

УДК 913(56)

ИЗМЕНЕНИЕ РАСТИТЕЛЬНОСТИ И КЛИМАТА В РАЙОНЕ ОЗЕРА МАЛЫЕ ЧАНЫ В ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ

Жилич С.В.^{1,3)}, Рудая Н.А.^{1,2)}, Кривоногов С.К.^{2,3)}

¹Институт археологии и этнографии СО РАН, г. Новосибирск

²Новосибирский национальный исследовательский государственный университет

³Институт геологии и минералогии СО РАН, г. Новосибирск

snezhy@yandex.ru

В статье представлены результаты палинологического и седиментологического анализов колонки донных отложений озера Малые Чаны (Новосибирская область). По палинологическим данным проведена количественная реконструкция доминирующих типов растительности с помощью метода биомизации. Реконструированы основные этапы развития озера Малые Чаны и изменения климата и растительности вокруг озера за последние 4,3 тыс. лет. В начале своего существования озеро было мелководным и соленым. Климат в это время был очень сухой и теплый, вокруг озера была распространена полярная степь. После 3 тыс. л. н. распространяются злаково-полярные степи, климат становится более влажным, а озеро более глубоким, по его берегам начинают расти водные растения. После 2 тыс. л. н. в районе озера распространяется лесостепь, климат остается достаточно влажным, но становится более холодным. Глубина Малых Чанов увеличивается и происходит эвтрофикация озера, прибрежная зона озер зарастает макрофитами.

Ключевые слова: палинология, седиментология, Чаны, климат, биомизация, голоцен.

Цитирование: Жилич С.В., Рудая Н.А., Кривоногов С.К. 2016. Изменение растительности и климата в районе озера Малые Чаны в позднем голоцене // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. Т. 7. № 1 (13). С. 68-75.

ВВЕДЕНИЕ

Одна из актуальнейших проблем современных наук о Земле – изучение закономерностей изменения климата прошлого и прогнозирование его изменений в будущем. Для реконструкций климата часто используются озерные отложения – природные архивы изменений ландшафтов и климата. В Западной Сибири наименее изученными являются климатические изменения голоценового времени, происходившие в лесостепной и степной зонах. Растительные сообщества, произрастающие в полузасушливой и засушливой зонах, наиболее чувствительны к изменениям влажности. В связи с этим перспективными объектами для отслеживания колебаний режима увлажнения, температуры и сдвига природных зон являются озера, располагающиеся в лесостепной и степной зонах юга Западной Сибири. В этом регионе наблюдается смена природных зон и ландшафтов на протяжении трехсот километров с севера на юг: от тайги и верховых болот в Васюганье, лесостепей, гривного и озерного рельефа в Барабе и увалистых степей в Кулунде. Такие широкие зональные, геоморфологические, климатические и биологические условия делают донные отложения озер Чановской системы, расположенные в Барабинской лесостепи, перспективными объектами для реконструкций изменений природных обстановок.

Целью настоящей работы стала реконструкция климата и растительности позднего голоцена в окрестностях озера Малые Чаны, основанная на палинологических данных с применением качественных и количественных методов.

ОБЪЕКТ И РАЙОН ИССЛЕДОВАНИЯ

Озеро Чаны находится в центральной части Барабинской равнины в южной части Обь-Иртышского междуречья Западной Сибири в Новосибирской области. Чаны – самое крупное

бессточное озеро России, представляет собой систему плесов: Казанцевско-Таганского, Чиняхинского, Ярковского, Юдинского плесов, и озера Малые Чаны, соединенного протокой.

Озеро Малые Чаны (54.5522° с.ш., 77.9958° в.д.) (рис. 1) солоноватое (минерализация 1,3 г/л), площадью около 200 км², средняя глубина 1,4 м, в него впадают реки Каргат и Чулым. По берегам озера в больших количествах произрастают водные растения: рогоз, рдест, тростник и камыш [Ермолаев, Визер, 2010].

Современная растительность в районе исследования соответствует лесостепной зоне, доминируют остепненные луга и луговые степи с осиново-березовыми колками [Королук, Киприянова, 2005]. Современный климат резко континентальный, средние температуры июля 18.3 °С, января -19.7 °С, годовой уровень осадков около 400 мм.

