

УДК 574.42(581.524.32) +551.794

НОВЫЕ ДАННЫЕ О РАЗВИТИИ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА СЕВЕРНОГО ПРИБАЙКАЛЬЯ В СРЕДНЕМ–ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ

К. Е. Вершинин*, Э. Ю. Осипов

Представлено академиком РАН М.А. Грачевым 19.05.2014 г.

Поступило 21.03.2018 г.

Впервые получен непрерывный разрез торфяника с труднодоступной среднегорной северо-западной части оз. Байкал. Материал исследован методами спорово-пыльцевого анализа, анализа клеточных остатков растений и радиоуглеродного датирования (данные калиброваны). Выявлены наименьшие в Восточной Сибири скорости торфонакопления в течение голоцена. В соответствии с рассчитанными скоростями седиментации временное разрешение исследования составляет от 100 лет в нижней части разреза до 800 в верхней. С помощью факторного анализа выделено шесть локальных палинозон и пять ботанических зон. Реконструированы изменения в растительном покрове и условия увлажнения экотопа за 7670 лет. Впервые за четверть века уточнена высота верхней границы леса.

Ключевые слова: Северный Байкал, осадки, растительный покров, голоцен.

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869-5652488186-90>

Северное Прибайкалье является крайне чувствительным к климатическим изменениям районом, поскольку расположено в области, где Северо-Атлантический влагоперенос существенно истощён, а проникновения восточно-азиатских муссонов слабы и редки [1]. В зимние месяцы Сибирский антициклон блокирует и уменьшает влияние внешнего влагопереноса на территорию региона [2]. Неоднородность геологического строения, рельефа и климата обуславливают значительное разнообразие ландшафтов и большую пестроту растительного покрова. Альпийский характер рельефа и его геоморфологические особенности указывают на обширные оледенения района в прошлом [3, 4]. Ледники оказывали значительное влияние на формирование растительного покрова перигляциальной зоны. Информация, содержащаяся в приледниковых торфах, может быть получена расшифровкой спорово-пыльцевых летописей и комплексов палеоботанических маркеров. Результаты анализа таких отложений представляют собой наиболее надёжный источник данных о региональных и глобальных изменениях растительного покрова и климата и широко применяются для целей палео- и биогеографии.

Нами были впервые получен непрерывный разрез торфяника с труднодоступного среднегорья северной котловины оз. Байкал (западный склон

Байкальского хребта, 55°03'48 с.ш. и 108°43'54 в.д., 1570 м над у.м.). Торфяник расположен приблизительно в 18 км от побережья Байкала, в верховьях р. Куркула, в экзарационной котловине на ригеле ниже оз. Проточное, около 1 км восточнее ледника Черского (рис. 1). Экзарационная поверхность,

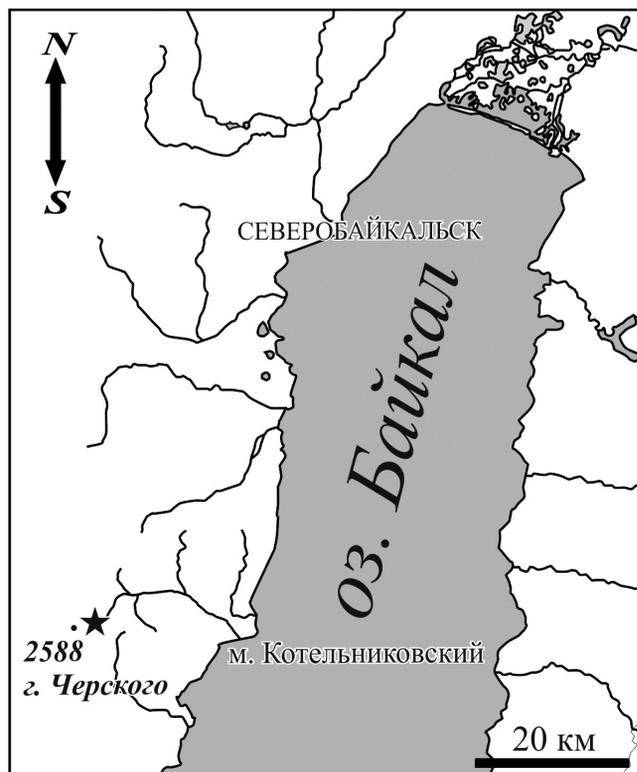


Рис. 1. Карта-схема расположения торфяного разреза верховьев р. Куркула (отмечено звёздочкой).

