

История растительности и климата последнего оледенения и голоцена в бассейне озера Баунт, Республика Бурятия

© *Е. В. Безрукова*^{1,2}, *П. П. Летунова*¹, *Н. Кулагина*³, *Т. С. Айсуева*¹, *А. А. Щетников*³, *М. А. Крайнов*¹, *Е. В. Кербер*¹, *В. С. Панов*², *О. Г. Шарова*¹, *О. В. Левина*¹, *Л. Л. Ткаченко*¹, *Е. В. Иванов*¹, *И. А. Филинов*³

¹ Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, г. Иркутск, Россия. E-mail: bezrukova@igc.irk.ru

² Институт археологии и этнографии СО РАН, г. Новосибирск, Россия

³ Институт земной коры СО РАН, г. Иркутск, Россия. E-mail: kulagina@crust.irk.ru

Впервые реконструирована эволюция растительности, климата Ципинской котловины за последние 30 тысяч лет на основе палинологического и рентгено-флуоресцентного изучения осадочной толщи озера Баунт. Установлено несколько этапов изменений режимов седиментации, связанных с вариациями климатических и гидрографических условий. Относительно высокое временное разрешение и надежная возрастная модель полученных записей позволили провести их сравнение ключевыми палеоклиматическими архивами Северного полушария. Это сравнение предполагает, что реконструированные сдвиги в растительности и климате позднего плейстоцена-голоцена Ципинской котловины могли контролироваться главным факторами, изменявшими климат всего северного полушария.

Ключевые слова: рентгено-флуоресцентный анализ; палинология; последний ледниковый максимум; голоцен; динамика ландшафтов; история климата.

Last Glacial and Holocene vegetation and climate history in the Lake Baunt catchment area, Buryat Republic

E. V. Bezrukova^{1,2}, *P. P. Letunova*¹, *N. V. Kulagina*³, *T. S. Aisueva*¹, *A. A. Shchetnikov*³, *M. A. Kraynov*¹, *E. V. Kerber*¹, *O. G. Sharova*¹, *O. V. Levina*¹, *L. L. Tkachenko*¹, *E. V. Ivanov*¹, *I. A. Filinov*³

¹ Vinogradov Institute of Geochemistry, SB RAS, Irkutsk, Russia. E-mail: bezrukova@igc.irk.ru

² Institute of Archaeology and Ethnography, SB RAS, Novosibirsk, Russia

³ Institute of the Earth's Crust, SB RAS, Irkutsk, Russia. E-mail: kulagina@crust.irk.ru

Vegetation and climate evolution of the Tsipa basin over the last 30 ky was reconstructed for the first time based on palynological and x-ray fluorescence study of the Lake Baunt bottom sediments. Several stages of sedimentation environments associated with variations in regional climatic and hydrographic conditions have been established. Relatively high temporal resolution and reliable age model of the obtained records allowed their comparison with the key paleoclimatic archives of the Northern hemisphere. This comparison suggests that the reconstructed shifts in vegetation and climate of the late Pleistocene-Holocene of the Tsipa basin could be controlled by the major factors that changed the climate of the entire Northern hemisphere.

Keywords: X-ray fluorescence analysis; palynology; Last Glacial maximum; Holocene; landscape dynamics; climate history.

Изучение истории растительности предоставляет ключевую информацию для оценки влияния изменений современного климата и климата будущего на состояние наземных гео- и экосистем любого региона. Следовательно, важно знать региональную историю и динамику наземной растительности в прошлом и причины ее вариаций. Озерные отложения рассматриваются как важнейшие архивы информации о растительности и климате, поскольку содержат разнообразные палеоботанические, геохимические и иные записи, необходимые для реконструкции изменений природной среды.

