



УДК (551.894+550.4):553.97(571.55-15)

ПАЛИНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТОРФЯНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ БЕКЛЕМИШЕВСКОЙ ВПАДИНЫ (ЦЕНТРАЛЬНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)

С. А. Решетова, А. Б. Птицын

Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, Чита, Россия

На основе детальных палинологических исследований и радиоуглеродного датирования отложений озерно-болотной геосистемы Забайкалья реконструирована растительность за последние 3000 лет. Получена высокоразрешающая запись природной среды Беклемишевской впадины в позднем голоцене. Реконструирована растительность, близкая по составу к современной, которая представлена низко- и среднегорными светлохвойными лесами из сосны и лиственницы с распространением в долинных частях луговых и лугово-степных сообществ. На хребтах редко встречаются ель, кедр и пихта. Палинологическая запись показала, что за время накопления торфяного слоя мощностью 30 см существенных изменений в составе региональной растительности не происходило, что хорошо согласуется с палинологической записью, полученной ранее по результатам исследования донных отложений оз. Арахлей. Установлено, что качественным критерием изменения природной среды Беклемишевской впадины при выполнении палеореконструкций по торфяным и донным отложениям, кроме спор и пыльцы, могут являться сообщества зеленых водорослей рода педиаструм.

Ключевые слова: палинологический анализ, торфяные отложения, радиоуглеродное датирование, поздний голоцен, Забайкалье.

PALINOLOGICAL STUDIES OF PEAT SEDIMENTS OF THE BECKLEMISHEVO DEPRESSION (CENTRAL TRANSBAIKALIA)

S. A. Reshetova, A. B. Ptitsyn

Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita, Russia

On the basis of detailed palynological studies and radiocarbon dating of sediments of the lake-marsh geosystem of Transbaikalia, vegetation has been reconstructed over the past 3,000 years. A high-resolution recording of the natural environment of the Beklemishevo depression in the Late Holocene was obtained. Reconstructed vegetation is similar in composition to the modern, represented by low and middle mountain light coniferous forests of pine and larch with the spread in the valley parts of meadow and meadow-steppe communities. Spruce, cedar and fir are rare on the ridges. The palynological record showed that during the accumulation of the peat layer with a thickness of 30 cm, there were no significant changes in the composition of the regional vegetation, which is in good agreement with the palynological record obtained earlier from the results of the study of bottom sediments of the Arakhley Lake. It has been established that a qualitative criterion for changing the natural environment of the Beklemishevo depression when performing paleoreconstructions on peat and bottom sediments, except for spores and pollen, may be communities of green algae of the genus pediastrum.

Keywords: palynological analysis, peat sediments, radiocarbon dating, Late Holocene, Transbaikalia

DOI 10.20403/2078-0575-2018-4-88-94

Палинологический метод исследования – один из немногих, позволяющих получать тренды естественных изменений биосферы, в том числе и ближайшем прошлом, которые, в свою очередь, могут быть основой прогнозов глобальных изменений природной среды и климата. Для этих целей особенно важны детальные палеореконструкции в позднем голоцене, выполненные на основе радиоуглеродного датирования отложений. Такого рода детальные исследования на большой территории Центрального и Восточного Забайкалья не столь многочисленны [6, 9, 12].

Наиболее содержательными и представительными ископаемыми палинологическими спектрами в Забайкалье характеризуются осадки донной фации былых и современных озер и торфяные отложения. Крупные болота, имеющие значительную глубину и мощные отложения торфа, в Забайкалье

отсутствуют. Здесь широко распространены различного типа заболоченные земли с травяным, кустарниковым и лесным покровом с маломощными торфяными отложениями, не превышающими 0,5 м [2].

Объектом исследования послужили торфяные отложения Беклемишевской впадины, расположенной в пределах Витимского среднетаежного плоскогорья между хребтами Яблоновый (на юго-востоке) и Осинный (на северо-западе). Длина впадины 130 км, ширина от 3 до 15 км [3]. Для нее характерен среднегорный и плоскогорный рельеф с плавными очертаниями водоразделов с неглубокими долинами. Основную часть Беклемишевской впадины занимает долина р. Хилок и группа Ивано-Арахлейских озер, наиболее крупные – Шакша, Арахлей, Иван, Тасей, мелкие – Былое, Белое и др.

Климат в районе данной группы озер резко континентальный. Господствующие направления

ветра – северо-западное и западное. Осадков выпадает недостаточно (300–350 мм/год).

