стадии развития озера, 3.4—3.1 кал. тлн, оно было существенно пресным из-за установления проточного режима. График изменения температуры воды в палео- озере Чича прерывистый из-за отсутствия во многих образцах *Limnocythere inopinata* (см.

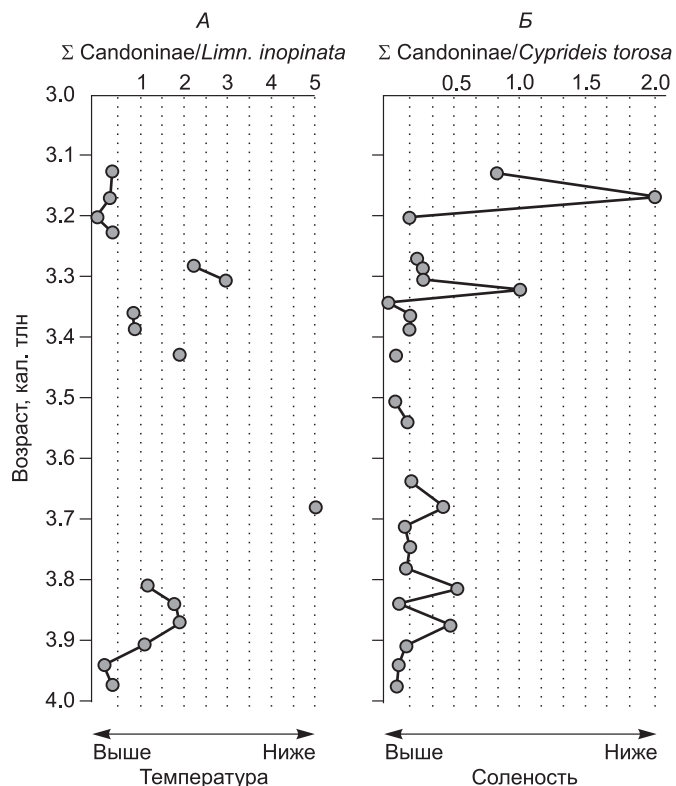
рис. 7, Б). Согласно закономерностям, полученным для оз. Малые Чаны, в палеоозере Чича величины отношения суммарного количества створок подсемейства Candoninae к *Limnocythere inopinata* указывают на довольно стабильные холодные условия во время накопления осадков в интервале 4.0—3.2 кал. тлн, совпадающие с похолоданием суббореального периода.

Климатические события на юге Западной Сибири по ассоциациям остракод и их сравнение с палинологическими данными. На основании различий в строении отложений четырех исследованных озер можно предположить, что ассоциации остракод в них могли развиваться независимо друг от друга, и влияние общих внешних факторов могло быть незначительным.

Тем не менее в трех исследованных последовательностях отложений (оз. Малые Чаны, Чича, Белое) по остракодам выделяется рубеж около 3.2—3.4 кал. тлн, на котором отмечается смена более теплолюбивых родов и видов остракод на остракоды холодостойкой группы кандонид. Ниже этого рубежа в озерах Малые Чаны и Чича отмечено распространение галофильных видов *Sarscypridopsis aculeata*, *Heterocypris salina* и *Eucypris mareotica*, свидетельствующих о теплом, солоновато-водном режиме этих озер в первой половине суббореального периода. Выше этого рубежа во всех исследованных озерах массово появляется *Candona candida*, в оз. Малые Чаны и в палеоозере Чича — *Candona rawsoni*; обычными становятся и другие виды этого семейства, увеличивается количество личинок подсемейства Candoninae.

Эта смена таксономического состава коррелируется с постозерными (пойменные отложения р. Каргат) изменениями ассоциации остракод в местонахождении палеоозера Чича, где примерно в то же время полностью исчезают створки *Candona candida* и появляется вид *Ilyocypris gibba*. Также на этом рубеже как в Малых Чанах, так и в Чиче заметно увеличилось количество створок *Limnocythere inopinata*.