Оз. Баунт (Ципинская котловина, север Республики Бурятия) имеет тектоническое происхождение [1] и занимает третье место в Байкальском регионе по площади поверхности воды после оз. Байкал и оз. Гусиное. Его глубина достигает 33 м при средних значениях 17 м. Максимальную протяжённость в 19 км озеро имеет в направлении юго-запад — северо-восток при наибольшей ширине 9 км. Площадь акватории составляет 111 км². Окружающие на востоке озеро аккумулятивные равнины несут хорошо морфологически выраженные следы отступления [Щетников, 2015] — здесь расположено 12 древних береговых валов высотой до 2,5 м и шириной до 40 м. Все это свидетельствует об активной новейшей геодинамике баунтовской впадины и переукладке блоков ее фундамента. Основные притоки: реки Верхняя Ципа и Ципикан. Из озера вытекает река Нижняя Ципа.

Однако до настоящего времени бассейн этого озера остается слабоизученным регионом, для которых неизвестно палеогеографических реконструкций. Водоем располагается на высоте 1060 м над уровнем моря. В бассейне озера преобладают лесные, кустарниковые, лугово-болотные фитоце-

нозы на многолетней мерзлоте. В лесной растительности господствует светлехвойная тайга из лиственницы Гмелина.

Бурение донных отложений оз. Баунт было осуществлено в марте 2014 года со льда. Длина керна составила 13,7 м. В литологическом строении вскрытых отложений преобладают диатомовые илы и алевроитистые глины. Для определения возраста отложений были получены двенадцать AMS¹⁴C датировок по общему органическому веществу в радиоуглеродной лаборатории г. Познань (Польша). Возраст основания керна составил почти 30 тысяч калиброванных лет.

Образцы из керна были изучены с применением комплекса методов — геохимического (РФА), петромагнитного, палинологического. Основной интерпретации пыльцевой записи стали результаты изучения состава 20 субрецентных спорово-пыльцевых спектров (СПС) из различных растительных ассоциаций Ципинской котловины. В общем составе этих СПС пыльца древесных растений составляет 20–35%. Преобладает пыльца сосны *Pinus sylvestris* (10–30%), лиственницы *Larix* (4–10%). Основу СПС формирует пыльца кустарниковых берез *Betula nana-type* (20–40%), ольховник *Duschekia fruticosa* (до 20%). Почти во всех СПС есть стомы хвойных. Таким образом, субрецентные СПС адекватно отражают состав современной растительности Ципинской котловины на региональном и локальном уровнях.

Результаты комплексного анализа показали, что в финале каргинского мегаинтерстадиала (MIS 3) и в максимум последнего оледенения ~30–22.5 тыс. лет назад (т.л.н.) в бассейне оз. Баунт преобладали марево-полюньными разнотравные ксеро-мезофитные степи. Часть прибрежной зоны озера и впадавших в него водотоков была занята заболоченными осоковыми группировками. Постоянное присутствие в СПС этого времени незначительного количества пыльцы ели, кустарников может свидетельствовать в пользу существования, возможно, по долинам водотоков островков древесно-кустарниковой растительности из ели, ивы, кустарниковой березки. Минимальное содержание органического вещества (ОВ), SiO_{2био} и массовых скоростей его аккумуляции, низкие значения CIA индекса в отложения интервала ~30–22.5 т.л.н. поддерживают палинологические реконструкции в пользу холодного и сухого климата этого интервала. Самые низкие значения отношения MnO/Fe₂O₃ для осадков этого этапа предполагает восстановительные условия на границе осадка и воды при их накоплении.

Позднее, ~22.5–20.6 т.л.н., в водосборном бассейне озера произошло быстрое расширение кустарниковых тундр из ольховника и березок, возможно, с островками древесной растительности из лиственницы, ели. Значительное сокращение осоковых ассоциаций могло означать повышение уровня воды в озере, с.

Несколько повышенное содержание органического вещества (ОВ), SiO_{2био}, CIA в отложения интервала ~22.5–20.6 т.л.н. не противоречат палинологическим реконструкциям о повышении воды в озере, увеличении биопродуктивности водной системы. Повышенные значения MnO/Fe₂O₃ для осадков этого этапа также предполагают смену восстановительных условий на преимущественно окислительные.