Преобладают низко- и среднегорные светлохвойные леса, преимущественно лиственничники со смешанным подлеском из рододендрона даурского, шиповника, ерника и душекии [11]. Большая часть из них подвергалась пожарам и вырубкам, превращаясь в лиственнично-березовые, березово-лиственничные, березово-осиновые производные леса. На более дренированных участках располагаются урочища с примесью сосны обыкновенной. Сосновые и березовые леса встречаются редко, для них характерна примесь лиственницы Гмелина. На хребтах могут встречаться ель, кедр и пихта [1]. Плоские долины рек и нижние части склонов заняты луговыми и лугово-степными сообществами. Широко распространены различного типа заболоченные земли с травяным, кустарниковым и лесным покровом и маломощными торфяными отложениями. Кустарниковый тип растительности на рассматриваемой территории представлен лугово-лесными кустарниковыми сообществами из разных видов ив и ольховника. Встречается на пологих склонах впадины и вдоль речных русел.

Материалы и методы

Изучен разрез торфяных отложений на западном побережье оз. Былое в точке с координатами 52°13'36,0" с. ш., 112°48'24,4" в. д. (рис. 1). Мощность отложений составила 29 см (рис. 2).

Масса каждого изученного образца 10 г. Физико-химическая обработка выполнена с применением методики извлечения спор и пыльцы из ископаемого торфа [7].

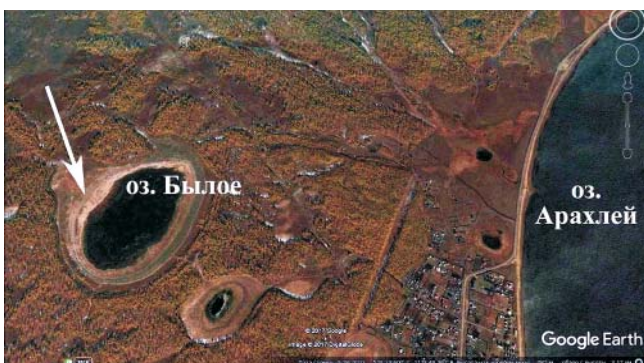


Рис. 1. Местоположение изученного разреза (показано стрелкой)



Рис. 2. КERN торфяных отложений с побережья оз. Былое

Микроскопические исследования проведены с помощью биологического микроскопа Zeiss Axiolab (Германия). Изучены каждые 5 мм отложений, а на глубине 13–15 см – каждые 10 мм. Вместе с поверхностной пробой всего исследовано 56 образцов. Слайды просмотрены при увеличении в 400 и в 630 раз. Определение морфологических признаков пыльцевых зерен, спор и установление их таксономической принадлежности выполнено с помощью специальной литературы [4, 5, 8, 13].

Наряду со спорами и пыльцой в составе палинологического мацерата определены виды зеленых пресноводных водорослей *Chlorophyta* [10], которые подсчитаны отдельно от спор и пыльцы.

Процентное содержание каждого таксона рассчитано от суммы пыльцы наземной растительности, пыльцы гидрофитов и спор – от общего числа пыльцевых зерен и спор в образце. Обилие водорослей определено от суммы пыльцы наземной растительности и водорослей.

При построении спорово-пыльцевой диаграммы в группу разнотравья (Other herbs) вошла пыльца таксонов, которые установлены в незначительных количествах и не во всех спектрах. В группе объединены цикориевые, кипрейные, гречишные, бобовые, зонтичные, мареновые, подорожниковые, капустные, гераниевые, валериановые, яснотковые, лилейные и сложноцветные, за исключением рода полыни.

При восстановлении облика растительного покрова учитывались данные о составе спорово-пыльцевых спектров поверхностных проб региона, о пыльцевой продуктивности растений, роли вертикальной поясности в распределении растительности, а также степени ее сохранности в ископаемом состоянии.

Радиоуглеродное датирование выполнено в лаборатории геоморфологических и палеогеографических исследований полярных регионов и мирового океана СПбГУ.

Результаты и обсуждение

В результате исследований установлено, что все образцы торфа (за исключением обр. № 55 на гл. 28–28,5 см) были хорошо насыщены спорами и пыльцой. В среднем количество пыльцы и спор в каждом образце превышало 300 зерен, что позволило выполнить их статистическую обработку.