Лимнологический институт Сибирского отделения
Российской Академии наук, Иркутск
* E-mail: vershinin@lin.irk.ru

подстилающая торфяник, представлена коренными породами, преимущественно кварцевыми порфирами. После проведения зондирования залежи разрез был заложен в самой глубокой её части. Верхние 5 см разреза состоят из очёса, нижние слои торфа (около 10 см) насыщены льдистыми включениями. Материал был исследован методами спорово-пыльцевого анализа (СПА) и анализа клеточных остатков растений.

Образцы для спорово-пыльцевого анализа и для определения ботанического состава торфа были отобраны пятисантиметровыми монолитами последовательно и обрабатывались по стандартным методикам [7]. Для образцов насчитывалось не менее 150 пыльцевых зёрен древесных растений. Процентное содержание пыльцы каждого таксона вычислялось от общей суммы захоронённых пыльцы и спор растений. Концентрации пыльцы в пробе были рассчитаны на 1000 мкл осадка (1 см³). Для составления стратиграфмы ботанического состава торфа полученные количественные соотношения для каждого горизонта пересчитывались на 100% определённых растений-торфообразователей, исключая аморфную, неопределяемую массу. Границы локальных палинозон (LPAZ) и ботанических зон (BZ) были выделены с использованием факторного анализа с помощью анализа главных компонент, с распределением по методу varimax rotation. Кроме этого был проведён СПА трёх образцов фирновой поверхности ледника Черского.

Возрастная шкала для разреза была построена по калиброванным данным радиоуглеродного датирования, проведенного в ОИГГМ СО РАН (Новосибирск). Калибровка полученных радиоуглеродных дат выполнена с помощью ресурса CalPal (<http://www.calpal.de/>) (табл. 1). Возраст формирования генетических горизонтов торфяника рассчитан с помощью линейной интерполяции.

Климат окружающей торфяник территории континентальный, сухой, с резко выраженной сезонностью в изменении температур и количестве атмосферных осадков. Средние температуры (*t*) января –22 °С, июля +12 °С, средняя годовая сумма

осадков составляет 220–590 мм (NOAA data-set <ftp://ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data>), а мощность снежного покрова – более 100 см [5]. По данным, полученным нами в 2004–2014 годах, верхняя граница леса в долине р. Куркулы достигает 1240(50) м над. у.м., что ниже приведённых ранее сведений [6] и представлена парковыми насаждениями из пихты и кедра. Кедровый стланик (*Pinus pumila*) поднимается до высоты подошвы ледника (1800(50) м над у.м.).

Растительный покров торфяника представлен горными мохово-лишайниковыми группировками с кашкарой (*Rhododendrum aureum*), *Betula nana*, редкими *Cassiope ericoides* и *Ledum palustre*. Из травянистых растений на возвышениях микрорельефа, сформированных кустарниками и кустарничками, произрастают *Eriophorum vaginatum*, *Carex norvegica*, *C. perfusca*, *Equisetum arvense*, *Polygonum alpinum*. Моховой покров представляют *Sphagnum lindbergii*, *Sph. rubellum*, *Sph. magellanicum*, *Polytrichum jensenii*, *Dicranum acutifolium* и *Sanionia uncinata*.

