

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ЮГА ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ ПОСЛЕ ЗАВЕРШЕНИЯ ПОСЛЕДНЕГО ОЛЕДЕНЕНИЯ

Безрукова^{1,2} Е.В., Летунова^{1,2} П.П., Шарова^{1,2} О.Г.

¹*Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, Иркутск,
e-mail: bezrukova@igc.irk.ru;*

²*Институт археологии и этнографии СО РАН, Новосибирск.*

Изменение природной среды, особенно климата и растительности после завершения последнего ледникового периода является предметом комплексных исследований, поскольку знание динамики природной среды прошлого может позволить правильно понять ее тенденции в ближайшем будущем.

Для Байкальского региона уже получено множество научных результатов, демонстрирующих его высокую чувствительность к изменениям природной среды прошлого [Prokopenko et al., 1999; Demske et al., 2005; Безрукова и др., 2009]. Результаты же пыльцевого анализа предоставляют ценнейшую палеоэкологическую информацию для понимания истории природной среды и климата разного географического масштаба – от регионального до глобального. На сегодняшний день в исследуемом регионе, с его сложным горным рельефом, обусловившим вариации регионального климата и растительности, количество палинологически изученных объектов распределено неравномерно. Кроме того, пыльцевые записи из различных районов юга Восточной Сибири имеют разный возраст [Безрукова и др., 2005, 2008а, 2009; Складов и др., 2010]. Однако следует отметить, что далеко не все региональные данные об изменении растительности имеют столь детальное расчленение и обеспечение хронологическим контролем, как это присуще многим пыльцевым записям из Евразии [напр., Brauer et al., 2008]. И только единичные пыльцевые записи сопровождаются результатами изучения других индикаторов изменения природно-климатических условий из тех же осадочных разрезов, из которых получены и результаты палинологического анализа. Между тем, именно комплексные исследования позволяют адекватно оценивать вариации климата любой территории.

Цели настоящего сообщения – краткий синтез истории региональной растительности как показателя изменения климата, уточнение хронологической последовательности динамики природной среды, межрегиональная корреляция выделенных событий в истории растительности и климата, обсуждение возможных причин изменения ряда геохимических индикаторов климата и перестройки природной среды региона после последнего оледенения.

Современная растительность вокруг озера Байкал детально описана [Моложников, 1986 и др.]. Поэтому в настоящей статье мы приведем только ее общую характеристику. Лесная растительность с господством светлохвойных элементов дендрофлоры – сосны обыкновенной [*Pinus sylvestris*] и лиственницы [*Larix*] - преобладает на относительно сухих горных склонах восточной экспозиции, в то время, как темнохвойные древесные – сосна сибирская [*Pinus sibirica*], ель [*Picea obovata*], пихта [*Abies sibirica*] – занимают более влажные склоны северной и западной экспозиции. Причем, ель и пихта занимают ограниченные пространства. Пихта образует кедрово-пихтовые леса там, где сумма атмосферных осадков превышает 600 мм. У верхнего предела лесной растительности высокогорных хребтов преобладают кустарниковые сообщества ольховника [*Duschekia fruticosa*], ивы [*Salix*], кустарниковых березок [*Betula sect. Fruticosae* и *sect. Nanae*] и кедрового стланика [*Pinus pumila*]. Выше кустарниковых горных тундр распространены альпийские луга, заросли папоротников. Степная и лесостепная растительность с *Pinus sylvestris* и островками из ильма [*Ulmus pumila*] обычна для бассейна р. Селенги. Севернее интразональные участки степной растительности распространены на о. Ольхон и в Приольхонье.

В основу палеогеографических реконструкций положены результаты изучения отложений болот и малых озер с разных побережий озера Байкал и результаты палинологического исследования донных осадков самого озера Байкал. Возрастные модели изученных осадочных разрезов базируются на 56 радиоуглеродных датах. В настоящем сообщении используются только калиброванные значения возраста. Временное разрешение большей части пыльцевых записей близко к вековому. Качественные и количественные реконструкции динамики растительности, ландшафтов, климата, проведенные на основе пыльцевых записей, на сегодняшний день могут рассматриваться для юга Восточной Сибири как опорные. Периоды изменения региональных ландшафтов и климата и их хронологическая последовательность сравнивались с кислородно-изотопной шкалой NGRIP. Сравнение проводилось для понимания возможных механизмов, определяющих динамику климата и растительности региона.