Результаты радиоуглеродного датирования (табл. 1) показали, что 30-сантиметровый слой торфяных отложений на побережье оз. Былое накапливался в течение примерно 3000 лет. Таким образом, торфяные отложения побережья оз. Былое были изучены палинологическим методом с разрешением 55 лет в инт. 0–14 см и 66 лет в инт. 14–29 см. В соответствии с полученными радиоуглеродными данными была построена спорово-пыльцевая диаграмма (рис. 3).

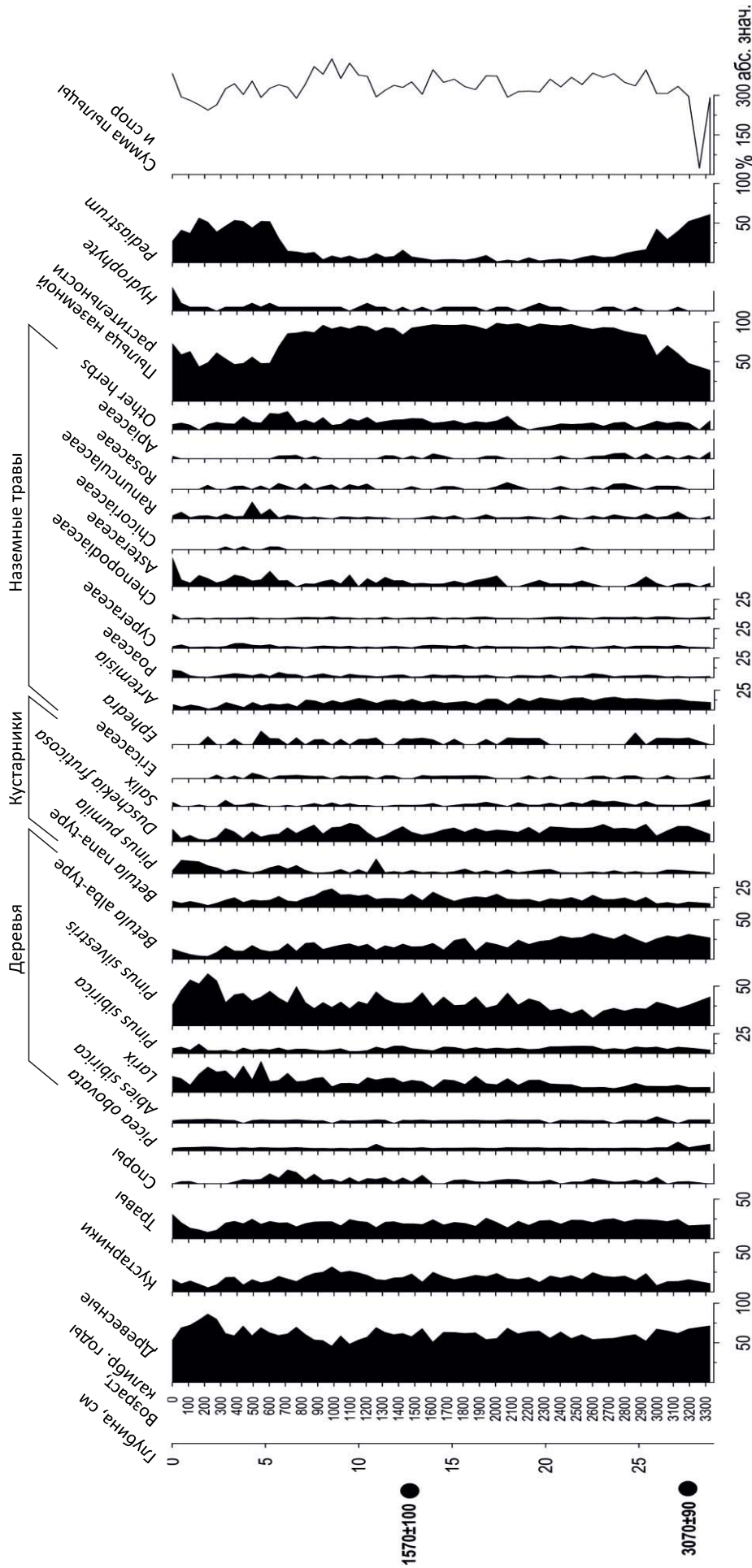


Рис. 3. Спорно-пыльцевая диаграмма торфяных отложений с побережья оз. Былое

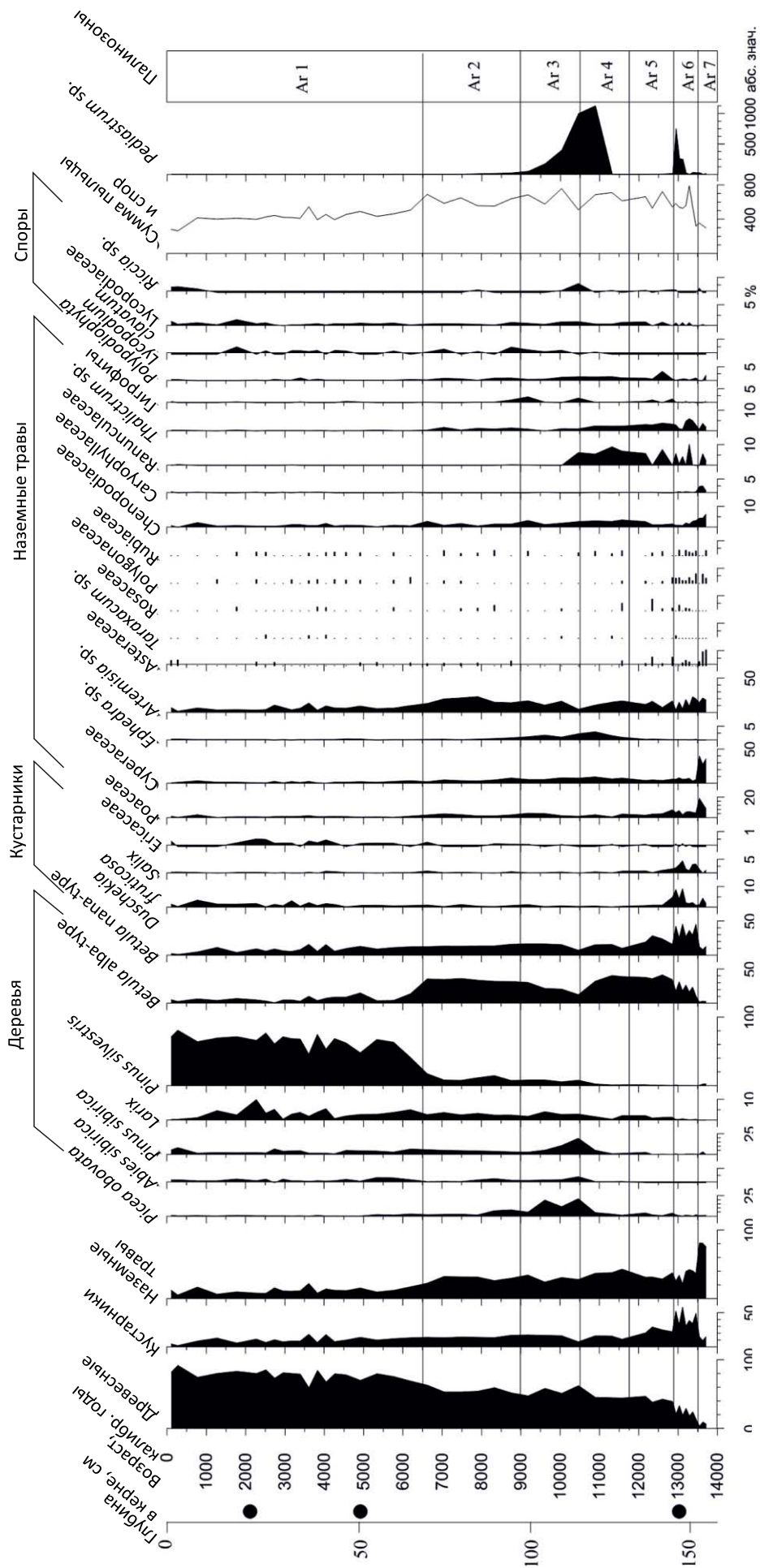


Рис. 4. Спорно-пыльцевая диаграмма донных отложений оз. Арахлей



Таблица 1

Результаты определения абсолютного возраста образцов торфяных отложений разреза оз. Былое радиоуглеродным методом

Лабораторный номер	Описание	Радиоуглеродный возраст, лет	Калиброванный возраст (календарный), лет
ЛУ-8971	Vyl-1, гл. 12–14 см, торф	1570±100	1480±100
ЛУ-8972	Vyl-2, гл. 27–28 см, торф	3070±90	3260±120

Примечание. Значения календарного возраста приведены на основании калибровочной программы «OxCal 4.2» (калибровочная кривая «IntCal 13»). Christopher Bronk Ramsey (<https://c14.arch.ox.ac.uk>).

