



УДК [581.524.3:51.794](282.256.341.210.5-15)

Растительность и климат Танхойской подгорной равнины (южное побережье оз. Байкал) в позднеледниковье и голоцене*

О. Г. Шарова, Е. В. Безрукова, П. П. Летунова

Институт геохимии им. А. П. Виноградова СО РАН

Иркутская лаборатория археологии и палеоэкологии ИАЭТ СО РАН

Н. В. Кулагина, А. А. Щетников, И. А. Филинов

Институт земной коры СО РАН

Е. В. Иванов, О. В. Левина

Институт геохимии им. А. П. Виноградова СО РАН

Аннотация. Танхойская подгорная равнина находится на южном побережье оз. Байкал, между озером и хр. Хамар-Дабан. В настоящее время климат этого района характеризуется как влажный и умеренно континентальный на фоне резко континентального климата региона. Такие климатические условия обеспечили здесь широкое развитие влажной темнохвойной тайги, где главными элементами являются сосна сибирская и пихта сибирская. Уникальность района подчеркивается и сохранением в растительности реликтовых растений. Несмотря на важность палеогеографических исследований на южном побережье оз. Байкал, для этого района известно не так много надежно датированных осадочных записей с достаточно высоким временным разрешением в 100–200 лет. Между тем изменения природной среды в позднеледниковье – голоцене могли иметь важное значение для развития социкультур в этом районе. Целью настоящего исследования стала реконструкция природной среды Танхойской равнины на протяжении последних 14 тыс. лет, выявление ее причин. Для этого мы представляем: 1) результаты палинологического и радиоуглеродного анализа осадочных кернов из двух болотных массивов – Дулихинского и Очкового; 2) реконструкцию растительности и климата в позднеледниковье и голоцене.

Ключевые слова: палинологические записи, история растительности, южное побережье оз. Байкал, позднеледниковье – голоцен, региональные и глобальные вариации климата.

* Аналитические и экспедиционные работы частично поддержаны РФФИ, проект № 15-05-01644, а также Программой ФНИ государственных академий наук VIII.69.1.1. и Программой фундаментальных исследований Президиума РАН № 18.

Введение

Исследования изменений климата и природной среды в Байкальском регионе в позднеледниковье и голоцене значительно расширились в последние десятилетия, открывая все более важные детали в изменчивости температурного режима, вариациях влажности и динамике растительности этой территории. Палеоэкологические данные, полученные в результате изучения донных отложений оз. Байкал [Глубокие изменения ... , 1991; Ecological collapse ... , 2004; Late glacial ... , 2005; A reassessment ... , 2011], малых озер и торфяников Байкальского региона [Post-glacial history ... , 2005; Last glacial-interglacial ... , 2010; Bezrukova, Belov, Orlova, 2011; Vegetation dynamics ... , 2013; Multiproxy ... , 2013], позволили повысить временное разрешение реконструкций природной среды голоцена и усовершенствовать их возрастные модели. Эти данные, объединенные с реконструкциями количественных параметров климата и ландшафтов позднего ледниковья и голоцена [Vegetation and climate ... , 2007; Tarasov, Bezrukova, Krivonogov, 2009] и численными моделями климата [Bush, 2005], привели к более надежным реконструкциям разного географического масштаба. Такие реконструкции стали основой для понимания истории локальных/региональных ландшафтов и менявшихся природных условий, в которых обитали группы охотников-собирателей с конца позднего палеолита. При этом, несмотря на возрастающее количество публикаций об исследованиях природной среды позднеледниковья и голоцена Байкальского региона, данные о растительности и климате южного побережья оз. Байкал, где находится Шаманка II – один из интереснейших региональных геологических объектов раннеолитической культуры, остаются довольно редкими. В настоящей статье приведено обобщение новых и уже известных результатов палеогеографических исследований района. На этой основе детализирована история природной среды и климата южного побережья оз. Байкал, этапы которой сравниваются с ходом глобальных климатических изменений, что позволило лучше понять причины региональных вариаций природной среды.

Общая характеристика района исследования

В современной растительности южного побережья оз. Байкал, в пределах Танхойской подгорной равнины, преобладает южносибирская тайга, в которой доминируют темнохвойные леса из кедра сибирского *Pinus sibirica* и пихты *Abies sibirica*. Ель *Picea obovata* также встречается в составе древостоя в виде незначительной примеси в пихтово-кедровых лесах, особенно в затемненных долинах и ущельях на холодных почвах, иногда образуя небольшие ельники в долинах рек. Лиственница *Larix sibirica* растет преимущественно на заболоченных территориях или на местах вырубки коренной тайги. Береза *Betula platyphylla* образует производные группировки, замещающие темнохвойные леса на вырубках и гарях.

Место расположения верхового болота Дулиха на южном побережье оз. Байкал в долине одноименной реки показано на рис. 1 (точка 3). Локаль-

ная растительность вокруг точки бурения представлена осоково-злаковыми группировками из видов семейств Сурегасеae и Роасеae, подушками сфагновых мхов *Sphagnum*, куртинами вересковых кустарничков Егисеae, среди которых растут единичные низкорослые экземпляры *Pinus sibirica*.

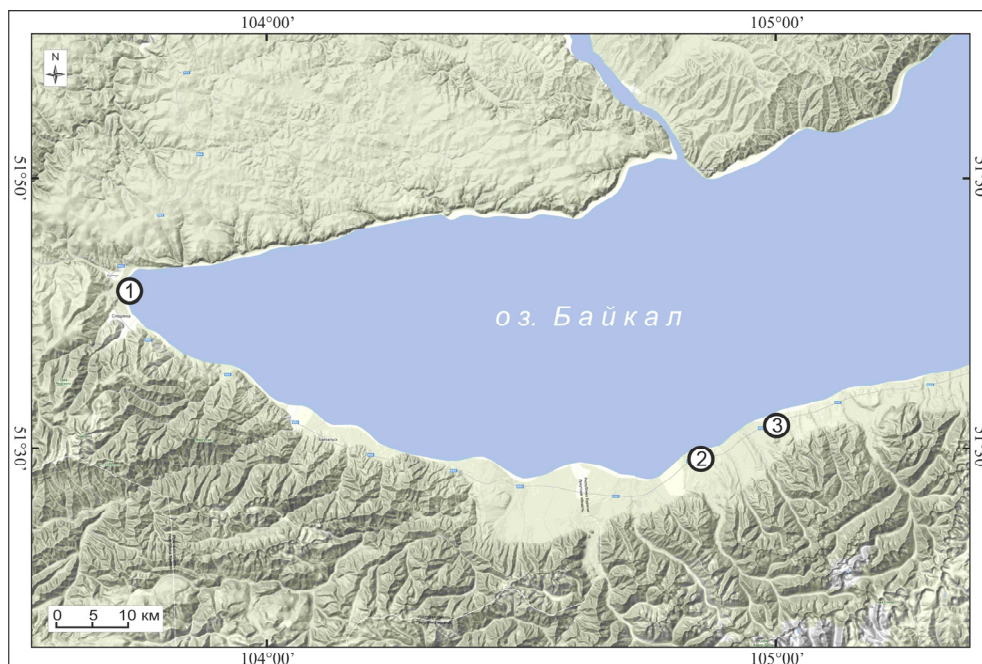


Рис. 1. Расположение объектов на южном побережье оз. Байкал: 1 – мыс Шаманский, 2 – торфяник Очковое, 3 – Дулихинский торфяник