В силу своего положения (каменное ложе) в тёплое время года исследованный торфяник имеет почти исключительно атмосферное питание. Для реконструкции условий влагообеспечения болотного экотопа нами был применён метод расчёта индекса увлажнения (МИ) [8]. Для детализации условий взаимоотношения между элементами регионального растительного покрова как индикаторами изменения уровня атмосферных осадков был применён расчёт индекса SFI (степь-лес индекс) [7].

На основании анализа полученных данных было выделено шесть локальных палинозон (рис. 2): LPAZ 6. (85–75 см). *Pinus sylvestris* – *P. pumila* – *Polypodiaceae* – *Picea*; LPAZ 5. (75–65 см). *P. pumila* – *P. sylvestris* – *Polypodiaceae* – *Equisetum*; LPAZ 4. (65–55 см). *P. pumila* – *P. sylvestris* – *Polypodiaceae*; LPAZ 3. (55–35 см). *P. sylvestris* – *P. pumila* – *Salix*; LPAZ 2. (3–10 см). *P. sylvestris* – *P. pumila* – *Salix* – *Betula nana*; LPAZ 1. (10–0 см). *P. sylvestris* – *P. pumila* – *B. nana* – *Asteraceae*.

На основе изучения состава клеточных остатков растений-торфообразователей было выделено пять ботанических зон (рис. 3): BZ 5. (85–80 см). Гип-

Таблица 1. Результаты ¹⁴C-датирования и расчёта скорости торфонакопления

Глубина отбора пробы, см	Лаб. №	¹⁴ C возраст, л.н.	Калиброванный интервал (мин.-макс.), л.н.	Калиброванный возраст, л.н.	Мощность горизонта, см	Расчётное время накопления горизонта, лет	Рассчитанная скорость прироста торфа, мм/год
20–25	СОАН-5951	3685 ± 35	3910–4094	4002	22,5	4002	0,056
50–55	СОАН-5950	5925 ± 90	6527–6971	6749	30	2747	0,109
80–85	СОАН-5949	6810 ± 110	7478–864	7671	30	922	0,325