Таблица 2

Таксоны растений, установленные в результате палинологических исследований торфяных отложений оз. Былое

Группы растений		Семейство, род, вид
Пыльца наземной растительности	Древесные	Ель <i>Picea obovata</i> , пихта <i>Abies</i> , лиственница <i>Larix</i> , сосна сибирская кедровая <i>Pinus sibirica</i> , сосна обыкновенная <i>P. sylvestris</i> , ильм <i>Ulmus</i> , береза древесная <i>Betula alba</i> -type
	Кустарники	Береза кустарниковая <i>Betula nana</i> -type, кедровый стланик <i>Pinus pumila</i> , душекия или ольховник <i>Duschekia</i> , ива <i>Salix</i>
	Кустарнички и травы	Вересковые <i>Ericaceae</i> , эфедра <i>Ephedra</i> , полынь <i>Artemisia</i> , сложноцветные <i>Asteraceae</i> , тысячелистник <i>Achillea</i> , цикориевые <i>Chicoriaceae</i> , одуванчик <i>Taraxacum</i> , мордовник <i>Echinops</i> , амброзия <i>Ambrosia</i> , злаковые <i>Poaceae</i> , осоковые <i>Cyperaceae</i> , маревые <i>Chenopodiaceae</i> , лютиковые <i>Ranunculaceae</i> , василистник <i>Thalictrum</i> , гречишные <i>Polygonaceae</i> , капустные <i>Brassicaceae</i> , гераниевые <i>Geraniaceae</i> , розоцветные <i>Rosaceae</i> , кровохлебка <i>Sanquisorba</i> , луковые <i>Alliaceae</i> , бобовые <i>Fabaceae</i> , володушка <i>Vupleurum</i> , зонтичные <i>Apiaceae</i> , валериана <i>Valeriana</i> , подорожник <i>Plantago</i> , подмаренник <i>Galium</i> , кипрейные <i>Onagraceae</i> , яснотковые <i>Labiatae</i> , гвоздичные <i>Caryophyllaceae</i> , синюховые <i>Polemoniaceae</i> и лилейные <i>Liliaceae</i>
	Гидрофиты	Рогоз <i>Typha</i> , гречишка водная <i>Porygonum amphibium</i> , частуха <i>Alisma</i> , ежеголовник <i>Sparganium</i> , рдест <i>Potamogeton</i>
	Споровые	Сфагновый мох <i>Sphagnum</i> , плаун булавовидный <i>Lycopodium clavatum</i> , плаун темный <i>L. obscurum</i> , гроздовник <i>Botrychium</i> , многожизненные <i>Polypodiaceae</i> , печеночный мох <i>Riccia</i> , бриевый мох <i>Bryales</i> (крупные формы)
	Водоросли	Виды, образующие колонии: <i>Pediastrum boryanum</i> var. <i>longicome</i> , <i>P. boryanum</i> var. <i>cornutum</i> , <i>P. boryanum</i> var. <i>div.</i> , <i>P. integrum</i> , <i>P. privum</i> , <i>P. kawraiskyi</i> , <i>P. boryanum</i> var. <i>caribbeanum</i> , <i>P. simplex</i> , <i>P. duplex</i> var. <i>rugulosum</i> , <i>P. orientale</i> , <i>P. angulosum</i> . Одиночные: <i>Tetraedron minimum</i>

Результаты анализа показали, что во всех палинологических спектрах доминирует пыльца древесных растений. Ее количество в среднем составляет 62 %, преобладает пыльца сосны обыкновенной и березы, пыльцы лиственницы в спектрах не более 6 %. Ель и пихта представлены единичными экземплярами пыльцевых зерен. Количество пыльцы кустарников в спектрах в среднем равно 17 %, доминирует пыльца кустарниковой березы. Кроме нее в небольшом количестве установлена пыльца стланика, ольховника, ивы. Среди трав и кустарничков (в среднем равно 20 %) преобладает пыльца полыни. Постоянно присутствует пыльца осок, злаков и эфедры. Остальные таксоны представлены в меньшей степени или вообще периодически единичными пыльцевыми зернами. Количество спор в исследованных спектрах в среднем не превышает 1 %.

К локальным компонентам палинологических спектров отнесена пыльца трав семейства осоковых и кустарниковых растений – березы, ивы и ольховника, зеленые водоросли *Pediastrum* и *Tetraedron*. Региональными компонентами являются пыль-

цевые зерна древесных растений – лиственницы, сосны обыкновенной, сосны сибирской кедровой, ели и пихты сибирской, березы. Полный таксономический состав, установленный в палинологическом мацерате, приведен в табл. 2.