На рубеже около 1.9 кал. тлн в оз. Малые Чаны резко уменьшилось количество створок *Candona muelleri* и личинок Candoninae, появился мезополитермофильный *Ilyocypris gibba*, предпочитающий мелководные бассейны. Таким образом, в отношении оз. Малые Чаны можно утверждать, что 1.9 кал. тлн (начало субатлантического периода) температура воды в озере повысилась, вероятно, вследствие уменьшения глубины водоема. Это потепление прослеживается до рубежа 0.6 кал. тлн, когда в ассоциации оз. Малые Чаны появились виды *Fabaeformiscandona levanderi* и *F. fabaeformis*, увеличилось количество створок взрослых особей и личинок Candoninae. Учитывая одновременное распространение *Ilyocypris gibba* и увеличение количества особей мезогалофильного *Darwinula stevensoni* и галофильного *Cyprideis torosa*, можно предположить повышение солености и дальнейшее обмеление озера.



Аналогичное увеличение таксономического разнообразия и количества кандонид отмечено и в пресноводном оз. Ложка, начиная примерно с 1.0 кал. тлн. Поскольку в нем маловероятны ощутимые колебания солености, то это изменение ассоциации остракод, скорее всего, отражает изменение уровня озера.

Изменения климата по палинологическим данным были реконструированы в трех из четырех представленных в данной статье местонахождений: оз. Белое [Хазина, 2006; Krivonogov et al., 2012a], оз. Большая Ложка [Казанский и др., 2007] и палеозеро Чича [Хазин, Хазина, 2008]. Два последних дали записи изменений растительности и климата последних 4 тыс. лет, а оз. Белое — 6 тыс. лет. Кроме того, отложения палеозера Чича полигенетические и возможны перерывы в осадконакоплении на границах слоев разного генезиса. Спорово-пыльцевая диаграмма оз. Большая Ложка показала незначительные изменения растительности, которые тем не менее позволили выявить следующие климатические фазы (кал. тлн): 4.0—2.8 — березовый лес, прохладнее и влажнее, чем сейчас; 2.80—1.75 — увеличение степного компонента, более аридный климат; 1.75—0.60 — березовый лес, некоторое похолодание; после 0.6 — остепнение, увеличение роли сосны [Казанский и др., 2007].

Более выраженные климатические изменения зафиксированы палинологически в последовательности отложений оз. Белое [Хазина, 2006; Krivonogov et al., 2012a]. Установлены несовпадающие по фазе и длительности колебания температуры и увлажненности в течение 6 тыс. лет. Термический режим менялся в сторону похолодания, достигшего максимума 3.4—2.3 кал. тлн и затем менявшегося в сторону потепления. Режим увлажнения менялся с сухого на влажный 6—4 кал. тлн, после чего сухость климата возрастала. Максимум аридизации пришелся на 2.8—1.7 кал. тлн, после чего увлажненность росла.

По комплексу палеонтологических данных из оз. Белое условия более холодного и сухого климата и сниженного уровня озера существовали 3.4—1.3 кал. тлн. Аналогичные закономерности развития климата зафиксированы и в других частях Сибирского региона, однако их возрастные рамки оцениваются по-разному. На юго-западе Западной Сибири экспансия тайги в лесостепную зону происходила 3.8—1.2 кал. тлн [Коновалов, Иванов, 2006], а экстремум похолодания и иссушения зафиксирован палинологами 3.2—2.4 кал. тлн [Zakh et al., 2010]. Палеокарпологические исследования болот юга Красноярского края дают похолодание 3.0—2.5 кал. тлн [Кошкарлова, Кошкарлов, 2005].

Несовпадение экстремумов похолодания и иссушения, отмеченное исследователями голоцена Барабинской равнины ранее [Левина, Орлова, 1993] и зафиксированное в палинологической записи из оз. Белое [Krivonogov et al., 2012a], составляет около 600 лет, и это могло вести к довольно сложной, трудной для расшифровки реакции озерных экосистем и сообществ остракод. Тем не менее микрофауна остракод в основных чертах фиксирует общий ход развития климата региона и в значительной степени отражает изменения экосистем водоемов.

ВЫВОДЫ

Таким образом, исследования раковин остракод в отложениях трех ныне существующих озер и палеозера Чича позволили охарактеризовать изменения микрофаун водоемов южной части Западно-Сибирской равнины (Барабинской лесостепи) в течение среднего—позднего голоцена (последних 4—6 тыс. лет). Выявленные ассоциации остракод имеют отличия по таксономическому составу, что отражает локальные особенности озерных экосистем. Вместе с тем их изменения показали общие тенденции, которые объясняются региональными климатическими изменениями, подтвержденными данными палинологии.

