

Изменения природной среды в позднем голоцене, зафиксированные в отложениях озера Изюбринские Солонцы, Сихотэ-Алинь

Н. Г. РАЗЖИГАЕВА¹, Л. А. ГАНЗЕЙ¹, Т. А. ГРЕБЕННИКОВА¹, Т. А. КОПОТЕВА²,
Л. М. МОХОВА¹, А. М. ПАНИЧЕВ¹, Е. П. КУДРЯВЦЕВА¹, Х. А. АРСЛАНОВ³, Ф. Е. МАКСИМОВ³,
А. Ю. ПЕТРОВ³, М. А. КЛИМИН²

¹ Тихоокеанский институт географии ДВО РАН
690041, Владивосток, ул. Радио, 7
E-mail: nadyar@tig.dvo.ru

² Институт водных и экологических проблем ДВО РАН
680000, Хабаровск, ул. Дикопольцева, 56
E-mail: kopoteva@ivver.as.khb.ru

³ Санкт-Петербургский государственный университет
199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., 7/9
E-mail: arslanovkh@mail.ru

Статья поступила 30.09.2016

Принята к печати 26.01.2017

Аннотация

Восстановлены палеоэкологические изменения, происходившие во время развития озера Изюбринские Солонцы из группы Солонцовских (Шандуйских) озер, расположенных в среднегорье Восточного Сихотэ-Алиня. Их образование связано с оползнями на склонах палеовулкана. Комплексное изучение разреза торфяника (ботанический, диатомовый, спорово-пыльцевой, радиоуглеродный анализы) позволило провести реконструкцию изменений палеосреды с высоким временным разрешением. Выявлена значительная изменчивость озерно-болотных обстановок, чутко реагировавших на изменения климата в позднем голоцене. Торфонакопление началось около 4000 ^{14}C лет назад. Основными торфообразователями являлись сфагновые мхи и травы за исключением периода 2330–1530 ^{14}C л. н. (2360–1480 календарных лет назад (кал. л. н.)), когда болото заросло лиственничником и накапливался преимущественно древесный торф. Лесные экосистемы по берегам озера оказались достаточно стабильными. В теплые фазы в составе темнохвойных лесов с участием кедра увеличивалась роль пихты и широколиственных, в холодные – берез, в последнюю тысячу лет в низкогорье распространение получили вторичные леса. Установлен возраст палеопожаров.

Ключевые слова: климатические изменения, поздний голоцен, озерно-болотные обстановки, палеоландшафты, пожары, Сихотэ-Алинь.

Изучению ландшафтов горных стран, их развитию, реакции на климатические изменения и оценке устойчивости в последние

десятилетия уделяется большое внимание [Beniston, 2003; Mountains..., 2012]. Одним из регионов, где горы занимают до 75 % пло-

щади, является Приморский край. Горная система Сихотэ-Алинь отличается уникальными ландшафтами, которые имеют сложное строение и сочетают в себе элементы тепло- и холодолюбивой биоты [Колесников, 1969; Растильный и животный мир..., 1982]. Экологические наблюдения показали, что в последние десятилетия здесь происходят значительные изменения биотических компонентов [Паничев и др., 2012]. Цель работы – реконструкция изменений природной среды в среднегорной части Сихотэ-Алиня в позднем голоцене по палеоэкологическим данным, полученным при изучении разреза отложений одного из Солонцовских (Шандуйских) озер. Несмотря на большое количество палеореконструкций по региону, следует указать, что большая часть изученных разрезов расположена на побережье [Короткий, 2002; Микишин и др., 2008]; для центрального Сихотэ-Алиня получены единичные данные [Короткий и др., 1980; Алешина и др., 1980; и др.]. Многие разрезы голоценовых отложений, изученные в 1970–1980-е гг., не обеспечены радиоуглеродными датами для высокоразрешающих палеоландшафтных реконструкций.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В качестве объекта исследований выбрано оз. Изюбриные Солонцы (190×100 м), расположенное на абсолютной высоте 750 м в верховьях руч. Четвертый ключ (рис. 1). В настоящее время его поверхность заросла, и оно превратилось в мезотрофное болото с доминированием сфагnuma магелланского *Sphagnum magellanicum* Brid. и пушицы многоколосковой *Eriophorum polystachion* L. s.l., с кустарничками: клюквой болотной *Oxycoccus palustris* Pers., багульником-подбелом *Ledum hypoleucum* Kom., хамедафне чашечной *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench. Встречаются также вейник узколистный *Calamagrostis angustifolia* Kom., осока вздутоносая *Carex rhynchophylla* C. A. Mey., росянка круглолистная *Drosera rotundifolia* L., вахта трехлистная *Menyanthes trifoliata* L., манник длинноколосковый *Glyceria spiculosa* (Fr. Schmidt) Roshev. По обрамлению болота растет лиственница Каяндера (*Larix cajanderi* Mayr) и куртины папоротника чистоустника азиатского (*Osmundastrum asiaticum* (Fern.) Tagawa). Окружающие склоны покрыты сомкнутыми пихтово-еловыми (*Abies nephrolepis* (Trautv.)