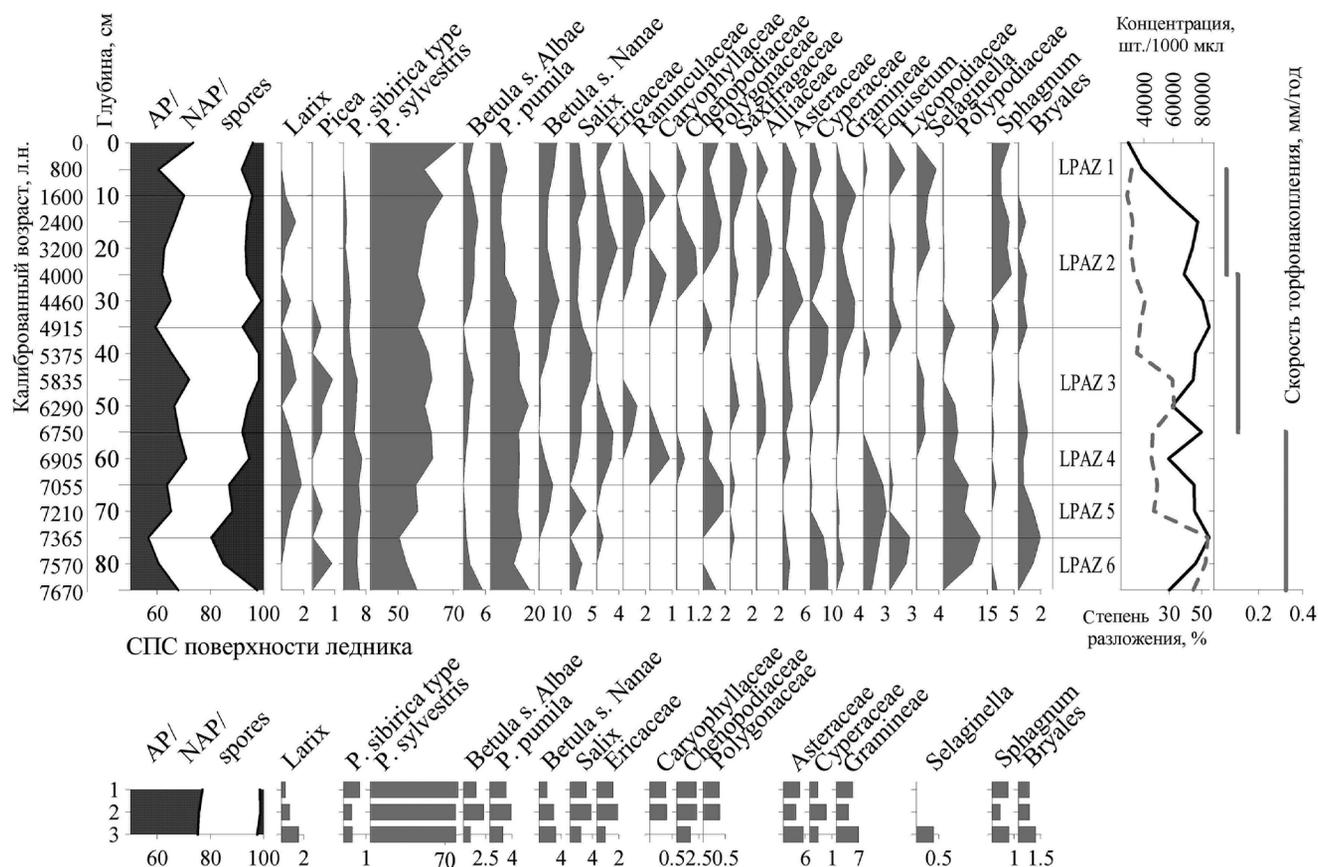


Рис. 2. Спорово-пыльцевая диаграмма торфяных отложений разреза и ледниковой поверхности (степень разложения торфа указана пунктиром).

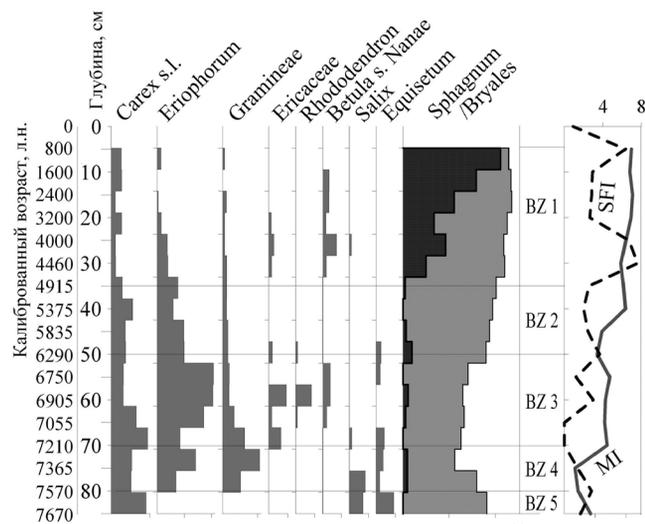


Рис. 3. Стратиграмма ботанического состава торфа, значений MI и SFI.

ново-осоково-хвощевый торф; BZ 4. (80–70 см). Гипново-злаково-осоковый с пушицей торф; BZ 3. (70–50 см). Гипново-пушицевый с осокой и злаками торф; BZ 2. (50–35 см). Гипново-пушицево-осоко-

вый торф; BZ 1. (35–0 см). Сфагново-гипновый с осокой торф.

Рассчитанные нами скорости торфонакопления изменяются от 0,056 мм в год в интервале 0–25 см до 0,109 в интервале 25–55 см и повышаются до 0,325 мм в год лишь в нижней части разреза (55–85 см). Следует отметить, что в интервале 0–25 см зафиксирован самый незначительный в Северной Евразии прирост торфонакопления – чуть более 0,5 см в тысячу лет (рис. 2). В других частях этой территории в суббореальный и субатлантический периоды голоцена ранее также было отмечено замедление скоростей торфонакопления [9].