Основные изменения отмечены в интервале 3.4—1.9 кал. тлн, когда вместо теплолюбивой и мезогалинной ассоциации остракод среднего голоцена стало доминировать более холодостойкое сообщество остракод группы кандонид, что отражает тенденцию к похолоданию климата второй половины суббореального периода. Последующее распространение мезополитермофильных форм остракод свидетельствует о некотором повышении температур озерных вод в интервале 1.9—0.6 кал. тлн, которое может быть связано не только с окончанием холодной климатической фазы, но и с продолжающимся иссушением региона и связанным с этим снижением уровней озер (этот феномен отражает несовпадение во времени влажностных и температурных климатических фаз). Начиная с 0.6 кал. тлн и до наших дней ассоциации остракод отличаются увеличением видового разнообразия, вероятно, отражающего возросшую изменчивость водных экосистем из-за колебаний количества воды в озерах и ее солености.

Работа выполнена по проекту плана НИР VIII.68.1.3 «Стратиграфия, палеогеография и комплексное обоснование реперных корреляционных уровней мезозоя и кайнозоя Сибири и сопредельного Арктического шельфа» и при финансовой поддержке программ Президиума РАН 23 «Фундаментальные проблемы океанологии; физика, геология, биология, экология» и 28 «Происхождение биосферы и эволюция геобиологических систем», РФФИ (гранты 12-06-00045, 15-05-00678).