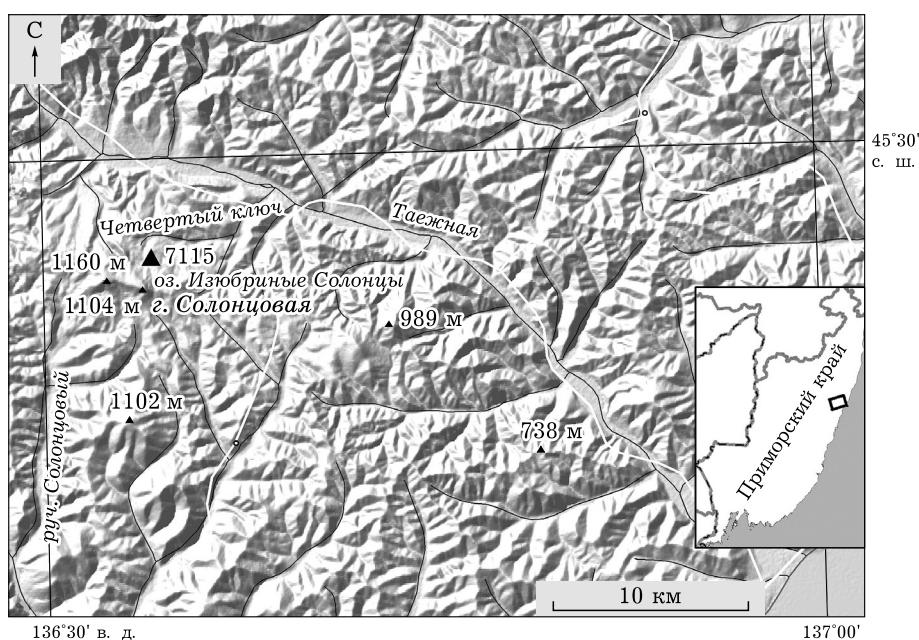


Рис. 1. Схема района работ и местоположение изученного разреза

Maxim., *Picea ajanensis* (Lindl. et Gord.) Fisch. ex Carr.) зеленомошными лесами с участием кедра корейского *Pinus koraiensis* Siebold et Zucc. и берез.

Озеро находится около границы Сихотэ-Алинского биосферного заповедника в поясе пихтово-еловых мшистых лесов (абсолютные высоты 700–1200 м) [Колесников, 1936а; Растительный и животный мир..., 1982]. Климатические условия в среднегорье гораздо суровее, чем на побережье: с учетом вертикального градиента, принятого для региона [Марченко, 1991], среднегодовая t составляет ...–0,7 °С, среднесуточная t июля – +10 °С. Безморозный период длится 120 дней. Количество осадков за вегетационный период 990 мм, наибольшее количество выпадает в августе – сентябре. Высота снежного покрова 80 см [Растительный и животный мир..., 1982].