Верховое болото Очковое (рис. 1, точка 2) располагается в 17 км к востоку от торфяника Дулиха, на правом берегу р. Выдриная. Растительность вблизи торфяника представлена лесом из *Pinus sibirica*. Локальная растительность на болоте сформирована из багульниково-осоково-сфагновых ассоциаций с *Betula platyphylla*. В древесном ярусе присутствует *Betula platyphylla*, *Pinus sibirica*. В подросте – *Abies sibirica*, *Picea obovata*, в кустарниковом ярусе есть березка кустарниковая *Betula nana* subsp. *rotundifolia*. Растительность травяно-кустарничкового яруса сформирована багульником *Ledum palustre*, клюквой *Oxycoccus palustris*, осоками *Carex pauciflorum*, *Carex limosa*, пушицей *Eriophorum vaginatum*, шейхцерией *Scheuchzeria palustris*. В моховом ярусе преобладает *Sphagnum*.

Климат территории относится к умеренно континентальному типу [Байкал ... , 1993]. Средние температуры июля, января и года составляют +14,4 °С, –7,7 °С и –0,7 °С соответственно. Средняя годовая сумма атмосферных осадков изменяется от 600 до 800 мм. Максимумы осадков характерны для высокогорных территорий (ст. Хамар-Дабан, более 1000 мм/год).

Материалы и методы

Бурение проведено с использованием поршневого бура системы UWITEC. Мощность позднеледниковых и голоценовых отложений керна Дулиха равна 500 см [Свидетельства нестабильности ... , 2009]. Верхние 480 см представлены торфом разной степени разложения, нижние 20 см сформированы озерной гиттией. Возрастная модель разреза базируется на трех радиоуглеродных определениях абсолютного возраста, полученных с применением ускорительной масс-спектрометрии (табл. 1).

Длина керна из торфяника Очковое составляет 458 см. Почти вся толща сформирована торфом разного состава, и только нижние 18 см представлены озерной гиттией с примесью минеральных частиц глинистой размерности. Возрастная модель разреза базируется на шести радиоуглеродных датах, полученных ^{14}C -методом в Лаборатории геологии и палеоклиматологии кайнозоя ИГМ СО РАН, г. Новосибирск (табл. 1).

Таблица 1

Результаты и материал для радиоуглеродного анализа

Интервал в разрезе, см от поверхности	Радиоуглеродный возраст, л. н.	Лабораторный индекс	Калиброванный возраст, л. н.	Датированный материал
Очковое				
50–56	2520±75	СОАН-7693	2588±119	Торф
100–106	4415±95	СОАН-7694	5072±158	Торф
200–206	6120±120	СОАН-7695	7003±153	Древесина
300–306	7590±140	СОАН-7696	8392±145	Торф
400–406	8510±130	СОАН-7697	9503±150	Торф
440–446	11 260±180	СОАН-7698	13 163±203	Гиттия
Дулиха				
300	7620±115	NUTA-5615	8425±32	Семена
399	9185±55	АА-37974	10 362±79	Торф
475	11 110±120	NUTA-6038	13 010±128	Торф

Для целей настоящей статьи радиоуглеродные значения возраста пересчитаны в калиброванные значения с использованием программы CalPal [Danzeglocke, Joris, Weninger, 2011]. Калиброванные значения позволяют проводить прямые корреляции выявленных палеоэкологических событий с ключевыми записями изменения глобального климата. Результаты приведены в табл. 1. Далее в статье используются только калиброванные значения возраста.

Хронологические рамки палинозон рассчитаны методом линейной интерполяции между датированными горизонтами. Для извлечения дополнительной информации о климатических особенностях был применен сравнительный анализ динамики суммы пыльцы древесных растений в обоих разрезах с пыльцевым индексом густоты леса (ИГЛ) и трендом климата Северного полушария. ИГЛ рассчитан как отношение суммы пыльцы древесных растений к сумме пыльцы недревесных. Выделенные на диаграммах зоны при интерпретации рассматриваются комплексно с позиции динамики, растительности и климата. Они обозначены как Длх (Дулиха) и Очк (Очковое).

Результаты

Палиностратиграфия

Торфяник Дулиха. Экстраполяция позволяет оценить возраст основания разреза в 13,5 тыс. л. н. (рис. 2). Методом спорово-пыльцевого анализа изучен каждый пятый сантиметр. При таком интервале опробования среднее временное разрешение записи составляет 130 лет. На спорово-пыльцевой диаграмме отложений торфяника Дулиха выделено пять зон, описание которых приведено снизу вверх.

Длх-5: *Larix – Picea – Salix – Betula nana-type – Betula alba-type* (500–480 см, около 13,5–13 тыс. л. н.). В спектрах зоны доминирует пыльца кустарников, составляя в среднем 45 % от общего состава пыльцы и спор. В этой группе преобладает пыльца березки кустарниковой, в меньшей степени – ольховника *Duschekia fruticosa* и ивы *Salix*. В группе пыльцы древесных растений, относительное обилие которой составляет в среднем 40 %, господствует пыльца ели, лиственницы, березы. Среди пыльцы трав преобладает пыльца вересковых, злаковых, полыней *Artemisia*, лютиковых *Ranunculaceae*, гречишных *Polygonaceae*. Споровые растения представлены плаунами *Lycopodiaceae* лесных и тундровых мест обитания и мхами *Sphagnum*.

Длх-4: *Artemisia – Larix – Picea – Betula nana-type – Betula alba-type – Cyperaceae – Polypodiophyta* (480–405 см, около 13–10,5 тыс. л. н.). Доминирует пыльца травянистых растений. В общем составе спектров обилие пыльцы древесных снизилось до 20 %, а доминирующими таксонами по-прежнему являются *Picea obovata*, *Larix*, *Betula alba-type*, при этом обилие пыльцы ели намного сократилось. В группе кустарников снизилось процентное содержание пыльцы ольховника и ивы, повысилось – пыльцы кустарниковых берез. Среди пыльцы трав господствует пыльца осок, ей сопутствует пыльца зонтичных *Ariaceae*, сложноцветных *Asteraceae*. Увеличилось обилие спор хвощей *Equisetum*, почти исчезли споры сфагнов.