Учитывая, что исследованный торфяник расположен в зоне преобладания северо-западного воздушного переноса и при отсутствии восходящих потоков в долине р. Куркулы [5], таксоны, определённые из разреза, мы условно разделили на две группы. Первая – локальная, это спорово-пыльцевой материал, захороненный от растений, произрастающих непосредственно на болоте или близко от него: *P. pumila*, *Betula s. Nanae*, ивы, верескоцветные, болотное и луговое разнотравье, все споровые. Ко второй (региональной) принадлежат все древес-

ные, пыльца которых принесена с западного склона Байкальского хребта и прилегающих территорий Лено-Ангарского плато и Предбайкальской впадины. Сходный в течение всего времени торфонакопления состав второй группы таксонов в спорово-пыльцевых спектрах (СПС) свидетельствует о постоянстве северо-западного переноса воздушных масс за время формирования торфяника. Этому не противоречит и состав современных СПС, полученных с поверхности ледника (рис. 2) для верификации данных из торфяного разреза. Количественные изменения в составе локальной группы свидетельствуют о флуктуации характера увлажнения экотопа в сторону уменьшения. Соответствие общего состава поверхностных ледниковых проб составу СПС торфяника говорит о качественной выборке спорово-пыльцевого материала.

Развитие торфяника началось в нижней трети атлантического периода с зарастания экзарационной впадины политриховыми мхами и осоками. Болотный ценоз развился после деградации ледникового покрова. Затем (BZ 4, 7570–7210 л.н.) с падением влагообеспеченности конкуренцию осокам составили злаки, зона демонстрирует наименьшие по всему разрезу значения индекса MI. Кроме этого, по данным СПА, с 7670 по 6290 л.н. (LPAZ 6–3) здесь произрастало довольно много *Dryopteris fragrans*, однако фрагментов его тканей в торфе не обнаружено. Этот папоротник предпочитает дренированные грунты и его споры попали в отложения со склонов, лежащих выше.

Максимальное содержание споровых, а также кратковременное снижение количества пыльцы сосны в составе СПС характеризует влажностный оптимум, известный из других районов Прибайкалья [10, 11] (LPAZ 5–6). В составе СПС этого времени отмечены максимумы содержания пыльцы осоковых и представителей сем. Polygonaceae, а также ели и кедрового стланика.

О тренде повышения континентальности климата свидетельствует увеличение количества пыльцы сосны, элиминация споровых и увеличение разнообразия травянистых растений (LPAZ 4–1). Подобные изменения ранее были отмечены в Сибири [12] и Центральной Азии [13].

В дальнейшем (BZ 3, 7210–6290 л.н.) с повышением индекса MI роль субдоминанта в растительном покрове от злаков переходит к пушице. Затем от нижней границы BZ 2 она постепенно теряет свои позиции в составе торфа. Расширение площадей лиственничников отмечено, по данным СПА, около 7000 и 5500 л.н., что характерно для всего бассейна

оз. Байкал [10]. Кратковременное похолодание зафиксировано около 5500 л.н., состав СПС свидетельствует о расширении площадей ивовых и осоковых группировок. В дальнейшем же состав СПС демонстрирует тенденцию повышения аридности климата, отмеченную ранее для различных районов Сибири [12, 14] и Центральной Азии [15]. Вероятнее всего, это и обуславливает снижение до минимальных в регионе значений скорости торфонакопления (BZ 1).