Реконструкции проведены по разрезу торфяника (7115, 7215), пробуренного в краевой части оз. Изюбринные Солонцы ($45^{\circ}27'111''$ с. ш., $136^{\circ}34'366''$ в. д.). Опробование отложений выполнено с шагом 5 см. Стратиграфическое изучение включало ботанический, спорово-пыльцевой и диатомовый анализы, выполненные по стандартным методикам. Определение ботанического состава торфа проводили согласно [Куликова, 1974; <http://www.vashdom.ru/gost/28245-89>]. При изучении препаратов определяли также корненожки, в том числе раковинные амебы, а также отмечали наличие углей. При обработке проб для спорово-пыльцевого анализа использовали тяжелую жидкость с удельным весом 2,2 г/см³ [Покровская, 1966]. Определя-

ли соотношение трех групп: пыльцы древесных пород и кустарников, пыльцы трав и кустарничков, спор. Подсчет процентного содержания таксонов проводили только для древесных пород и кустарников. Пыльца трав, кустарничков и споры встречены в небольших количествах, поэтому подсчет в этих группах не выполняли. Определение диатомовых водорослей проводили в постоянных препаратах с помощью микроскопа “Axioscop”, при увеличении ×1000 с использованием литературных источников отечественных и зарубежных авторов [Определитель..., 1951; Диатомовые водоросли..., 1974; Krammer, Lange-Bertalot, 1986, 1988, 1991а, б; Krammer, 2000]. При эколого-географической характеристики видов и выявлении роли отдельных из них, кроме указанных публикаций, использовали сведения других работ [Баринова и др., 2006]. На диаграмму вынесены основные таксоны, позволяющие определить изменение экологических условий во время накопления озерно-болотных отложений. Зольность торфа определялась по стандартным методикам [Основные..., 1975; Торф..., 1995].

Радиоуглеродное датирование образцов торфа и древесины выполняли в СПбГУ по общей горячей щелочной вытяжке гуминовых кислот сцинтиляционным методом (см. таблицу). Образцы торфа предварительно очищали от карбонатов и посторонних гуминовых кислот путем последовательной обработки образцов 2%-ми растворами HCl и NaOH. С помощью программы OxCal 4.2 (<https://c14.arch.ox.ac.uk>) сделана калибровка радиоуглеродных дат в календарные и построена

Радиоуглеродный, календарный возраст и скорости накопления отложений озера Изюбринные Солонцы

Лабораторный номер	Номер образца	Интервал, м	Радиоуглеродный возраст, лет	Календарный возраст, кал. лет	Моделированный возраст, кал. лет	Скорость торфонакопления по моделированному возрасту (интервал)
ЛУ-8043	1/7215	0,45–0,50	370 ± 70	410 ± 70	260 ± 110	1,92 мм/год (0–0,5 м)
ЛУ-8044	2/7215	0,95–1,00	480 ± 70	520 ± 80	610 ± 50	1,42 мм/год (0,5–1,0 м)
ЛУ-8030	3/7215	1,45–1,50	1130 ± 30	1030 ± 50	1000 ± 20	1,28 мм/год (1,0–1,5 м)
ЛУ-8045	4/7215	1,75–1,80	1260 ± 70	1190 ± 80	1230 ± 40	1,30 мм/год (1,5–1,8 м)
		1,85			1280 ± 50	0,145 мм/год (1,85–2,3 м)
ЛУ-8052	5/7215	1,95–2,00	2330 ± 60	2360 ± 120	2270 ± 80	
		2,3			4380 ± 220	

возрастная модель “глубина – возраст”, которая учитывает изменения возраста, связанные с короткопериодичными колебаниями содержания ^{14}C в атмосфере [Bronk Ramsey, 2008]. В качестве календарных дат в тексте приводятся значения моделированного возраста. Модель построена на малом количестве датировок и имеет только оценочное значение. Для установления хронологии изменений палеосреды наряду с данными радиоуглеродного анализа использовали датировки, полученные путем интерполяции в интервале между двумя датированными прослойками, принимая условия, что он формировался с постоянной скоростью торфонакопления. При определении последовательности изменений озерно-болотных обстановок и окружающих ландшафтов использовали как калибранный, так и ^{14}C -возраст для сопоставления с ранее опубликованными данными по региону.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Скважина вскрыла торфяник (мощность 2,3 м), залегающий на органоминеральных отложениях, переходящих в серый суглинок с разнозернистым песком.