Длх-3: *Abies sibirica – Picea obovata – Betula alba-type* (405–270 см, возрастные границы около 10,5–7,5 тыс. л. н.). Значительно увеличилось содержание пыльцы древесных растений, причем если в начале зоны (405–380 см) преобладает пыльца ели и березы, то в остальной части СПС зоны ее сначала замещает пыльца пихты, а к верхней границе зоны – пыльца березы, кедра сибирского. В СПС этой зоны появляется пыльца сосны, обилие которой медленно, но устойчиво повышается к верхней границе зоны. Пыльцы трав стало существенно меньше, особенно пыльцы осок и лугово-степного разнотравья. Появились споры хвощей и сфагновых мхов.

Длх-2: *Pinus sylvestris – Pinus sibirica – Betula alba-type* (270–150 см, около 7,5–4,5 тыс. л. н.). В СПС стало еще больше пыльцы древесных растений, в составе которых сменились доминанты – резко снизилось обилие пыльцы пихты, ели, повысилось – кедра сибирского, сосны. Одновременно несколько возросло содержание пыльцы лугового разнотравья.

Длх-1: *Betula alba-type – Pinus sylvestris – Pinus sibirica* (150–0 см, последние примерно 4,5 тыс. лет). СПС зоны характеризуются самым высоким содержанием пыльцы древесных по сравнению с СПС других зон. Доминантой стала пыльца кедра сибирского и сосны.

Торфяник Очковое. Экстраполяция позволяет оценить возраст основания разреза в 14 тыс. л. н. (рис. 3). Среднее временное разрешение записи составляет 150–200 лет. На спорово-пыльцевой диаграмме отложений торфяника Очковое выделено пять зон, описание которых приведено снизу вверх.

Очк-5: *Betula alba-type* – *Duschekia* – *Salix* – *Atemisia* – Cyperaceae (460–400 см, около 14–10 тыс. л. н.). В спектрах зоны доминирует пыльца трав, составляя в среднем 50 % от общего состава пыльцы и спор. В этой группе преобладает пыльца осоковых, в меньшей степени – полыней, злаковых, василистника. Значительно содержание пыльцы кустарников, среди которой больше всего пыльцы ольховника и ивы. В группе пыльцы древесных растений, относительное обилие которой составляет в среднем 15 %, в заметных количествах присутствует лишь пыльца ели и березы. Споровые растения представлены плаунами лесных и тундровых мест обитания и сфагновыми мхами.

Очк-4: *Abies sibirica* – *Betula alba-type* (360–280 см, около 10–7,5 тыс. л. н.). Резко возрастает обилие пыльцы древесных растений – до 70–90 %. В этой группе преобладает пыльца пихты, березы, постоянно, но в незначительных количествах встречается пыльца сосны и кедра сибирского.

Очк-3: *Picea obovata* – *Duschekia* – *Betula alba-type* (280–190 см, около 7,5–6,5 тыс. л. н.). Возросло процентное содержание пыльцы полыней, злаковых, осоковых, спор плаунов и сфагновых мхов.

Очк-2: *Betula alba-type* – *Pinus sylvestris* – *Pinus pumila* – Ericaceae (190–20 см, около 6,5–1 тыс. л. н.). Резко и многократно увеличилось содержание пыльцы сосны, особенно кедра сибирского, и в значительных количествах появилась пыльца кедрового стланика.

Очк-1: *Pinus sylvestris* – *Pinus sibirica* – *Betula alba-type* – *Sphagnum* (верхние 20 см, примерно последняя тысяча лет). В СПС этой зоны почти вдвое снизилось содержание пыльцы кедра сибирского и повысилось – березы и спор сфагнов.

Пыльцевые индексы

Торфяник Дулиха. Анализ вариаций ИГЛ показывает, что его значения были высокими в интервале керна 500–375 см (13,5–10 тыс. л. н.). Для остальной части керна характерно их постепенное понижение почти до нулевых значений. Относительное обилие пыльцы древесных растений имеет первый максимум на глубине 500–480 см (около 13,5–12,7 тыс. л. н.), затем его значения снижаются на глубине 480–410 см (12,7–10,5 тыс. л. н.), а в верхних 410 см (последние 10,5 тыс. лет) они изменяются незначительно, оставаясь высокими.

Торфяник Очковое. Анализ ИГЛ показывает относительно высокие значения индекса в интервале керна 460–420 см (14–11 тыс. л. н.). Затем они резко и значительно возросли в интервале 420–360 см (11–9 тыс. л. н.). Второй, более продолжительный, максимум значений ИГЛ характерен для интервала 320–190 см (8,5–6,7 тыс. л. н.). Для остальной части керна характерны их почти нулевые значения. Процентное содержание пыльцы древесных растений минимально в интервалах керна 460–360 см (14–9 тыс. л. н.) и 240–220 см (около 7,5–7,2 тыс. л. н.). Максимум относительного обилия пыльцы древесных растений приходится на глубины в керне 360–240 см (9–7,5 тыс. л. н.) и верхние 220 см (около 7,2 тыс. л. н. – современность).