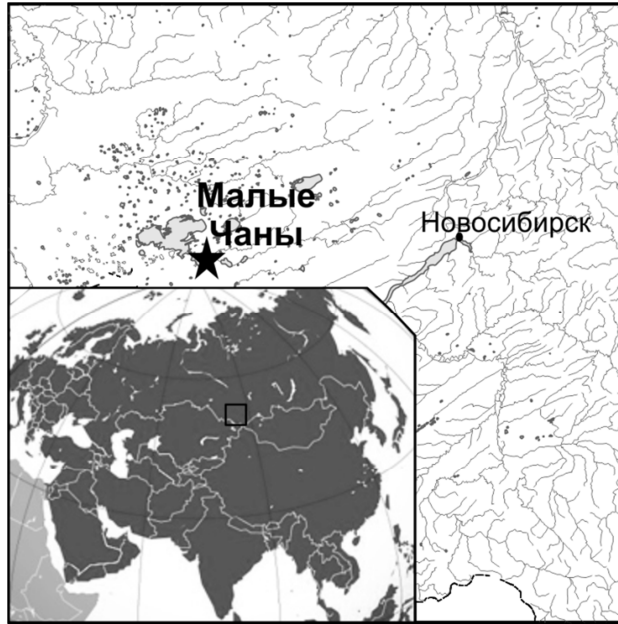


Рис. 1. Карта расположения озера Малые Чаны

МЕТОДЫ

Полученный в 2006 г. 3,6 метровый керн донных отложений озера Малые Чаны, был датирован и изучен седиментологическим и палинологическим методами.

Седиментологический анализ включал определение влажности осадков и содержания водорастворимых солей и карбонатов (растворением образцов в соляной кислоте); оценку количества органического вещества (прокаливанием при 450 °С) и песчаной фракции (отмучиванием в воде).

На палинологический анализ отобрано 22 образца по 2.5 мл через каждые 10 см. Химическая обработка проводилась по стандартной методике для озерных отложений [Faegri, Iversen, 1989], включая обработку 10% раствором соляной кислоты для растворения карбонатов, 10% раствором гидроксида калия для удаления гуминовых кислот и концентрированной плавиковой кислотой для удаления силикатов. Для подсчета концентрации добавлялась одна таблетка спор *Lycopodium*. Готовый палинологический препарат изучался под микроскопом с увеличением в 400 раз, в каждом препарате насчитывалось 300-500 пыльцевых зерен. Определение пыльцы до семейств и родов проводилось с использованием эталонной коллекции Института Археологии и Этнографии СО РАН и атласов. Так же в процессе изучения палинологических образцов проводился учет встречаемых непыльцевых палиноморф (НПП) – остатков водорослей, спор грибов, мельчайших частичек угля и др.

НПП – потенциальные индикаторы изменений экологических условий в озере и в его окрестностях. Оценка относительной обильности встреченных таксонов НПП проводилась по разработанной нами пятибалльной шкале (0 – нет, 1 – единичные встречи, 2 – мало, 3 – среднее содержание, 4 – много, 5 – очень много).

Расчет концентрации пыльцевых зерен, кластерный анализ и построение спорово-пыльцевой диаграммы выполнено в программе Tilia [Grimm, 2004]. На диаграмме отражено процентное

содержание пыльцы и спор относительно глубин разреза; за 100 % бралась сумма пыльцы древесных и травянистых растений (рис. 2).

По данным палинологического анализа реконструированы типы доминирующей растительности (биомы) с помощью статистического подхода, известного как метод биомизации [Prentice, 1996]. Метод основан на концепции функциональных типов растений, крупных группировок, объединенных общностью различных параметров, в том числе и климатических, определяющих критические пределы роста и воспроизводства растений (рис. 3).