Возрастная модель показала, что скорости торfonакопления на берегу озера оказались крайне неравномерными (рис. 2). Нижний слой (1,85–2,30 м) формировался со скоростью около 0,145 мм/год (см. таблицу). С учетом скорости накопления торфа возраст озера можно оценить около 4 тыс. ^{14}C лет (4380 ± 220 кал. л. н.). В верхней части разреза (0–1,85 см), исходя из средневзвешенных значений моделированного возраста, скорость торfonакопления колеблется в пределах 1,28–1,92 мм/год. Реконструкции палеосреды проведены для начала позднего голоцене с временным разрешением около 330–345 лет, малого оптимума голоцена около 40 лет и малого ледникового периода – 26–40 лет.

Ботанический анализ и состав раковинных амеб. В суглинке, подстилающем торфяник, встречены кора и древесина лиственницы (90 %), сфагновые (*Sphagnum magellanicum*, *S. cuspidatum* Ehrh. ex Hoffm.) и единично гипновые мхи. В основании торфяной залежи (2,20–2,30 м) выходит хорошо разло-

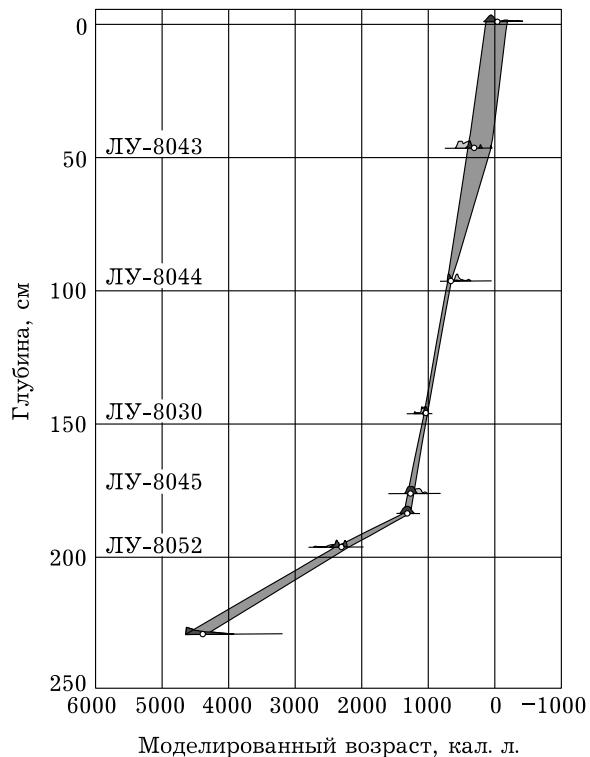


Рис. 2. Возрастная модель накопления отложений оз. Изюбринские Солонцы в позднем голоцене

жившийся эвтрофный травяно-сфагновый торф (рис. 3). Среди сфагновых мхов встречаются в основном мочажинные, гипергидрофильные виды: *S. cuspidatum*, *S. lindbergii* Schimp. ex Lindb., а также олиготрофно-мезотрофный гигрофит *S. magellanicum*. Состав трав разнообразен, преобладают гидрофиты: рогоз, схеноплектус озерный *Schoenoplectus lacustris* (L.) Palla, пушица влагалищная *Eriophorum vaginatum* L., манник, осока топянная *Carex limosa* L., ирис. Кустарнички представлены корой и корнями клюквы болотной *Oxycoccus palustris*, встречены остатки лиственницы. Присутствие крупных зерен кварца и повышенная зольность торфа говорят о постоянном поступлении терригенного материала за счет плоскостного смыва.

Эвтрофно-мезотрофный травяно-сфагновый торф в интервале 2,10–2,20 м формировался в более увлажненных условиях, часто встречаются корненожки и раковинные амебы из рода *Ditrema*. Появляются сабельник болотный *Comarum palustre* L. и хвоц. Помимо остатков лиственницы, встречены хвоя пихты и кора березы. Обнаружены конидии гриба *Helicosporium* sp. Значения золь-