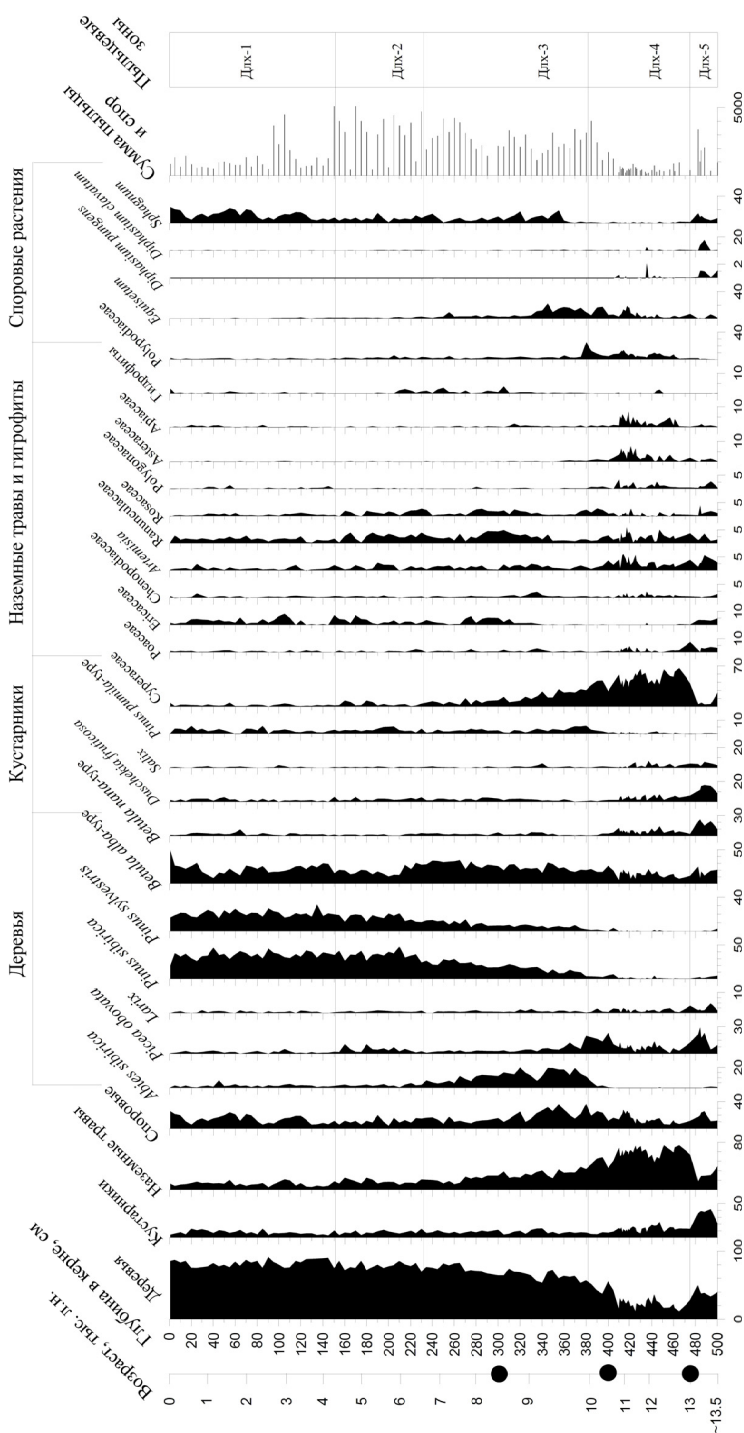


Рис. 2. Спорово-пыльцевая диаграмма для отложений Дулихинского торфяника. Кружки черного цвета на возрастной шкале показывают положение датированных уровней

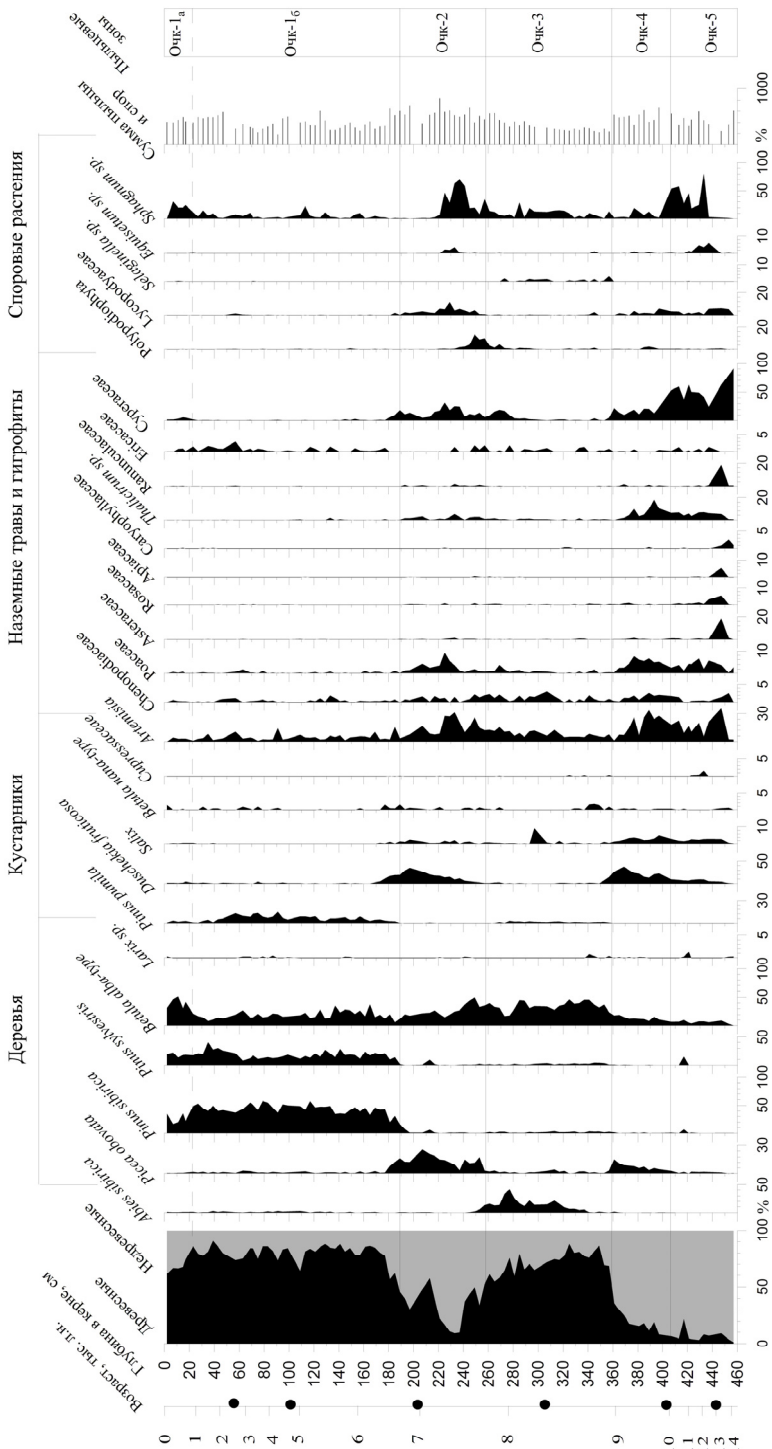


Рис. 3. Спорово-пыльцевая диаграмма для отложений торфяника Очковое. Кружки черного цвета на возрастной шкале показывают положение датированных уровней

Обсуждение результатов: реконструкция палеосреды

Торфяник Дулиха. Результаты палинологического и радиоуглеродного анализов озерно-болотных отложений позволили реконструировать изменения растительности, климата и гидрологического режима южного побережья оз. Байкал после максимума последнего оледенения. Согласно полученным данным, аккумуляция торфяных отложений началась несколько ранее 13 тыс. л. н. в результате зарастания озер, о чем свидетельствуют слои озерных илов, подстилающие торфяные отложения, возраст которых древнее 13 тыс. лет.