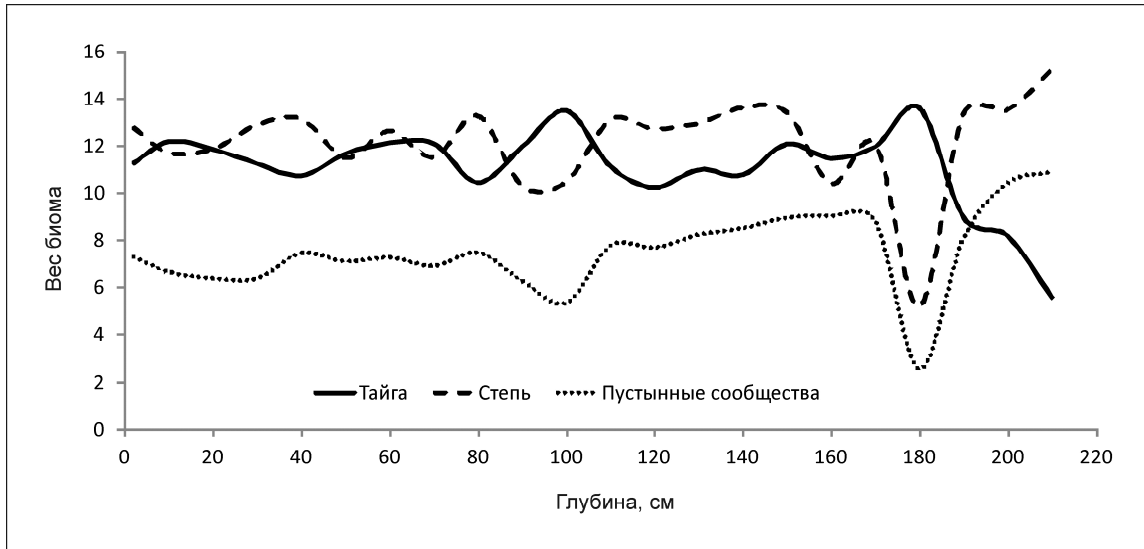


Рис. 3. Реконструкция типов растительности (биомов) по палинологической записи озера Малые Чаны

РЕЗУЛЬТАТЫ

Радиоуглеродное датирование образцов донных отложений озера Малые Чаны проводилось в Корейском Институте Наук о Земле и Минеральных Ресурсов (Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources) (табл. 1).

Табл. 1. Радиоуглеродные даты, полученные из колонки донных отложений озера Малые Чаны

Глубина, см	Материал	Лабораторный №	¹⁴ C возраст	Δ ¹³ C
50	Органическое вещество	ISa100109	580 ± 40	-29.3
100	Органическое вещество	ISa100110	1930 ± 50	-29.4
165	Торф	ISa100111	3050 ± 50	-28.7

Возрастная модель (рис. 4) строилась в программе R с помощью пакета Bacon 2.2 [Blaauw, Christen, 2011]. Для построения возрастной модели, расчетов и анализа результатов использовались калиброванные даты (калибровочная кривая IntCal13).

Достаточное количество пыльцы для палинологического анализа содержалось в образцах до глубины 210 см. Данные палинологического анализа представлены на спорово-пыльцевой диаграмме. С помощью кластерного анализа выделено три палинозоны (рис. 2).