Время завершения последнего оледенения в регионе определено следующим образом. Накопление иловатых глин, обогащенных органической составляющей, в озере Байкал и в озере Котокель началось 14000-15000 лет назад [Karabanov et al., 2004; Безрукова и др., 2008]. Базальные слои торфа на разных побережьях озера Байкал датируются в интервале от 11800 до 15000 л.н., а подстилающая торф озерная гиттия существовала уже 17000-15800 лет назад [Безрукова и др., 2009]. Максимум последнего оледенения в Европе завершился 18-17 тыс. л.н. [Vescovi et al., 2007]. Свидетельством улучшения регионального климата служит постепенное расширение площадей древесно-кустарниковой растительности в бассейне озера Байкал и в котловине оз. Котокель около 17 тыс. л.н. [Demske et al., 2005; Bezrukova et al., 2010]. Реконструкция типов растительности показала значительное распространение лесной и тундровых ассоциаций наряду со степными. Такое сочетание ландшафтов свидетельствует о холодном, но не экстремально аридном климате. Тесная связь между динамикой климата в бассейне озера Байкал и в Северной Атлантике [Prokopenko et al., 1999] позволяет допустить, что это региональное потепление соответствовало позитивному экскурсу в кислородно-изотопной шкале NGRIP около 17-16 тыс. л.н. [NGRIP members, 2004]. Оно могло вызвать в регионе таяние горных ледников, глубокое протаивание летом многолетней мерзлоты, что и обеспечивало относительно высокую влажность почв и развитие растительности, характерной для тундровых и лесотундровых группировок. Условия природной среды региона ~16-14.5 тыс. л.н. становились менее благоприятными для древесной растительности. В общем, региональные изменения в растительности около 16-14.6 тыс. л.н. согласуются с общим ухудшением глобального климата [Rose et al., 2010].

Особенно заметные изменения в растительности исследуемого региона произошли ~14.5-12.5 тыс. л.н. Очевидно, что в это время региональный климат стал теплее и влажнее, чем в предыдущее время, обусловив распространение лесной растительности. Новый интервал сокращения лесной растительности произошел ~ 12.5-11.7 тыс. л.н. и был вызван наступлением холодных, но довольно влажных условий. Этот временной интервал проявился синхронно с общим ухудшением глобального климата в Позднем Дриасе.

Реконструкция количественных параметров климата в голоцене на основе пыльцевых записей из озера Байкал и Котокель [Tarasov et al., 2007; Tarasov et al., 2009] показала, что переход к условиям современного межледниковья – голоцена – имел место около 11.5-11.7 тыс. л.н. Эта временная граница находится в соответствии с нижней границей голоцена в Глобальном стратотипическом разрезе и ряде других регионов, позволяя предполагать почти синхронный ответ исследуемой территории на глобальные климатические изменения. С этого времени начался региональный процесс расширения елово-лиственничных лесных сообществ и формирования низинных осоковых болот.

Максимальное распространение темнохвойных лесов из *Abies sibirica* и *Pinus sibirica* ~10.5-6 тыс. л.н. в регионе служит индикатором регионального оптимума голоцена [Безрукова и др., 2005; Demske et al., 2005; Tarasov et al., 2007] и не противоречит времени наступления оптимума голоцена в высоких и умеренных широтах Евразии [Sun et al., 2010]. Ранее проведенные реконструкции количественных характеристик регионального климата в

оптимум голоцена [Tarasov et al., 2007, 2009] демонстрируют наступление ~10.5-6,5 тыс. л.н. более теплых зимних сезонов и повышение средних значений суммы атмосферных осадков [до 550-500 мм/год]. Палинологические данные свидетельствуют, что *Pinus sylvestris* стала господствующим элементом растительности примерно с 6.5-6 тыс. л.н. Позднеголоценовый тренд похолодания, имевший место во многих районах Северного полушария, в Байкальском регионе наиболее ясно проявился в снижении средней температуры зимы [Tarasov et al., 2009].

Реконструкции природной среды в Байкальском регионе свидетельствуют об отсутствии глубоких изменений за последние 6.5-6 тысяч лет. Однако менее значительная перестройка могла иметь место ~2500 л.н. [Безрукова и др., 2008]. Результаты диатомового анализа, подсчета концентрации частиц углей, изучения сообществ амёб дополняют и детализируют палинологические исследования, в целом подтверждая общий тренд изменчивости природной среды региона в позднеледниковье и голоцене.

Комплексное исследование разнотипических отложений из различных районов юга Восточной Сибири позволило получить непрерывную, датированную, детальную информацию о динамике локальной растительности и климата всего позднеледниковья и голоцена, провести внутри- и межрегиональные сравнения динамики растительности и климата для понимания возможных причин этих изменений. Сопоставление временных границ изменения природной среды в различных районах юга Восточной Сибири с ее изменениями в региональных и глобальных опорных геохронологических шкалах предполагает тесную связь вариаций регионального климата с крупномасштабными изменениями природной среды в Северо-Атлантическом регионе и почти синхронный ответ исследуемой территории на глобальные климатические изменения. Однако, следуя, в целом, тенденции климатических вариаций Северного полушария, изменения растительности и климата северо-восточного побережья Байкала имеют ряд особенностей. Для установления точной хронологии регионального оптимума современного межледниковья необходимо детальное датирование новых записей изменения природной среды.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 12-05-00476-а), программы Президиума РАН №4 (проект № 4.9), проекта Президиума РАН IX.81.1.2.

Литература

Безрукова Е.В., Абзаева А.А., Летунова П.П., Кулагина Н.В., Орлова Л.А. Свидетельства нестабильности природной среды озера Байкал после последнего оледенения на примере пыльцевых записей из болотных экосистем // Археология, этнология и антропология Евразии. 2009. Т. 37. № 3. С. 17-25.