Почти равные значения относительного обилия пыльцы древесных и кустарников в районе Дулихинского торфяника в спектрах зоны Длх-5, с высоким содержанием пыльцы ели, лиственницы, кустарниковых березок, ольховника и ивы, позволяют реконструировать здесь преимущественно кустарниковые тундры с участками елово-лиственничных лесотундр 13,5–13 тыс. л. н. Климат был резко континентальным, холодным, с высоким почвенным увлажнением. Последнее в районах развития лесотундр и кустарниковых тундр обеспечивается протаиванием в летние сезоны толщи многолетнемерзлых пород. Такой климат мог поддерживать существование елово-лиственничных редколесий. Ель, наряду с лиственницей, была пионерной древесной породой, которая в отсутствие конкуренции со стороны других древесных стала довольно быстро осваивать холодные и переувлажненные места обитания [Post-glacial history ... , 2005]. В глобальном климатостратиграфическом стратотипе позднего ледниковья из ледовых кернов Гренландского щита (NGRIP $\delta^{18}\text{O}$, рис. 4) около 14,1–12,9 тыс. л. н. отмечено короткое интерстадиальное потепление аллерёд. Из записи разреза Дулиха видно, что развитие лесной растительности здесь из елово-лиственничных группировок приходится на это же время. ИГЛ свидетельствует о возможном присутствии вблизи торфяника древесной растительности, которая могла быть представлена елью и лиственницей. Пыльца этих растений не разносится на значительные расстояния и оседает вблизи продуцирующих ее деревьев [Безрукова, 1999]. Присутствие дальнезаносной пыльцы березы и обеих сосен позволяет предполагать короткий интервал их распространения на равнине. На самом болоте доминировала ивово-ерниковая с ольховником кустарниковая растительность, характерная для лесотундр. С 13 и почти до 10,5 тыс. л. н. Дулихинское болото превращалось в осоковое топяное. Древесная, особенно ель, и кустарниковая растительность существенно деградировала, но лиственница продолжала быть основным элементом лесной растительности вблизи болота. Вокруг болота широкое развитие получили разнотравные лугово-степные группировки. Почти нулевые значения ИГЛ наряду со снижением пыльцы древесных подтверждают ухудшение климатических условий на южном побережье оз. Байкал (см. рис. 4). Это ухудшение пришлось на длительный период времени, включавший и стадиальное похолодание, аналогичное по времени позднему дриасу [A 60 000 year ... , 2008]. После его завершения 11,7 тыс. л. н. и наступления межледниковых условий голоцена

расселение древесной растительности в районе Дулихинского торфяника задержалось еще почти на тысячу лет и началось лишь в раннем голоцене, в начале бореала, почти одновременно с максимумом летней инсоляции на этих широтах Северного полушария (см. рис. 4).

Позднее 10,5 тыс. л. н. в районе Дулихинского торфяника началось расширение лесной растительности (см. рис. 2, 4). ИГЛ показывает приближение леса к торфянику (см. рис. 4). Именно этот интервал стал здесь временем максимального за весь изученный период развития влажных пихтовых лесов (см. рис. 2). Одновременно с наступлением фазы пихтовой тайги началось и расселение сосны сибирской и сосны обыкновенной. Само болото стало верховым. Такие изменения в структуре растительности были вызваны началом влажностного оптимума голоцена Сибири, известного из комплексных записей природной среды голоцена по ряду районов Байкальского региона [Last glacial-interglacial ... , 2010]. Реконструированные ранее на основе пыльцевой записи из донных отложений оз. Байкал количественные характеристики климата оптимума голоцена показали, что ~10/9,5–6,5 тыс. л. н. сумма атмосферных осадков превышала современные значения на 80–100 мм, а средние температуры зимы были выше современных на 2–4 °С. При этом средняя температура июля могла быть почти такой же, как современная [Vegetation and climate ... , 2007]. Такой климат второй половины раннего и начала среднего голоцена был благоприятен для расцвета влажной черневой пихтовой тайги. Согласно возрастной модели, оптимум голоцена в районе Дулихинского торфяника завершился 6,5 тыс. л. н. и ознаменовался сокращением площадей пихтовой тайги и расширением лесной растительности с господством сосен сибирской и обыкновенной. ИГЛ-кривая вариаций пыльцы древесных свидетельствуют о продолжавшемся расширении лесных ландшафтов в этом районе и приближении леса к торфянику. Коренная перестройка состава древесной растительности ~7,5–6,5 тыс. л. н., т. е. при переходе от раннего голоцена к среднему, предполагает усиление континентальности климата за счет значительного снижения атмосферного увлажнения и средней температуры зимних сезонов, повышения – летних [Vegetation and climate ... , 2007]. Переход от раннего к среднему голоцену с общим трендом усиления аридности рассматривается как одно из важнейших изменений в Центральной Азии в целом, хотя время перехода несколько асинхронно в разных регионах [Wang, Liu, Herzschuh, 2010].).

Позднее 6,5 тыс. л. н. в районе Дулихинского торфяника продолжались расширение лесной растительности с господством кедровых лесов и ее приближение к торфянику (см. рис. 4). Между 6,5 и 4,5 тыс. л. н. (см. рис. 2, Длх-2) вблизи торфяника распространились еловые группировки, означая усиление континентальности климата и похолодание [Post-glacial history ... , 2005], проявившиеся во всем Байкальском регионе [Vegetation and climate ... , 2007; Tarasov, Bezrukova, Krivonogov, 2009]. Причем минимум реконструированных средних температур июля приходился на период времени 5,5–5,0 тыс. л. н., и фаза ели приходится на это время.