ЛИТЕРАТУРА

- Архипов С.А., Волкова В.С.** Геологическая история, ландшафты и климаты плейстоцена Западной Сибири. Новосибирск, ИГиГ СО РАН, 1994, 106 с.
- Вагнер Г.А.** Научные методы датирования в геологии, археологии и истории. М., Техносфера, 2006, 534 с.
- Бронштейн З.С.** Ostracoda пресных вод // Фауна СССР. М., Л., Изд-во АН СССР, 1947, т. II, вып. 1, с. 1—340.
- Казанский А.Ю., Безрукова Е.В., Кривоногов С.К., Молодин В.И., Матасова Г.Г., Чемякина М.А., Абзаева А.А., Летунова П.П., Кулагина Н.В.** Реконструкция среды обитания древнего человека для комплекса археологических памятников у озера Большая Ложка // Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий. Материалы годовой сессии Института археологии и этнографии СО РАН. Т. XIII. Новосибирск, Изд-во ИАиЭ СО РАН, 2007, с. 249—254.
- Коновалов А.А., Иванов С.Н.** Реконструкция палеоклиматов по палинологическим данным // География и природные ресурсы, 2006, № 1, с. 131—136.
- Кошкарлова В.Л., Кошкаров А.Д.** Палеоэкология и динамика лесных экосистем в Центральной части Эвенкии за последние 3000 лет // Экология, 2005, т. 36, № 1, с. 3—10.
- Левина Т.П., Орлова Л.А.** Климатические ритмы голоцена юга Западной Сибири // Геология и геофизика, 1993, т. 34 (3), с. 38—55.
- Молодин В.И., Парцингер Г., Кривоногов С.К., Казанский А.Ю., Чемякина М.А., Матасова Г.Г., Василевский А.Н., Овчаренко А.С., Гришин А.Е., Ермакова Н.В., Дергачёва М.И., Феденёва И.Н., Некрасова О.А., Мыльникова Л.Н., Дураков И.А., Кобелева Л.С., Зубова А.В., Чикишева Т.А., Поздняков Д.В., Пилипенко А.С., Ромашенко А.Г., Куликов И.В., Кобзев В.Ф., Новикова О.И., Васильев С.К., Шнеевайс Й., Приват К., Болдырев В.В., Дребущак В.А., Дребущак Т.Н., Деревянко Е.И., Бородовский А.П., Боургарит Д., Рейхе И., Кузьминых С.В., Марченко Ж.В.** Чича — городище переходного от бронзы к железу времени в Барабинской лесостепи. Новосибирск, Изд-во ИАЭТ СО РАН, 2009, т. 3, 248 с.
- Орлова Л.А.** Голоцен Барабы (стратиграфия и радиоуглеродная хронология). Новосибирск, Наука, 1990, 128 с.
- Практическое руководство по микрофауне СССР. Т. 3. Остракоды кайнозоя /** Ред. Б.С. Соколов. Л., Недра, 1989, 235 с.
- Семенова Л.М.** К биологии *Isocypris priomena* (G.W. Müller) и *Limnocythere inopinata* (Baird) (Ostracoda) // Биология, морфология и систематика водных беспозвоночных. Л., Наука, 1980, с. 119—132. (Тр. ИБВВ АН СССР, вып. 41(44)).
- Хазин Л.Б., Хазина И.В.** Микрорепалинологический и палинологический анализы верхнеголоценовых отложений разреза Чича-1 (Новосибирская область) // Новости палеонтологии и стратиграфии. Вып. 10—11. Приложение к журналу «Геология и геофизика», 2008, т. 49, с. 473—476.
- Хазин Л.Б., Кривоногов С.К., Бурр Дж.С., Кузьмин Я.В.** Палеоэкологический анализ остракод из голоценовых отложений оз. Ложка (Новосибирская область) // Фундаментальные проблемы квартара: итоги изучения и основные направления дальнейших исследований. Материалы VI Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода. Новосибирск, Изд-во СО РАН, 2009, с. 602—604.
- Хазина И.В.** Реконструкция природно-климатических обстановок среднего—позднего голоцена Новосибирского Приобья (по палинологическим исследованиям оз. Белое) // Геология и геофизика, 2006, т. 47 (8), с. 971—978.
- Хотинский Н.А.** Голоцен Северной Евразии. М., Наука, 1977, 197 с.
- Шорников Е.И.** Современные и ископаемые (четвертичные) остракоды бассейнов высокогорных озер Тянь-Шаня Сонкуль и Чатыркуль // Климат, ледники и озера Тянь-Шаня: путешествие в прошлое. Бишкек, Илим, 2007, с. 110—141.
- Blyakharchuk T.A.** Four new pollen sections tracing the Holocene vegetational development of the southern part of the West Siberian Lowland // The Holocene, 2003, v. 13, № 5, p. 715—731.
- Krivanogov S.K., Takahara H., Yamamuro M., Preis Yu.I., Khazina I.V., Khazin L.B., Kuzmin Ya.V., Safonova I.Yu., Ignatova N.V.** Regional to local environmental changes in Southern Siberia: evidence from biotic records of mid to late Holocene sediments of Lake Beloye // Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol., 2012a, v. 331—332, p. 177—193.
- Krivanogov S.K., Yamamuro M., Takahara H., Kazansky A.Y., Klimin M.A., Bobrov V.A., Safonova I.Y., Phedorin M.A., Bortnikova S.B.** An abrupt ecosystem change in Lake Beloye, southern Western Siberia: Palaeoclimate versus local environment // Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol., 2012b, v. 331—332, p. 194—206.

Meisch C. Freshwater Ostracoda of Western and Central Europe. Subwasserfauna von Mitteleuropa 8/3. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 2000, 522 p.

Reimer P.J., Bard E., Bayliss A., Beck J.W., Blackwell P.G., Bronk R.C., Buck C.E., Cheng H. Edwards R.L., Friedrich M., Grootes P.M., Guilderson T.P., Hafidason H., Hajdas I., Hatt C., Heaton T.J., Hogg A.G., Hughen K.A., Kaiser K.F., Kromer B., Manning S.W., Niu M., Reimer R.W., Richards D.A., Scott E.M., Southon J.R., Turney C.S.M., van der Plicht J. IntCal13 and MARINE13 radiocarbon age calibration curves 0—50000 years cal BP // Radiocarbon, 2013, v. 55, № 4, p. 1869—1887.

Zakh V.A., Ryabogina N.E., Chlachula J. Climate and environmental dynamics of the mid- to late Holocene settlement in the Tobol—Ishim forest-steppe region, West Siberia // Quatern. Int., 2010, v. 220, № 1—2, p. 95—101.

Рекомендована к печати 28 мая 2015 г.

Б.Н. Шурыгиным

Поступила в редакцию

11 февраля 2015 г.