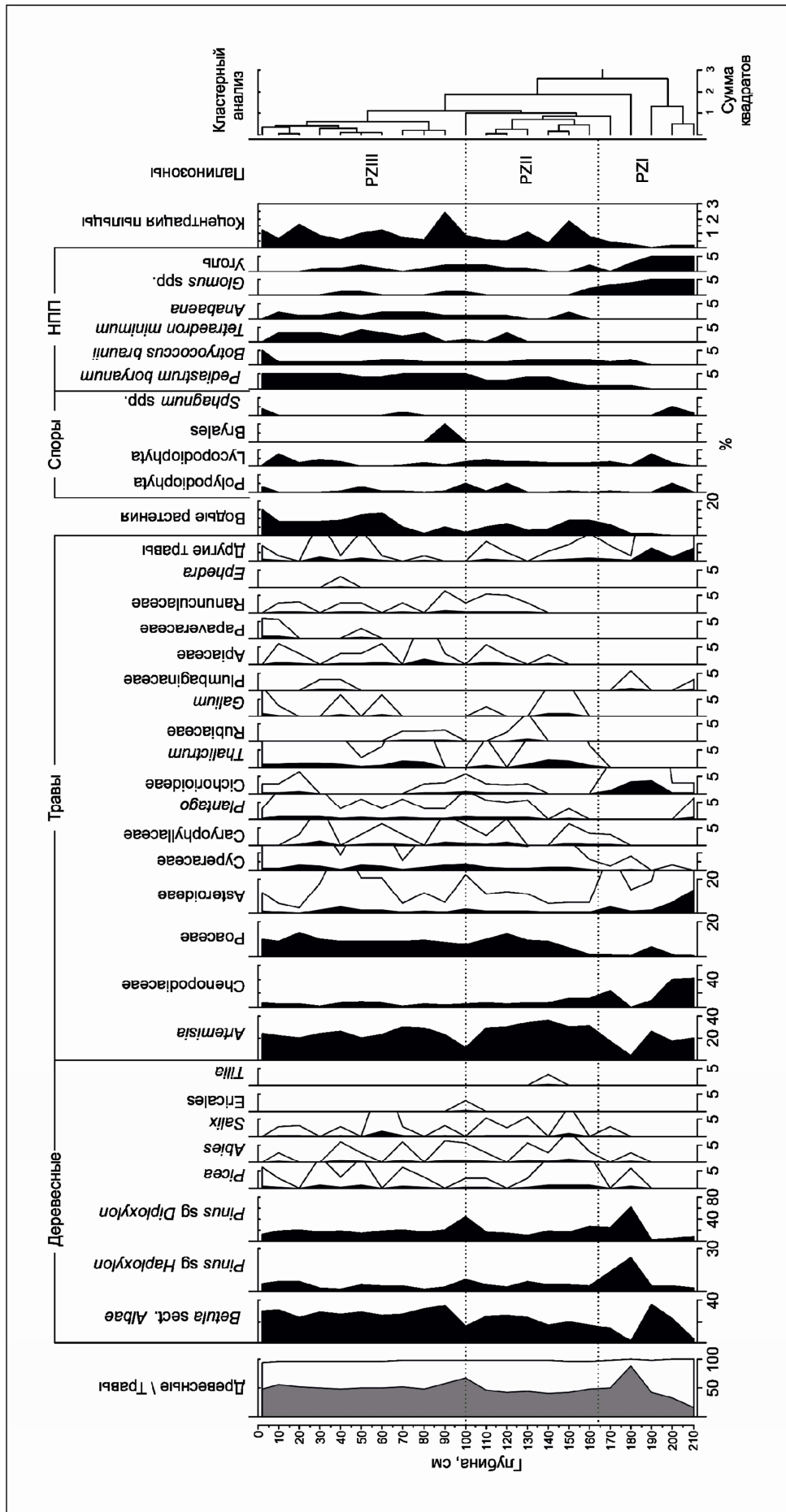


Рис. 2. Спорово-пыльцевая диаграмма колонки донных отложений озера Малые Чаны

PZ I (210-165 см; 4.3-3.3 тыс. калиб. л. н.). В основании зоны доминирует пыльца березы (*Betula sect. Albae*), к концу зоны преобладает пыльца сосны сибирской (*Pinus sg. Haploxyton*) и сосны обыкновенной (*Pinus sg. Diploxyton*). Среди трав отмечается наибольшее количество пыльцы полыни (*Artemisia*, до 25 %), маревых (*Chenopodiaceae*, до 40 %) и цикориевых (*Cichorioideae*, до 10 %). Значительная доля пыльца водных растений (до 10 %) – рдеста (*Potamogeton*), урути (*Myriophyllum*) и рогоза (*Typha*) появляется к концу зоны.

PZ II (165-100 см; 3.3-2 тыс. калиб. л. н.). В отличие от предыдущей, в этой зоне палиноспектры стабильны и почти не меняются на протяжении всей зоны. В зоне доминирует пыльца полыни (до 40 %) и злаков (*Poaceae*, до 15 %), доля пыльцы маревых снижается до 5%. Среди древесных преобладает пыльца березы (20%), доля пыльцы сосны сибирской и сосны обыкновенной снижается до 5-10%. Присутствует пыльца василистника (*Thalictrum*), осок (*Cyperaceae*), процент пыльцы водных растений около 10%. В небольших количествах присутствуют пыльцевые зерна ели (*Picea*) и пихты (*Abies*), и единичные зерна ивы (*Salix*).