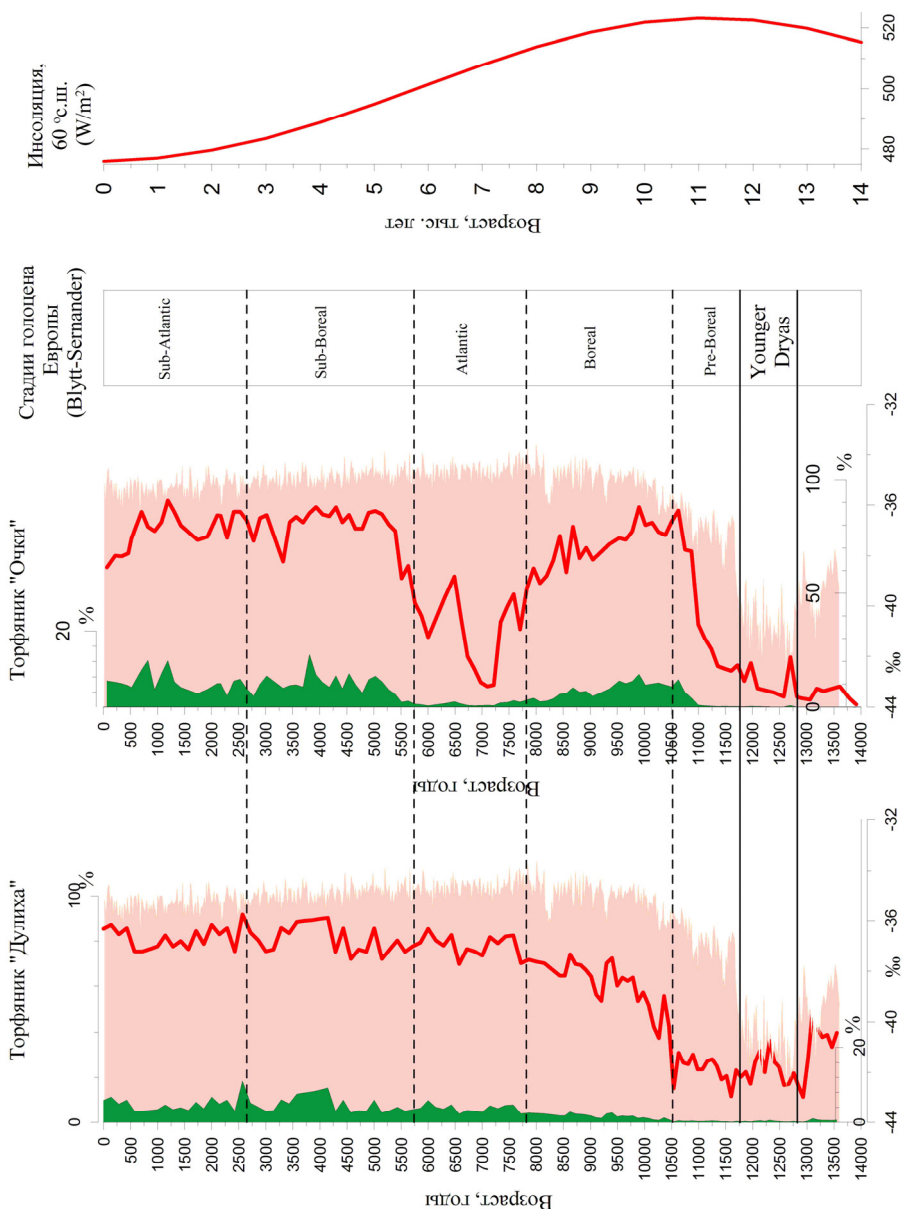


Рис. 4. Обобщающий график динамики лесной растительности (красная сплошная линия) и индекса густоты леса (заливка зеленого цвета) в районах исследования в сравнении со шкалой $\delta^{18}\text{O}$ NGRIP (заливка розового цвета) – индикатором изменения температуры воздуха в Северо-Атлантическом регионе [A 60 000 year . . . , 2008] и уровнем поступления летней инсоляции в умеренные широты Северного полушария за исследованный период времени [Berger, Loutre, 1991]

Кедровые леса с елью и пихтой стали господствующим элементом ландшафта в районе Дулихинского торфяника позднее 4,5 тыс. л. н. Господство темнохвойной тайги такого облика предполагает развитие умеренно холодного климата с высоким атмосферным и почвенным увлажнением, близкого к современному. Показатель обилия пыльцы сосны обыкновенной в СПС этого времени не выше 35 % означает ее подчиненную роль в составе растительности. Повышение обилия пыльцы березы древовидной в последние несколько сотен лет могло быть следствием антропогенной нагрузки на ландшафты Танхойской равнины. Переход Дулихинского болота в статус олиготрофного (сфагнового) в последние 4,5 тыс. лет также подтверждает снижение уровня грунтовых вод в районе из-за уменьшения сумм атмосферных осадков. ИГЛ показывает, что лес максимально подходил к торфянику около 4,5–2,5 тыс. л. н. при еще большем снижении уровня грунтовых вод.

Торфяник Очковое. В районе торфяника Очковое с 14 до почти 10 тыс. л. н. преобладали безлесные ландшафты. ИГЛ свидетельствует о возможном присутствии вблизи торфяника очень разреженной древесной растительности (рис. 4, *Очк-5*), которая могла быть представлена елью, лиственницей, березой. Само болото было топяным, эвтрофным, с господством хвощевых и осоковых ассоциаций, а на кочках – ивовых (см. рис. 3). Вокруг болотного массива в летние сезоны широко распространялись лугово-степные ассоциации, преимущественно злаково-полынно-разнотравные, индицируя существование в целом холодного и недостаточно влажного климата. Замечательной чертой интервала времени от 10 до 9 тыс. л. н. стало распространение вблизи торфяника лесотундровых ландшафтов из еловых редколесий с подлеском из ольховника, ивы. Резкое снижение в это время роли болотных ассоциаций из осок, сфагнов индицирует возможное залесение поверхности самого болота. Такие изменения в растительности свидетельствуют о снижении уровня грунтовых вод. На появление леса вблизи точки бурения и изменение климата в сторону снижения влажности указывают и высокие значения ИГЛ (см. рис. 4) в это время. Около 9–7,5 тыс. л. н. началось быстрое расширение лесной растительности в районе торфяника Очковое (см. рис. 4), в которой сначала преобладали березняки, а примерно с 8,8 тыс. л. н. наступила фаза пихтовых лесов, означая короткий период влажностного оптимума голоцена и в этом районе. Однако ИГЛ показывает снижение его густоты вблизи торфяника. Скорее всего, пихтовые ассоциации имели разреженный характер.

Позднее, около 7,5–6,5 тыс. л. н., вблизи торфяника Очковое снова стали преобладать еловые ассоциации, которые, судя по двукратному повышению обилия пыльцы ели по сравнению с предыдущим интервалом распространения ели, получили более широкое развитие, чем 10–9 тыс. л. н. (см. рис. 3).

Согласно возрастной модели, оптимальное время для расцвета влажных пихтовых лесов в голоцене в районе торфяника Очковое завершилось около 6 тыс. л. н. В это время здесь произошла коренная перестройка структуры ландшафтов и состава растительного покрова. Шкала изменения пыльцы древесных растений показывает, что с этого рубежа началось устойчивое господство лесных ландшафтов, но в их составе стали преобладать леса из сосны сибирской с участием сосны обыкновенной на более сухих местах обитания.

Еще одним важным элементом растительности вблизи торфяника Очковое стали заросли кедрового стланика *Pinus pumila*. Отраженные в пыльцевой записи изменения растительности индицируют наступление более континентального климата с усилившейся контрастностью сезонного изменения температур и снижением среднегодовых сумм атмосферных осадков.

Динамика ИГЛ предполагает повышение густоты растительного покрова вблизи торфяника и/или приближение границы леса к торфянику. Снижение значений ИГЛ с одновременным повышением обилия пыльцы березы в СПС из верхнего слоя отложений торфяника Очковое свидетельствует о расширении березовых ассоциаций в пределах Танхойской равнины в последние 200–300 лет. Усиление позиций березовых лесов могло быть связано с началом антропогенного воздействия на экосистему южного побережья оз. Байкал, когда в результате массовых рубок коренные темнохвойные леса из сосны сибирской были замещены вторичными лесами из березы с участием лиственницы и сосны.

Благоприятный климат и изобилие фауны и флоры привлекало на южное побережье людей, особенно во время климатического оптимума голоцена [Bazaliiskiy, Savelyev, 2003]. На побережье Южного Байкала располагается могильник Шаманка II. В целом здесь открыто 96 могил с захоронениями по крайней мере 154 человек, начиная с раннеолитического времени и традиции захоронения, названной китойской. Многочисленные радиоуглеродные датировки человеческих костей показали, что возраст этих могил – примерно 8–6,8 тыс. л. н. [Weber, Bettinger, 2010]. Сравнение времени появления человека на Шаманском мысе с возрастной моделью приведенных реконструкций ландшафтов и климата показывает, что поселения китойской культуры появились здесь с наступлением влажностного оптимума голоцена, когда в растительности стали преобладать пихтовые леса. Смена китойской культуры на более молодую серовскую культуру, произошедшая позднее 6,8 тыс. л. н., приходится на завершение влажностного оптимума голоцена на южном побережье оз. Байкал. В это время, между ~7 и ~6 тыс. л. н., в истории растительности Танхойской равнины имело место самое важное событие – коренная перестройка структуры ландшафтов и состава растительного покрова. Именно на протяжении этой примерно тысячи лет происходила экспансия сосен кедровой и обыкновенной, означая наступление континентального климата с резко выраженной сезонной контрастностью температур и снижением атмосферного увлажнения.