Безрукова Е.В., Белов А.В., Летунова П.П., Абзаева А.А., Н.В. Кулагина, Фишер Е.Э., Орлова Л.А., Шейфер Е.В., Воронин В.И. Биостратиграфия торфяных отложений и климат северо-западной части горного обрамления озера Байкал в голоцене// Геология и геофизика. 2008б. Т. 49. № 6. С. 547-558.

Безрукова Е.В., Данько Л.В., член-корр. Снытко В.А., Летунова П.П., Орлова Л.А., Кузьмин С.Б., Вершинин К.Е., Абзаева А.А. Новые данные об изменении растительности западного побережья озера Байкал в среднем-позднем голоцене // Доклады Академии наук. 2005. Т. 401. № 1. С.100-105.

Безрукова Е.В., Кривоногов С.К., Такахара Х., Летунова П.П., Шичи. К., Абзаева А.А., Кулагина Н.В., Забелина Ю.С. Озеро Котокель – опорный разрез позднеледниковья и голоцена юга Восточной Сибири // Доклады Академии наук. 2008а. Т. 420. № 2. С. 248-253.

Моложников В.Н. Растительные сообщества Прибайкалья. – Новосибирск: Наука, 1986. – 270 с.

Склярёв Е.В., Солотчина Э.П., Вологина Е.Г., Игнатова Н.В., Изох О.П., Кулагина Н.В., Склярёва О.А., Солотчин П.А., Столповская В.Н., Ухова Н.Н., Федоровский В.С., Хлыстов

О.М. Детальная летопись климата голоцена из карбонатного разреза соленого озера Цаган-Тырма (Западное Прибайкалье) // Геология и геофизика. 2010. Т. 51. № 3. С. 303-328.

Bezrukova, E., Tarasov, P., Solovieva, N., Krivonogov S., Riedel, F. Last glacial–interglacial vegetation and environmental dynamics in southern Siberia: Chronology, forcing and feedbacks // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2010. V. 296 (1-2). P. 185-198.

Brauer A., Haug G.H., Dulski P., Sigman D.M., Negendank J.F.W. An abrupt wind shift in western Europe at the onset of the Younger Dryas cold period // *Nature Geoscience*. 2008. V. 1. P. 520-523.

Demske D., Heumann G., Granoszewski W., Bezrukova E., Oberhansli H. Late Glacial and Holocene vegetation and regional climate variability evidenced in high-resolution pollen records from Lake Baikal // *Global and Planetary Change*. 2005. V. 46. P. 255-279.

Karabanov E., Williams D., Kuzmin M., Khursevich G., Prokopenko A., Solotchina E., Fedenya S., Kerber E., Gvozdkov A., Khlustov O., Bezrukova E., Letunova P. Ecological collapse of Lake Baikal and Lake Hovsgol ecosystems during the Last Glacial and consequences for aquatic species diversity // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2004. V. 209. P. 227-243.

North Greenland Ice Core Project members. North Greenland Ice Core Project Oxygen Isotope Data, IGBP Pages/Word Data Center for Paleoclimatology Data Contribution Series №2004-059, NOAA/NGDC Paleoclimatology Program, Boulder CO, USA, 2004.

Prokopenko A.A., Williams D.F., Karabanov E.B., Khursevich G.K. Response of Lake Baikal ecosystem to climate forcing and $p\text{CO}_2$ change over the last glacial-interglacial transition // *Earth and Planetary Science Letters*. 1999. M. 172. P. 239–253.

Rose K.A., Sikes E.L., Guilderson T.P., Shane Ph., Hill T., Zahn R., Spero H.J. Upper-ocean-to-atmosphere radiocarbon offsets imply fast deglacial carbon dioxide release // *Nature*. 2010. V. 466. P. 1093-1097.

Sun Q., Wang S., Zhou J., Chen Z., Shen J., Xie X., Wu F., Chen P. Sediment geochemistry of Lake Daihai, north-central China: implications for catchment weathering and climate change during the Holocene // *Journal of Paleolimnology*. 2010. V. 43. P. 75-87.

Tarasov P., Bezrukova E., Karabanov E., Nakagawa T., Wagner M., Kulagina N., Letunova P., Abzaeva A., Granoszewski W., Riedel F. Vegetation and climate dynamics during the Holocene and Eemian interglacials derived from Lake Baikal pollen records // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2007. V. 252. P. 440-457.

Tarasov P., Bezrukova E., Krivonogov S. Late Glacial and Holocene changes in vegetation cover and climate in southern Siberia derived from a 15 kyr long pollen record from Lake Kotoke // *Climate of the Past*. 2009. V. 5. P. 285-295.

Vescovi E., Ravazzi C., Arpentini E., Finsinger W., Pini R., Valsecchi V., Wick L., Ammann B., Tinner W. Interactions between climate and vegetation during the Lateglacial period as recorded by lake and mire sediment archives in Northern Italy and Southern Switzerland // *Quaternary Science Reviews*. 2007. V. 26. P. 1650-1669.