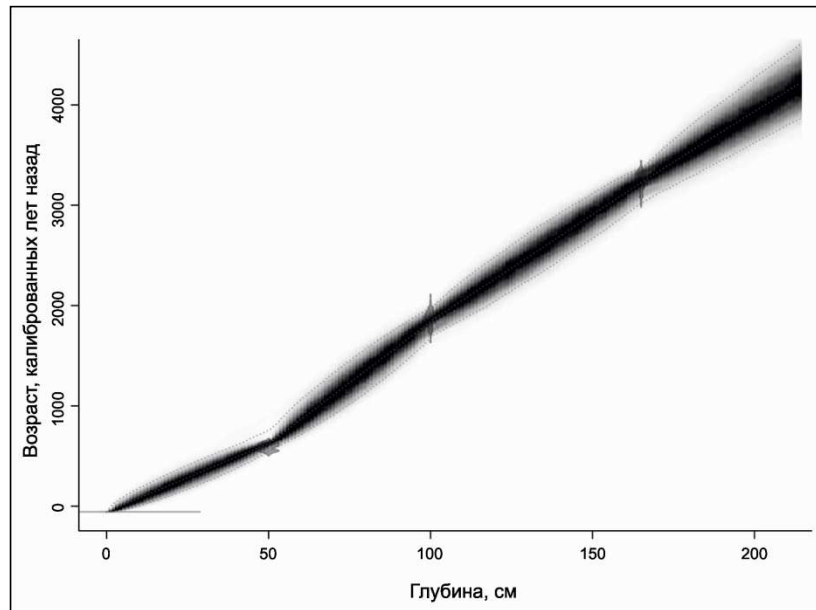


Рис. 4. Возрастная модель отложений озера Малые Чаны

PZ III (100-0 см; 2-0 тыс. калиб. л. н.). В этой зоне снова доминируют древесные: береза (35%) и сосна обыкновенная (15%), среди травянистых преобладают полынь (20-25%) и злаки (15%). Возрастает процент пыльцы водных растений до 10-15 %. Также как и в предыдущей зоне присутствует пыльца ели, пихты, единичные зерна ивы, василистника, осок, маревых и астровых (*Asteroidae*).

Анализ непыльцевых палиноморф выявил пять доминирующих таксонов и большое количество частичек угля. Распределение и обилие НПП по всей глубине колонки представлено на рисунке 2.

Pediastrum boryanum – вид космополит, встречающийся в озерах по всему миру в пресноводных водоемах. Эти зеленые водоросли колониальные (размер колоний 10-35 мкм, количество клеток до 128) и радиально-симметричные, ряд внешних клеток имеет 1-2 рогообразных выроста. Появление этих водорослей в палинологических образцах из донных отложений может свидетельствовать об изменении широкого спектра экологических условий, таких как эрозия, химические свойства, трофность и рН воды в озере. Но чаще всего *Pediastrum boryanum* связывают с более глубокими пресноводными олиготрофными водоемами [Cook et al., 2011]

Botryococcus braunii – вид зеленых водорослей с плотно упакованными колониями (10-100 мкм). Широко распространенный вид, хорошо переносящий холодные температуры, чаще обитающий в пресноводных, мелких, слегка заболоченных водоемах, образуя пленку на поверхности [van Geel, 2001]. Так же при палеорекострукциях увеличение присутствия *Botryococcus* связывают с сокращением количества прибрежной растительности [Cook et al., 2011].

Tetraedron minimum – одноклеточные (3-5 мкм) зеленые водоросли четырехугольной формы. Чаще всего ассоциируются с эвтрофными или мезотрофными условиями в открытых пресноводных водоемах [Bakker, Smeerdijk, 1982].

Стенки покоящихся спор цианобактерий – полупрозрачные капсулы вытянутой овальной формы с закругленными концами, размеры от 21x9 до 26x12 мкм. В препаратах, в основном, были представлены родом *Anabaena*. Появление *Anabaena* исследователи связывают с вызванной избыточным фосфором эвтрофикацией озера и даже с жизнедеятельностью человека (земледелие и скотоводство) в районе озера [van Geel, 2001; van Geel et al., 1994].

Glomus spp. – хламидиоспоры круглой формы (размер 17.5-138 мкм) почвенных микоризных грибов рода *Glomus*. Связаны с большим количеством различных растений-хозяев (в том числе и березой), но повышение концентрации этих спор в постледниковых озерных отложениях связывают с сокращением лесного покрова и усилением почвенной эрозии в районе водосбора озера [van Geel, 2001].