Заключение

Палинологическое и радиоуглеродное исследование озерно-болотных экосистем на южном побережье оз. Байкал, их сравнение с доступными датированными записями изменения природной среды в соседних регионах обеспечили получение детальной, геохронологически обоснованной записи изменчивости природной среды этого района со второй половины позднеледникового времени – 14–13 тыс. л. н. Значительные изменения в системе атмосферной циркуляции Северного полушария в начале дегляциации способствовали наступлению относительно теплых и сухих летних сезонов. Именно в

это время началось формирование органогенных илов на южном побережье озера Байкал – 14–13 тыс. л. н. Представленные высокоразрешающие пыльцевые записи свидетельствуют о глубоких изменениях растительности и климата юга оз. Байкал в позднем ледниковье – раннем голоцене и о его нестабильности в среднем и позднем голоцене. Наступление периода с влажным и мягким климатом, с теплыми зимними периодами ~10–6,5 тыс. л. н. в районе Дулихинского торфяника и около 9–6 тыс. л. н. вблизи торфяника Очковое произошло в условиях повышенного уровня летней инсоляции в высоких широтах Северного полушария. Это время стало самым благоприятным для развития влажной темнохвойной тайги из пихты и ели, с участием сосны кедровой и березы. Завершение оптимального периода около 7–6 тыс. л. н. совпадало со снижением уровня инсоляции, установлением современного уровня Мирового океана. За оптимумом последовал период прогрессивного повышения континентальности климата: снижение суммы атмосферных осадков, повышение летних температур воздуха, снижение – зимних. Такие изменения климата привели к смене темнохвойных лесов светлохвойными. Реконструированные события изменений палеосреды на основе пыльцевых записей из Дулихинского торфяника и торфяника Очковое демонстрируют хорошо выраженную связь с климатическими вариациями Северного полушария. В дополнение к климату локальные факторы (геолого-геоморфологическая обстановка, изменявшийся уровень грунтовых вод, вариации мощности и глубины залегания слоя многолетней мерзлоты) активно контролировали историю природной среды и климат региона, приводя к различиям на локальном уровне.

Попытка выявить взаимосвязь между изменениями ландшафтов и климата Танхойской равнины с периодами развития культуры древнего населения на южном побережье оз. Байкал показала, что развитие ранненеолитической культуры в регионе совпало с максимумом оптимальных условий голоцена, а наступление позднего неолита может быть соотносено с завершением оптимума голоцена. Однако для более уверенного суждения о возможной связи между изменениями климата прошлого и культурной историей региона необходимы аккуратно и детально датированные комплексные записи изменения природной среды.

Список литературы

Байкал : атлас. – М. : Федер. агентство геодезии и картографии России, 1993. – 160 с.

Безрукова Е. В. Палеогеография Прибайкалья в позднеледниковье и голоцене / Е. В. Безрукова. – Новосибирск : Наука, 1999. – 127 с.

Глубокие изменения экосистемы Северного Байкала в голоцене / Е. В. Безрукова, Ю. А. Богданов, Д. Ф. Вильямс, Л. З. Гранина, М. А. Грачев, Н. В. Игнатова, Е. В. Карабанов, В. М. Купцов, П. П. Летунова, Е. В. Лихошвай, Г. П. Черняева, М. К. Шимараева, А. О. Якушин // Доклады Академии наук СССР. – 1991. – Т. 321. – С. 1032–1037.

Свидетельства нестабильности природной среды озера Байкал после последнего оледенения на примере пыльцевых записей из болотных экосистем /

Е. В. Безрукова, А. А. Абзаева, П. П. Летунова, Н. В. Кулагина, Л. А. Орлова // Археология, этнография и антропология Евразии. – 2009. – Т. 37. – С. 17–25.

A 60 000 year Greenland stratigraphic ice core chronology / A. Svensson, K. K. Andersen, M. Bigler, H. B. Clausen, D. Dahl-Jensen, S. M. Davies, S. J. Johnsen, R. Muscheler, F. Parrenin, S. O. Rasmussen, R. Rothlisberger, I. Seierstad, J. P. Steffensen, B. M. Vinther // *Climate of the Past*. – 2008. – Vol. 4. – P. 47–57.

A reassessment of Lateglacial-Holocene diatom oxygen isotope records from Lake Baikal using a mass balance approach / A. W. Mackay, G. E. A. Swann, T. S. Brewer, M. J. Leng, D. W. Morley, N. Piotrowska, P. Rioual, D. White // *Journal of Quaternary Science*. – 2011. – Vol. 26. – P. 627–634.

Bazaliiskiy V. I. The Wolf of Baikal: The "Lokomotiv" Early Neolithic Cemetery in Siberia (Russia) / V. I. Bazaliiskiy, N. A. Savelyev // *Antiquity*. – 2003. – Vol. 77. – P. 20–30.

Berger A. Insolation values for the climate of the last 10 million years / A. Berger, M. F. Loutre // *Quaternary Science Reviews*. – 1991. – Vol. 10. – P. 297–317.

Bezrukova E. V. Holocene vegetation and climate variability in North Pre-Baikal Region, East Siberia, Russia / E. V. Bezrukova, A. V. Belov, L. A. Orlova // *Quaternary International*. – 2011. – Vol. 237. – P. 74–82.

Bush A. B. G. CO₂/H₂O and orbitally driven climate variability over central Asia through the Holocene / A. B. G. Bush // *Quaternary International*. – 2005. – Vol. 136. – P. 15–23.

Danzeglocke U. CalPal-2007 online / U. Danzeglocke, O. Joris, B. Weninger. – URL: <http://www.calpal-online.de>. – 2011 (дата обращения 14.01.2015).

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

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

Late glacial and Holocene vegetation and regional climate variability evidenced in high-resolution pollen records from Lake Baikal / D. Demske, G. Heumann, W. Granoszewski, M. Nita, K. Mamakowa, P. E. Tarasov, H. Oberhänsli // *Global and Planetary Change*. – 2005. – Vol. 46. – P. 255–279.

Multiproxy evidence for abrupt climate change impacts on terrestrial and freshwater ecosystems in the Ol'khon region of Lake Baikal, central Asia / A. W. Mackay, E. V. Bezrukova, J. F. Boyle, J. A. Holmes, V. N. Panizzo, N. Piotrowska, A. Shchetnikov, E. M. Shilland, P. Tarasov, D. White // *Quaternary International*. – 2013. – Vol. 290–291. – P. 46–56.