Кратковременное улучшение климата в бассейне и котловине оз. Баунт ~22.5 т.л.н., вероятно, следует рассматривать как реакцию всей озерной экосистемы на потепление климата Северного полушария GI-2 23340 л.н., установленного в изотопных записях ледника Гренландии NorthGRIP и сталагмитах пещер Китая [Svensson et al., 2008].

Состав СПС из отложений, сформировавшихся ~20.6–17.5-т.л.н. предполагает новый этап господства безлесных ландшафтов с редкими островками елово-лиственничных редколесий. Отличительной чертой растительности этого этапа было самое широкое за все 30 тысяч лет расселение заболоченных осоковых группировок. Вероятно, этому способствовало максимальное развитие в бассейне оз. Баунт многолетней мерзлоты в условиях холодного климата с коротким и прохладным летним периодом. Незначительная глубина протаивания мерзлоты летом, низкое испарение способствовали заболачиванию территории. Геохимические индексы изменения природной среды поддерживают палинологические реконструкции.

Позднее, ~17.5–14 т.л.н., в водосборном бассейне озера снова наступило господство кустарниковой тундры из ольховника и березок, возможно, с островками древесной растительности из лиственницы, ели. Значительное сокращение осоковых ассоциаций могло означать некоторое повышение уровня воды в озере, приведшее к затоплению прибрежных заболоченных пространств в условиях некоторого потепления. При этом геохимические индексы свидетельствуют о повышении продуктивности озерной системы ~17.5–15 т.л.н., а затем ее резком снижении ~15–14 т.л.н..

Начавшееся позднее 14 т.л.н. расселение древесной растительности с участием сосен сибирской *Pinus sibirica* и обыкновенной *P.sylvestris*, березы *Betula sect. Alba* было несколько приостановлено

около 13-11.5 т.л.н., а затем снова возобновлено. Короткий период угнетения лесной растительности соответствует похолоданию стадиала Молодой Дриас. Геохимическая запись оз. Баунт также показывает влияние этого стадияльного похолодания на процессы химического выветривания в водосборном бассейне озера.

Непрерывное расширение лесной растительности в бассейне оз. Баунт с участием обеих сосен, ели началось позднее 11.5 т.л.н. с наступлением голоцена. Однако оптимальный этап развития лесной растительности из сосен, ели завершился около 6 т.л.н., совпадая с его завершением на всей территории Байкальского региона.

Позднее 6 т.л.н. в бассейне оз. Баунт наступил неогляциальный период голоцена, отличительной чертой которого стало господство в растительности Ципинской котловины лиственных лесов, расселение кедрово-стланиковых группировок в высокогорной зоне и ерниковых — в прибрежной зоне оз. Баунт. Изменения значений геохимических индексов также отражают наступление неогляциальных условий позднее 6 т.л.н.

Относительно высокое временное разрешение и надежная возрастная модель комплексной записи природной среды из донных отложений оз. Баунт позволяет провести корреляции выявленных палеогеографических событий с таковыми из ключевых записей северного полушария. Эти корреляции предполагают, что реконструированные ландшафтно-климатические изменения в бассейне оз. Баунт в позднем плейстоцене и голоцене могли контролироваться основными факторами, изменявшими климат всего северного полушария.

В отсутствие в настоящее время иных записей природной среды Ципинской котловины, первая, представленная здесь запись, может служить региональным стратотипом части каргинского мегаинтерстадиала, полной стадии сартанского оледенения и современного межледникового периода.

Работа выполнена при финансовой поддержке проектов РНФ № 16-17-10079 (палинологические исследования) и в соответствии с государственным заданием ИГХ СО РАН (№ 0350–2017–0026), а также Интеграционной программы № 0341-2016-001.

Литература

1. Щетников А. А. Проблемы морфотектогенеза озерных котловин (на примере Байкальской рифтовой зоны) // Тихоокеанская геология. 2007. Т. 26. № 2. С. 18–29.

Безрукова Елена Вячеславовна, доктор географических наук, главный научный сотрудник Института геохимии им. А.П. Виноградова, г. Иркутск.