Анализ доминирующих типов растительности методом биомизации выявил два доминирующих биома: тайга, степь (рис. 3). Не доминирующий, но значительный, имеет вес биом пустынных растительных сообществ, его значения велики на глубине 210-190 см (4.3-3.8 тыс. л. н.), затем резко снижается и продолжает снижаться вплоть до наших дней. Степной биом доминирует в основании колонки 210-190 см (4.3-3.8 тыс. л. н.) и в интервале глубин от 150 до 100 см (3-2 тыс. л. н.). После глубины 100 см (после 2 тыс. л. н.) значения биомного веса для тайги и степи примерно одинаковы, при постепенно снижающемся значении биома пустынной растительности.

Результаты седиментологического анализа представлены в Таблице 2.

Табл. 2 . Седиментологическое описание керна, полученного из озера Малые Чаны в 2006 г.

Слой	Интервал, см	Описание
1	0-100	Илистый сапропель серого цвета с комковатыми коричневыми включениями начиная с глубины 45 см.
	100-128	Плотный илистый сапропель более темного серого цвета местами с черными пятнами, включенные структуры меняются на щебнистые с размером зерен около 1 см. В слое также включены раковины мелких гастропод.
	128-134	Слой почти полностью состоит из двустворчатых раковин (<i>Sphaerium</i> sp.), пространство между ними заполнено илом черного цвета.
	134-164	Комковатый сапропелистый ил по структуре и цвету схожий с интервалом 0-128 см, в слое рассеяны двустворчатые раковины. Осадки в интервале 142-148 коричневого цвета.
	164-165.5	Разложенный торф. Обнаружена одна раковина гастропод <i>Lymnaea</i> -тupe.
	165.5-180	Песчаный сапропель с включением раковин.
2	180-268	Глинистый песок голубовато-серого цвета с несортированной песчаной фракцией. Большое количество раковин гастропод <i>Lymnaea</i> -тupe в интервале 200-210 см.
	268-290	Песок коричнево-голубого с желтым и серым цвета – самый нижний слой озерных отложений.
3	290-310	Глинистый песок желто-коричневого цвета. Подстилающий слой преобразованный водами озера.
	310-325	Слой хорошо отсортированного крупнозернистого песка.
	325-360	Подстилающий слой илистого песка желто-коричневого цвета.

ОБСУЖДЕНИЕ

По данным седиментологического анализа собственно озерные отложения в колонке находятся до глубины 290 см. Выделяются два различных уровня отложений: Слой 2 – 290-180 см в основном состоит из терригенного, Слой 1 – 180-0 см аутигенный и в основном органический. Поскольку в Малые Чаны впадают реки, мы предполагаем, что нижний слой из терригенного материала был сформирован в условиях низкого уровня воды в озере, когда дельта рек продвинулась вглубь озера и принесенный реками песок откладывался в центре водоема. В органическом (сапропелевом) слое можно выделить два этапа формирования осадков: мелководный этап (180-128 см), когда откладывалось большое количество аутигенных минералов, и глубоководный этап (128-0 см), в течение которого накапливалось в основном органическое вещество. Засоление озера началось в конце терригенного этапа, что может быть связано со снижением поступления пресной воды вследствие снижения уровня осадков или речного стока. Данные о соотношении органического

вещества и минеральной аутигенной фракции в Слое 1 свидетельствуют о постепенном опреснении и эвтрофикации озера, что предполагает постоянный приток речной воды в период формирования слоя.

По палинологическим данным и результатам биомизации можно реконструировать этапы развития растительных сообществ в районе озера. В период между 4.3 и 3 тыс. л. н. вокруг озера доминировали степные сообщества с большой долей пустынных компонент, климат был теплым и сухим, вероятно, шли интенсивные процессы эрозии почв и частые пожары, о чем свидетельствуют очень высокие концентрации *Glomus* и частичек угля. После 3 тыс. л. н. также доминирует степь, но пустынные компоненты сокращаются, распространяются злаково-полынные степи, по берегам озера начинают расти макрофиты (рдест, уруть и рогоз). Появление в озере зеленых водорослей *Pediastrum boryanum* и *Botryococcus braunii* в этот период может быть связано с более высоким уровнем воды в озере. Климат, вероятно, был теплый и влажный. После 2 тыс. л. н. на территории распространяются лесостепь, климат остался достаточно влажным, но стал более холодным. В озерной воде увеличивается концентрация *Tetraedron minimum* и покоящихся спор цианобактерий (*Anabaena*), вероятно, из-за эвтрофикации озера. Возможно, процесс эвтрофикации происходит вследствие антропогенной нагрузки, связанной с земледелием и выпасом скота в окрестностях озера.