Благодаря этому примерно с 5000 л.н. начинается доминирование в растительном покрове торфяника сфагновых мхов, менее требовательных к увлажнению, чем представители порядка Bryales (рис 3). Этот же сигнал зафиксирован и в спорово-пыльцевой записи (LPAZ 2–1). Индекс MI в течение этого времени максимален (рис. 3), что, возможно, связано с откликом среднегорных экосистем на климатические перестройки оптимума голоцена [10]. Этот же период характеризуется наименьшими значениями степени разложения торфа (LPAZ 3–1), рис. 2.

По результатам расчёта значений MI и SFI можно выделить периоды относительно высокого увлажнения. Они регистрируются в основании торфяника (нижняя треть атлантического периода) и на уровне 6700–7000 л.н. По данным SFI, можно также выделить повышение увлажнения около 4500–4000 л.н., хотя в это время происходит переход развития болота в верховую стадию.

Приведённые сведения дополняют полученные ранее данные о развитии растительного покрова северного Прибайкалья в голоцене и могут быть применены для прогнозных построений развития природы региона.

Источники финансирования. Исследования проведены при поддержке Программы ФАНО № VIII.76.1.6. и Интеграционного проекта СО РАН № 50.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецова Л.П. Перенос влаги в атмосфере над территорией СССР. М.: Наука, 1978. 92 с.
2. An Z. // Quatern. Sci. Rev. 2000. V. 19. P. 171–187.
3. Osipov E. Y., Khlystov O. M. // Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol., 2010. V. 294. P. 4–15.
4. Fedotov A. P., et al. // Int. J. of Environ. Stud. 2012. V. 69. № 5. P. 806–815.
5. Байкал. Атлас. М.: Федеральная Служба Геодезии и картографии. 1993. 180 с.
6. Макрый Т.В. Лишайники Байкальского хребта. Новосибирск: Наука, 1990. 200 с.

7. *Traverse A.* Paleopalynology. Boston: Allen and Unwin. 1988. 600 p.
8. *Елина Г.А., Юрковская Т.К.* // Бот. журн. 1992. Т. 77. № 7. С. 120–123.
9. *Климанов В.А., Сирин А.А.* // ДАН. 1997. Т. 354. № 5. С. 683–686.
10. *Bezrukova E.V., et al.* // Quatern. Intern. 2005. V. 136. P. 47–57.
11. *Вершинин К.Е.* // Новости палеонтологии и стратиграфии. В. 10/11. Прил. к журналу «Геология и геофизика». Т. 49. 2008. С. 399–402.
12. *Blyakharchuk T.A.* // J. of Sib. Federal Univ. Biol. 1. 2009. V. 2. P. 4–12.
13. *An Ch., et al.* // The Holocene. 2012. V. 22. № 1. P. 43–52.
14. *Левин К.Г., Задонина Н.В., Язев С.А.* Радиоуглеродная хронология природных и социальных феноменов Северного полушария. Т. 1. Иркутск: Изд-во ИГУ, 2010. 715 с.
15. *Wang W., et al.* // Chin. Sci. Bull. 2009. V. 54. P. 1579–1589.

NEW DATA OF VEGETATION DEVELOPMENT OF NORTH BAIKAL AREA IN THE MIDDLE–LATE HOLOCENE

K. E. Vershinin, E. Yu. Osipov

Limnological Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russian Federation

Presented by Academician of the RAS M.A. Grachiov May 19, 2014

Received March 21, 2018

For the first time, a continuous section of peat was obtained from the hard-to-reach mid-mountain North-Western part of the lake Baikal. The material was studied by methods of spore-pollen analysis, analysis of plant cell residues and radiocarbon Dating (data calibrated). The least identified in the Holocene speed of peat accumulation in the Baikal area. According to the calculated sedimentation rates, the temporal resolution of the study ranges from 100 years at the bottom of the incision to 800 years at the top. With a factor analysis identified six local pollen and five Botanic zones. Changes in the vegetation cover and ecotope moisture conditions for 7670 years were reconstructed. For the first time in a quarter of a century, the height of the upper forest boundary has been clarified.

Keywords: North Baikal, sediments, vegetation, Holocene.