Post-glacial history of Siberian spruce (Picea obovata) in the Lake Baikal area and the significance of this species as paleo-environmental indicator / E. V. Bezrukova, A. A. Abzaeva, P. P. Letunova, N. V. Kulagina, K. E. Vershinin, A. V. Belov, L. A. Orplova, L. V. Danko // *Quaternary International*. – 2005. – Vol. 136. – P. 18–32.

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

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

Vegetation dynamics around Lake Baikal since the middle Holocene reconstructed from the pollen and botanical composition analyses of peat sediments: implications for paleoclimatic and archeological research / E. V. Bezrukova, S. Hildebrandt, P. P. Letunova, E. V. Ivanov, L. A. Orlova, S. Muller, P. E. Tarasov // *Quaternary International*. – 2013. – Vol. 290–291. – P. 35–45.

Wang Y. Asynchronous evolution of the Indian and East Asian summer monsoon indicated by Holocene moisture patterns in monsoonal central Asia / Y. Wang, X. Liu, U. Herzschuh // *Earth-Science Reviews*. – 2010. – Vol. 103. – P. 135–153.

Weber A. W. Middle Holocene hunter-gatherers of Cis-Baikal, Siberia: An overview for the new century / A. W. Weber, R. Bettinger // *Journal of Anthropological Archaeology*. – 2010. – Vol. 29. – P. 491–506.

Vegetation and Climate of the Tankhoi Foothill Plain (Lake Baikal Southern Shore) over the Late Glacial and Holocene

O. G. Sharova, E. V. Bezrukova, P. P. Letunova, N. V. Kulagina,
A. A. Shchetnikov, I. A. Filinov, E. V. Ivanov, O. V. Levina

Abstract. The Tankhoi foothill plain is situated on the southern coast of the Lake Baikal, between the Lake and Khamar-Daban mountain Range. Present climate of this area is wetter and less continental than the climate of the Baikal region. Such climatic conditions provided here broad development of a wet dark-coniferous taiga forest where Siberian pine and Siberian fir are the main elements. Uniqueness of the area is emphasized also with preservation of relic plants in local vegetation. Despite of the high importance of the paleogeographical studies on the southern coast of the Lake Baikal, this area knows not so many reliably dated sedimentary records with rather high temporary resolution. Meanwhile, changes of environment during the Late Glacial and Holocene could be important for socio-cultural development in this area. The main goals of the present study are: reconstruction of environmental changes of the Tankhoi foothill plain for the last 14 thousand years, (2) identification of their causes. For this purposes we present (1) results of the palynological and radiocarbon analysis of sedimentary cores from two peatlands – Dulikha and Ochkovoe; reconstruction of vegetation and climate in the Late Glacial and Holocene.

Keywords. Pollen records, vegetation history, southern shore of Lake Baikal, the Late Glacial-Holocene, regional and global climatic variations.

Шарова Ольга Геннадьевна

младший научный сотрудник, аспирант
Институт геохимии им. А. П. Виноградова
СО РАН
664033, Россия, г. Иркутск,
ул. Фаворского, 1а
e-mail: sharova@igc.irk.ru

Sharova Olga Gennadijevna

Junior Researcher, Postgraduate
Vinogradov Institute of Geochemistry
SB RAS
1a, Favorski st., Irkutsk, Russia, 664033
e-mail: sharova@igc.irk.ru

Безрукова Елена Вячеславовна

доктор географических наук,
зав. лабораторией геохимии
континентальных осадков и палеоклимата
Институт геохимии им. А. П. Виноградова
СО РАН

Bezrukova Elena Viacheslavovna

Doctor of Sciences (Geographic), Head
of Laboratory of Geochemistry of
Continental Sediments and Paleoclimate
Vinogradov Institute of Geochemistry
SB RAS

664033, Россия, г. Иркутск,
ул. Фаворского, 1а
e-mail: bezrukova@igc.irk.ru

Летунова Полина Павловна

ведущий инженер
Институт геохимии им. А. П. Виноградова
СО РАН
664033, Россия, г. Иркутск,
ул. Фаворского, 1а
e-mail: letunova@igc.irk.ru

Кулагина Наталья Валентиновна

кандидат геолого-минералогических наук
старший научный сотрудник
Институт земной коры СО РАН
664033, Россия, г. Иркутск,
ул. Лермонтова, 128
e-mail: kulagina@crust.irk.ru

Щетников Александр Александрович

кандидат геолого-минералогических наук
старший научный сотрудник
Институт земной коры СО РАН
664033, Россия, г. Иркутск,
ул. Лермонтова, 128
e-mail: shchetnikov@crust.irk.ru

Филинов Иван Анатольевич

кандидат геолого-минералогических наук
старший научный сотрудник
Институт земной коры СО РАН
664033, Россия, г. Иркутск,
ул. Лермонтова, 128
e-mail: filinov@crust.irk.ru

Иванов Егор Владимирович

младший научный сотрудник
Институт геохимии им. А. П. Виноградова
СО РАН
664033, Россия, г. Иркутск,
ул. Фаворского, 1а
e-mail: ivanov@igc.irk.ru

Левина Ольга Викторовна

ведущий инженер
Институт геохимии им. А. П. Виноградова
СО РАН
664033, Россия, г. Иркутск,
ул. Фаворского, 1а,
e-mail: levina@igc.irk.ru

1а, Favorski st., Irkutsk, Russia, 664033
e-mail: bezrukova@igc.irk.ru

Letunova Polina Pavlovna

Leading Engineer
Vinogradov Institute of Geochemistry
SB RAS
1а, Favorski st., Irkutsk, Russia, 664033
e-mail: letunova@igc.irk.ru

Kulagina Natalia Valentinovna

Candidate of Sciences (Geology and
Mineralogy), Senior Researcher
Institute of the Earth Crust SB RAS
128, Lermontov st., Irkutsk, Russia, 664033
e-mail: kulagina@crust.irk.ru

Shchetnikov Alexandr Alexandrovich

Candidate of Sciences (Geology and
Mineralogy), Senior Researcher
Institute of the Earth Crust SB RAS
128, Lermontov st., Irkutsk, Russia, 664033
e-mail: shchetnikov@crust.irk.ru

Filinov Ivan Anatolievich

Candidate of Sciences (Geology and Min-
eralogy)
Senior researcher, Institute of the Earth
Crust SB RAS
128, Lermontov st., Irkutsk, Russia, 664033
e-mail: filinov@crust.irk.ru

Ivanov Egor Vladimirovich

Junior Researcher
Vinogradov Institute of Geochemistry SB
RAS
1а, Favorski st., Irkutsk, Russia, 664033
e-mail: ivanov@igc.irk.ru

Levina Olga Victorovna

Leading Engineer
Vinogradov Institute of Geochemistry SB
RAS
1а, Favorski st., Irkutsk, Russia, 664033
e-mail: levina@igc.irk.ru