По результатам исследования реконструируется растительность среднетаежных низкогорных ландшафтов, близкая по составу к современной, представленной березово-лиственничными, рододендроновыми лиственничными с сосной и березой лесами. Кустарники (ива, ольховник и кустарниковая береза) росли в непосредственной близости от озера. По берегам озера были развиты злаково-осоковые группировки. На наличие луговых и лугово-степных участков указывает постоянно присутствующая в спектрах пыльца лютиковых, эфедры и полыни.

Палинологическая запись показала, что за время накопления торфяного слоя существенных изменений в составе региональной растительности не происходило. Это хорошо согласуется с палинологической записью, полученной ранее по донным осадкам оз. Арахлей [9] (рис. 4).

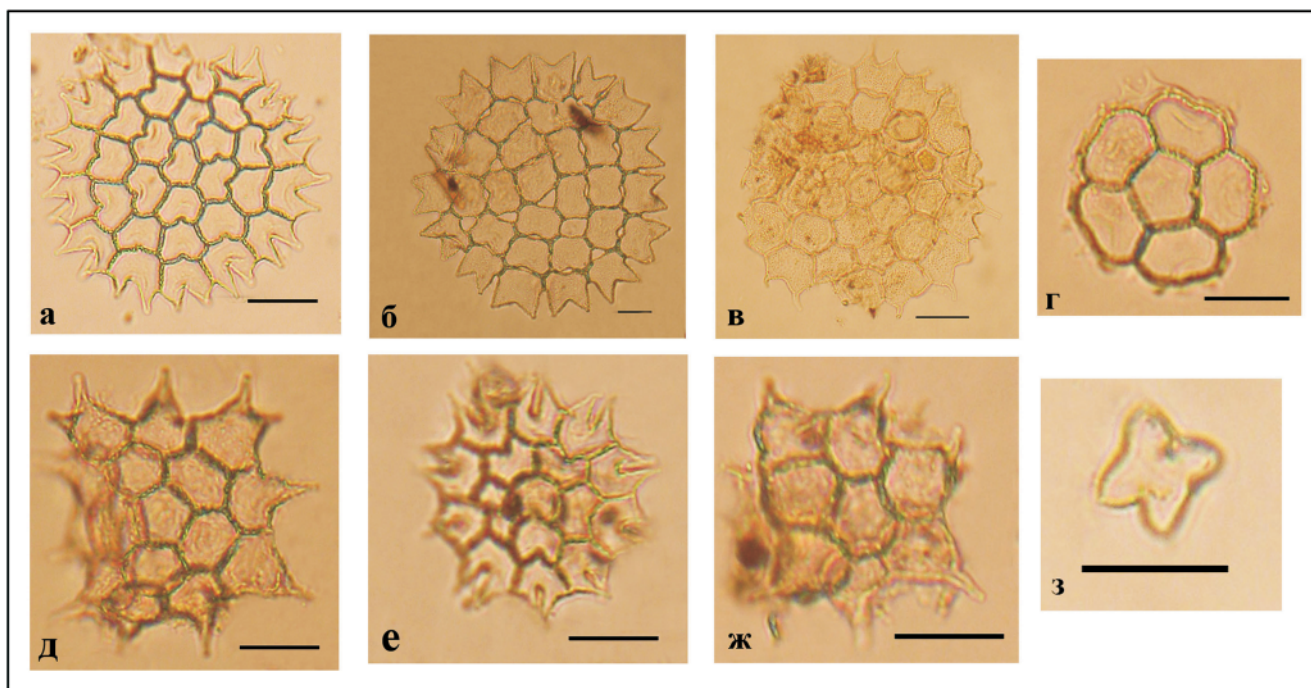


Рис. 5. Виды зеленых водорослей, определенные в торфяных отложениях оз. Былое
 а – *Pediastrum boryanum* var. *div.*; б – *P. duplex* var. *rugulosum*; в – *P. boryanum* var. *longicome*; г – *P. privum*; д – *P. kawraiskiyi*; е – *P. boryanum* var. *caribbeanum*; ж – *P. simplex*; з – *Tetradron minimum*

В нижней и верхней частях разреза торфяных отложений зафиксировано повышенное содержание ценобиев зеленых водорослей с преобладанием среди них *Pediastrum boryanum* (см. рис. 3, 5). Известно, что этот вид чрезвычайно обилен в чистых прудах, болотах, реках, озерах, в зарослях тростников и камышей. Это широко распространенный представитель в альго-бактериальных прибрежных сообществах.