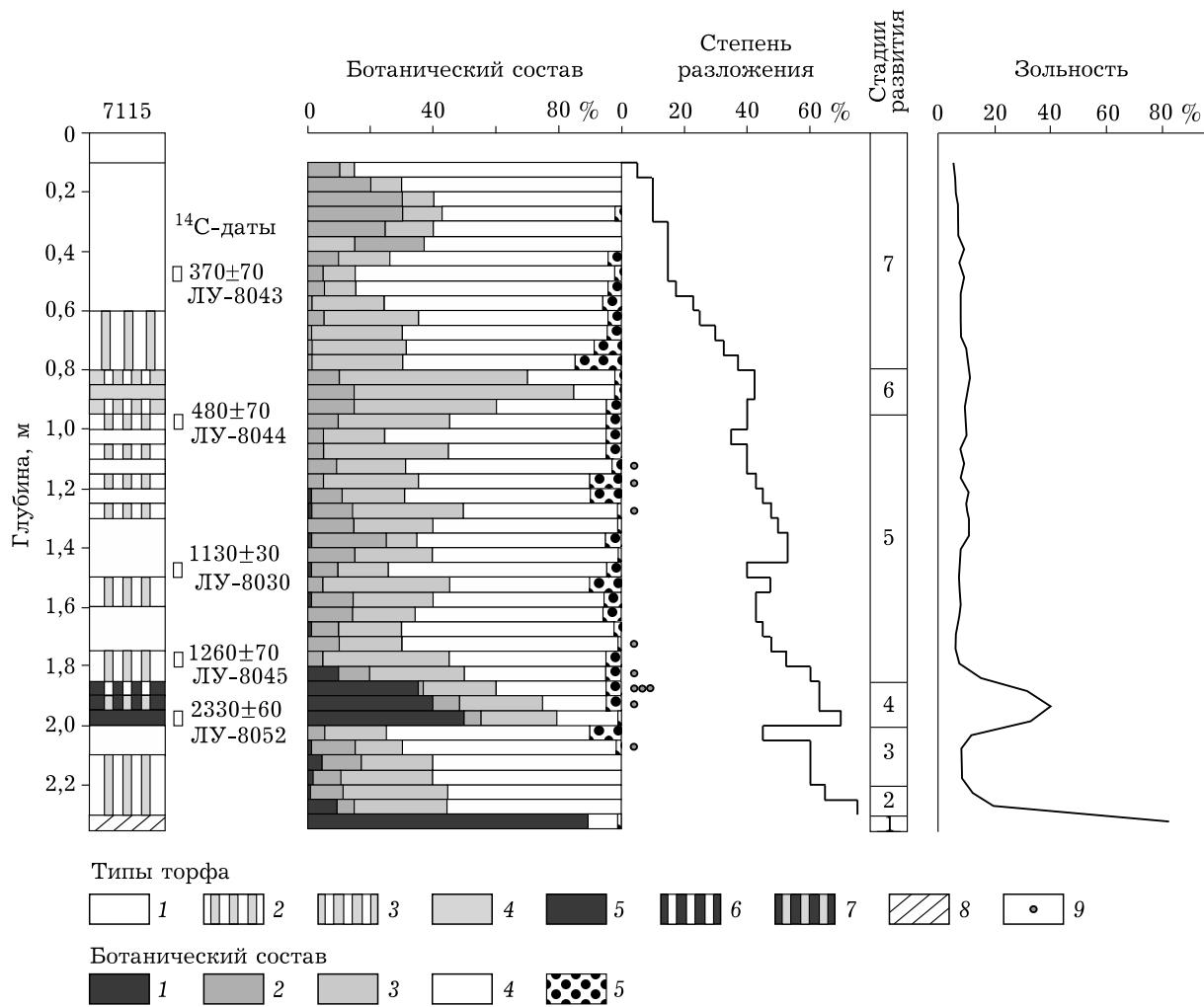


Рис. 3. Ботанический состав и характеристики торфа в разрезе 7115, оз. Изюбринные Солонцы. Типы торфа: 1 – сфагновый, 2 – травяно-сфагновый, 3 – сфагново-травяной, 4 – травяной, 5 – древесный, 6 – сфагново-древесный, 7 – травяно-древесный, 8 – органоминеральный горизонт, 9 – угли. Ботанический состав: 1 – древесные, 2 – кустарнички, 3 – травы, 4 – сфагновые мхи, 5 – зеленые мхи. Стадии развития болота: 1 – начало заболачивания поверхности, формирование органоминеральных отложений, 2 – эвтрофная, 3 – эвтрофно-мезотрофная, 4 – эвтрофная, 5 – мезотрофная, 6 – эвтрофно-мезотрофная, 7 – мезотрофная