Данные об ассоциациях остракод из колонки донных отложений озера Малые Чаны [Хазин, 2013] согласуются с нашими данными и свидетельствует о том, что накопление осадков нижней части керн происходило в теплых, солоновато-водных условиях. Выше по разрезу структура остракодового сообщества соответствует холодным и пресным условиям осадконакопления, просуществовавшим до самого верха разреза. В интервале 100-70 см по изменению состава остракодовых ассоциаций фиксируется кратковременное непродолжительное потепление воды в озере, возможно связанное с понижением уровня воды в озере. И в целом по разрезу температура воды была выше современной [Хазин, 2013].

Такая картина изменений климата и растительности согласуется с данными из разреза Ярковский плес озера Чаны. Ярковский плес образовался как неглубокий болотистый олиготрофный водоем, а после 3.6 тыс. л. н. произошла смена условий осадконакопления: озеро превратилось в мелководный, слабосоленый, эвтрофный водоем с большим количеством макрофитов. Начиная с 3.4 тыс. л. н. в районе озера распространились березовые колки. После 2 тыс. л. н. озеро стало глубже. После 1 тыс. л. н. в регионе распространилась лесостепь с крупными массивами березовых колков, озеро оставалось неглубоким, эвтрофным, слабосоленным [Жилич и др., 2015].

Реконструированный нами теплый и сухой период в середине голоцена (до 4.3-4 тыс. л. н.) с последующим увлажнением и похолоданием фиксируется и по данным из озера Белое [Krivonogov et al. 2012], расположенного в лесостепной зоне, и озера Большое Яровое [Rudaya et al., 2012] из Кулундинской степи. В северном Казахстане также до 5.5 тыс. л.н. преобладали засушливые степные и полупустынные ландшафты. После этого периода климат стал влажнее [Kremenetski, Tarasov, Cherkinsky, 1997].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Реконструированы история развития озера Малые Чаны и изменения климата и растительности вокруг него за последние 4.3 тыс. лет. В начале своего существования озеро было мелководным и соленым. Климат в это время был сухой и теплый, вокруг озера была распространена полынная степь. После 3 тыс. л. н. доминирует злаково-полынная степь, климат становится более влажным. Озеро становится глубже, по берегам озера начинают расти водные растения. После 2 тыс. л. н. в районе озера распространяется лесостепь, климат остался достаточно влажным, но стал более холодным. Глубина Малых Чанов увеличивается и происходит эвтрофикация озера, прибрежная зона озер зарастает макрофитами.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ: 16-35-00369 мол_а (Жилич С.В.), 15-05-04918 А (Рудая Н.А.), 15-05-00678 А (Кривоногов С.К.).

ЛИТЕРАТУРА

Ермолаев В., Визер Л. 2010. Современное экологическое состояние озера Чаны (Западная Сибирь) // География и природные ресурсы. Т. 2. С. 40-46.

Жилич С.В., Рудая Н.А., Назарова Л.Б., Палагушкина О.В., Кривоногов С.К. 2015. Изменения озера Чаны и окружающих ландшафтов во второй половине голоцена // Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий. Т. XXI. С. 232-236.

Королюк А. Ю., Киприянова Л. М. 2005. Растительные сообщества Центральной Барабы (район озера Чаны) // Сибирский экологический журнал. Т. 12 (2). С. 193-200.

Хазин Л.Б. 2013. Голоценовые остракоды юга Западно-Сибирской равнины и Северного Казахстана: эколого-таксономические ассоциации, климатостратиграфическая корреляция и палеогеографические связи: автореферат дис. ... канд. геол.-мин. наук. Новосибирск.

Bakker M., Van Smeerdijk D. G. 1982. A palaeoecological study of a late Holocene section from "Het IJperveld", Western Netherlands // Review of palaeobotany and palynology. V. 36 (1). P. 95-163.

Blaauw M., Christen J.A. 2011. Flexible paleoclimate age – depth models using an autoregressive gamma process // Bayesian Analysis. V. 3 (6). P. 457-474.

Cook, E.J., van Geel, B., van der Kaars, S., van Arkel, J. 2011. A review of the use of non-pollen palynomorphs in palaeoecology with examples from Australia // Palynology. V. 35 (2). P. 155-178.