В результате экспериментальных исследований жизненного цикла *Pediastrum boryanum* установлено, что максимально быстрое размножение его клеток происходит при высоком уровне освещенности и температуры [14]. Численное увеличение клеток водорослей в разрезе исследованных торфяных отложений, зафиксированное дважды, может свидетельствовать об увеличении инсоляции и повышении в то время температуры воды. В мелководном озере вода могла хорошо прогреваться в период как увеличения площади зеркала, так и его уменьшения.

Высокое содержание педиаструма было установлено дважды в палинологической записи оз. Арахлей (см. рис. 4): первое в период, аналогичный европейскому периоду потепления климата аллеред на рубеже 13000 лет назад; второе – на рубеже 10500 лет назад. Этот рубеж охарактеризован максимальными значениями температур и влажности для Беклемишевской котловины за весь голоценовый период [9].

Новая детальная палинологическая запись, полученная по результатам исследования торфяных отложений побережья оз. Былое, позволила реконструировать растительность и, в совокупности с ранее полученными данными по оз. Арахлей, выявить

компоненты спорово-пыльцевых спектров, характеризующие изменения озерно-болотной геосистемы Беклемишевской впадины в голоцене на локальном и региональном уровне.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бобринев В. П., Пак Л. Н., Фищенко В. В. Кедровые леса Восточного Забайкалья. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. – 264 с.
2. Дылис Н. В., Рещиков М. А., Малышев Л. И. Растительность / под общ. ред. И. П. Герасимова // Предбайкалье и Забайкалье. – М.: Наука, 1965. – С. 225–281.
3. Кулаков В. С., Сеница С. М. Беклемишевская впадина // Малая энциклопедия Забайкалья: Природное наследие. – Новосибирск: Наука, 2009. – С. 68–69.
4. Куприянова Л. А., Алешина Л. А. Пыльца двудольных растений флоры европейской части СССР. Lamiales – Zygophyllaceae. – Л.: Наука, 1978. – 184 с.
5. Куприянова Л. А., Алешина Л. А. Пыльца и споры растений флоры европейской части СССР. Т. 1. – Л.: Наука, 1972. – 170 с.
6. Особенности озерного осадконакопления в степной зоне Юго-Восточного Забайкалья в голоцене (на примере отложений оз. Зун-Соктуй) / В. Б. Базарова, Т. А. Гребенникова, Л. М. Мохова, Л. А. Орлова // Геология и геофизика. – 2011. – Т. 52, № 3. – С. 426–438.
7. Петрова И. В., Кондратене О. П., Дедович Г. С. Методические рекомендации к технике обработки осадочных пород при спорово-пыльцевом анализе. – Л.: ВСЕГЕИ, 1986. – 76 с.



8. **Пыльцевой анализ** / гл. ред. И. М. Покровская. – Л.: Госгеолиздат, 1950. – 570 с.

9. **Растительность** Центрального Забайкалья в позднеледниковье и голоцене / С. А. Решетова, Е. В. Безрукова, В. Паниzzo и др. // География и природные ресурсы. – 2013. – Т. 34, № 2. – С. 110–117.

10. **Янковска В.** Кокковые зеленые водоросли на пыльцевых слайдах и их значение для палеоэкологии // Палинология: стратиграфия и геоэкология: сб. науч. тр. XII Всерос. палинол. конф. – СПб.: ВНИГРИ, 2008. – С. 289–294.

11. **Янькова В. Н.** Растительность // Ивано-Арахлейский заказник: природно-ресурсный потенциал территории. – Чита: Поиск, 2002. – С. 31–38.

12. **Late Holocene paleoclimatic events and evolution of environments in southeastern Transbaikalia** / V. B. Bazarova, M. S. Lyashevskaya, T. A. Grebennikova, L. A. Orlova // *Quaternary International*. – 2015. – Vol. 355. – P. 44–51.

13. **Nakamura J.** Diagnostic characters of pollen grains of Japan // *Osaka Mus. Nat. Hist. Spec. Publ.* – 1980. – Vol. 13. – 90 p.

14. **Park J. B., Craggs R. J., Shilton A. N.** Algal recycling enhances algal productivity and settle ability in *Pediastrum boryanum* pure cultures // *Water Research*. – 2015. – Vol. 87. – P. 97–104.