Dynamics. V. 12. P. 185-194.

Faegri K., Iversen J. 1989. Textbook of Pollen Analysis. Chichester: John Wiley & Sons. 328 p.

Grimm E. 2004. Tilia software 2.0.2. Illinois State Museum Research and Collection Center Springfield.

Kendall M.G., Stuart A. 1962. The advanced theory of statistics. V. 1: Distribution theory. London: Charles Griffin & Co, Ltd.

Kremenetski C.V., Tarasov, P.E., Cherkinsky A.E. 1997. The Latest Pleistocene in Southwestern Siberia and Kazakhstan // Quaternary International. V. 41-42. P. 125-134.

Krivanogov S.K., Takahara H., Yamamuro M., Preis Yu.I., Khazina I.V., Khazin L.B., Safonova I.Y., Ignatova N.V. 2012. Regional to local environmental changes in southern Western Siberia: evidence from biotic records of Mid to Late Holocene sediments of Lake Belye // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. V. 331-332. P. 177-193.

Prentice C.I., Guiot J., Huntley B., Jolly D., Cheddadi R. 1996. Reconstructing biomes from palaeoecological data: a general method and its application to European pollen data at 0 and 6 ka // Climate. V. 12. № 3. P. 185-194

Rudaya N., Nazarova L., Nourgaliev D., Palagushkina O., Papin D., Frolova L. 2012. Mid-late Holocene environmental history of Kulunda, southern West Siberia: vegetation, climate and humans // Quaternary Science Reviews. V. 48. P. 32-42.

Van Geel B. 2001. Non-pollen palynomorphs. V. 3. Tracking environmental change using lake sediments: Terrestrial, algal and siliceous indicators. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Van Geel B., Mur L. R., Ralska-Jasiewiczowa M., Goslar T. 1994. Fossil akinetes of Aphanizomenon and Anabaena as indicators for medieval phosphate-eutrophication of Lake Gosciadz (Central Poland) // Review of palaeobotany and Palynology. V. 83(1). P. 97-105.

LATE HOLOCENE CLIMATE AND VEGETATION CHANGES AROUND LAKE MALYE CHANY

Zhilich S.V., Rudaya N.A., Krivanogov S.K.

The paper presents the palynological and sedimentological study of bottom sediments of Lake Malye Chany. Lake Malye Chany is one of the five basins of the largest lake in Western Siberia – Lake Chany. Lake Malye Chany is situated in the forest-steppe zone in southern part of the West Siberia. Two rivers, Chulym and Kargat, flow into the lake. The climate of the area is continental. We used palynological method to reconstruct the late Holocene climate and vegetation around the lake and sedimentological method to reconstruct the history of the lake development. According to the sedimentological data we recognized two distinct stages in lacustrine conditions.

At the earliest stage terrigenous material dominated in the sediments, river's delta penetrated into the center of the lake which implies that lake was very shallow; about 4 ka BP climate around the lake was very dry, sage steppe dominated. Pollen samples from this stage contained large amount of chlamydozoospores of Glomus and charcoal particles. These non-pollen palynomorphs are indicators of dry climate and high intensively of soil erosion processes.

At the second stage after 3 ka BP sediments predominately consisted of organic matter and autogenic minerals, the lake became gradually deeper. According to pollen data the period between 3-2 ka BP was wetter and a bit colder than the previous one; local plant associations were dominated by sedge-grass steppe. After 2 ka BP climate became wetter and colder which resulted in a highest stand of the lake. Pollen samples from that stage showed high concentrations of green algae (Pediastrum boryanum, Botryococcus braunii, Tetradron minimum). These non-pollen palynomorphs are associated with open water estuaries with oligo- to mesotrophic conditions. From 2 ka BP onward concentrations of Anabaena akinetes increases dramatically. Blue-green alga Anabaena is an indicator of phosphoric eutrophication possibly related to human activity (farming, cattle breeding) in the lake region. During the period 2-0 ka BP forest-steppe dominates and lake banks have been gradually covered by macrophytes (pondgrass, typha, reed).

Keywords: palynology, sedimentology, Holocene, forest-steppe, climate, biomisation.

Поступила в редакцию: 15.01.2016
Переработанный вариант: 12.04.2016