REFERENCES

1. Bobrinev V.P., Pak L.N., Fischenko V.V. *Kedrovyye lesa Vostochnogo Zabaykal'ya* [Cedar forests of Eastern Transbaikalia]. Novosibirsk, SB RAS Publ., 2004. 264 p. (In Russ.).

2. Dylis N.V., Reschikov M.A., Malyshev L.I.; Gerasimov I.P. ed. [Vegetation]. *Predbaykal'ye i Zabaykal'ye* [Pre-Baikal and Transbaikalia]. Moscow, Nauka Publ., 1965, pp. 225–281. (In Russ.).

3. Kulakov V.S., Sinitsa S.M. [Beklemishevo Depression]. *Malaya entsiklopediya Zabaykal'ya: Prirodnoye naslediyе* [Small Encyclopedia of Transbaikalia: Natural Heritage]. Novosibirsk, Nauka Publ., 2009, pp. 68–69. (In Russ.).

4. Kupriyanova L.A., Aleshina L.A. *Pyl'tsa dvudol'nykh rasteniy flory yevropeyskoy chasti SSSR. Lamiaceae – Zygophyllaceae* [Pollen of dicotyledonous plants in the flora of the European part of the USSR. Lamiaceae – Zygophyllaceae]. Leningrad, Nauka Publ., 1978. 184 p. (In Russ.).

5. Kupriyanova L.A., Aleshina L.A. *Pyl'tsa i spory rasteniy flory yevropeyskoy chasti SSSR* [Pollen and plant spores of the European part of the USSR. Vol. 1]. Leningrad, Nauka Publ., 1972. 170 p. (In Russ.).

6. Bazarova V.B., Grebennikova T.A., Mokhova L.M., Orlova L.A. Holocene lake sedimentation in the steppe zone of southeastern Transbaikalia (exemplified by the sediments of Lake Zun-Soktui). *Russian Geology and Geophysics*, 2011, vol. 52, no. 3, pp. 333–342.

7. Petrova I.V., Kondratene O.P., Dedovich G.S. *Metodicheskiye rekomendatsii k tekhnike obrabotki osadochnykh porod pri sporovo-pyl'tsevom analize* [Methodical recommendations for the technique of processing sedimentary rocks during spore-pollen analysis]. Leningrad, VSEGEI Publ., 1986. 76 p. (In Russ.).

8. Pokrovskaya I.M. (Ch. ed.). *Pyl'tsevoy analiz* [Pollen analysis]. Leningrad, Gosgeolizdat Publ., 1950. 570 p. (In Russ.).

9. Reshetova, S.A., Bezrukova E.V., Panizzo V., et al. [Vegetation of the Central Transbaikalia in the Late Glacial and Holocene]. *Geografiya i prirodnyye resursy – Geography and natural resources*, 2013, vol. 34, no. 2, pp. 110–117. (In Russ.).

10. Jankowska V. [Coccal green algae on pollen slides and their significance for paleoecology]. *Sbornik nauchnykh trudov XII Vserossiyskoy palinologicheskoy konferentsii. Palinologiya: stratigrafiya i geoekologiya* [Collection of scientific papers of the XII All-Russian Palynological Conference. Palynology: stratigraphy and geoecology]. Saint Petersburg, VNIIGRI Publ., 2008, pp. 289–294. (In Russ.).

11. Yankova V.N. [Vegetation]. *Ivano-Arakhleyskiy zakaznik: prirodno-resursnyy potentsial territorii*. [Ivano-Arakhleyskiy zakaznik: natural resource potential of the territory]. Chita, Poisk Publ., 2002, pp. 31–38. (In Russ.).

12. Bazarova V.B., Lyashevskaya M.S., Grebennikova T.A., Orlova L.A. Late Holocene paleoclimatic events and evolution of environments in southeastern Transbaikalia. *Quaternary International*, 2015, vol. 355, pp. 44–51.

13. Nakamura J. Diagnostic characters of pollen grains of Japan. *Osaka Mus. Nat. Hist. Spec. Publ.*, 1980, vol. 13. 90 p.

14. Park J.B., Craggs R.J., Shilton A.N. Algal recycling enhances algal productivity and settle ability in *Pediastrum boryanum* pure cultures. *Water Research*, 2015, vol. 87, pp. 97–104.

© С. А. Решетова, А. Б. Птицын, 2018