ности снижаются. Эвтрофно-мезотрофный сфагновый торф в интервале 2,00–2,10 м сложен в основном *Sphagnum magellanicum*, *S. cuspidatum* и *S. subsecundum* Nees ex Sturm (до 20 %). В верхней части интервала резко снижается степень разложения. Кустарнички представлены клюквой, встречена кора кустарниковой берески, хвоя лиственницы и пихты. В слое в обилии содержатся корневища и амебы, в том числе *Centropyxis aculeata* – обитатель мочажин верховых болот, предпочитающий обводненные мезотрофные, среднекислые условия (рН 4,5–5,3)

[Курина и др., 2010] и оптимальное значение уровня болотных вод около 30 см [Курина, 2011]. Редкие угольки свидетельствуют об имевших место пожарах, после которых в окружающих болото лесах (обычно в денинины сфагновых мхов) внедряются мхи рода *Polytrichum*.

В интервале 1,85–2,00 м залегает эвтрофный хорошо разложившийся преимущественно древесный торф, сложенный остатками лиственницы и берески. В слое найдено много углей. О частых пожарах свидетельствует и высокая зольность торфа. Травы представ-

лены в основном осоками и пушицей влагалищной, после пожаров появился хвощ, в верхней части – ирис и манник. Сфагновые мхи представлены *Sphagnum cuspidatum* и небольшим количеством *S. magellanicum*. Из гипновых мхов встречен *Aulacomnium palustre* (Hedw.) Schwaegr., характерный для напочвенного покрова заболоченных лесов, также считающийся индикатором пирогенных смен. Количество гипновых мхов увеличивается после пожаров как свидетельство усиления эвтрофикации.

Выше залегает переслаивающийся сфагновый и травяно-сфагновый мезотрофный торф с низкой зольностью (0,95–1,85 м). Вверх по разрезу степень его разложения снижается. Сфагновые мхи представлены *Sphagnum magellanicum*, *S. cuspidatum*, в отдельных слоях появляется *S. subsecundum*, *S. lindbergii*, а в верхней части – гигрофит *S. jensenii* H. Lindb. Два последних характерны для северной части лесной зоны Евразии. В небольшом количестве встречены гипергидрофильные гипновые мхи из рода *Drepanocladus*, на всем протяжении этого периода попадаются единичные остатки *Polytrichum strictum* Brid., а в верхней части отмечен *P. commune* Hedw., что говорит о периодически возникавших лесных пожарах в окружении болота. В основании интервала среди остатков трав преобладают пушицы, манник, в интервале 1,40–1,60 м разнообразие трав увеличивается, появляются ирис, в отдельных слоях – сабельник и хвощ топяной *Equisetum limosum* L., выше по разрезу доминируют пушица и осоки (*Carex globularis* L., *C. limosa*). Кустарнички представлены корой и корнями клюквы, в основании встречена кора кустарниковой берески, в отдельных слоях – багульник болотный *Ledum palustre* L. Древесные остатки включают кору, древесину и хвою лиственницы, иногда встречается хвоя пихты. В интервале 1,40–1,85 м отмечены многочисленные корненожки и раковинные амебы из родов *Callidina*, *Arcella*, *Hyalosphaeria*, *Ditrema*. Присутствие гигрофила *Hyalosphaeria papilio* позволяет предположить, что уровень болотных вод был около 20 ± 7 см [Курьина, 2011]. Этот вид – сфагнофил, характерен для моховых покровов, кочек и топей олиготрофных болот, требователен к освещенности [Бобров, 2003; Курьина и др., 2010; Прейс, Ку-

рьина, 2011]. Нахodka гигрофила *Arcella discoides* (0,95–1,00 м), характерного для моховых топей, также указывает на большое обводнение болота [Бобров, 2003]. В отдельных слоях встречены мелкие угольки.

В интервале 0,80–0,95 м залегает эвтрофно-мезотрофный сфагново-травяной и травяной торф. Основными растениями-торфообразователями являются осоки *Carex globularis*, *C. limosa*, *C. appendiculata* (Trautv. et C. A. Mey.), пушицы с участием манника длинноколоскового *Glyceria spiculosa*, сабельника и ириса. Среди сфагновых мхов распространены *S. magellanicum*, *S. cuspidatum*, *S. subsecundum*, в нижней части – *S. jensenii*, характерным для сильно обводненных топей, кустарнички представлены клюквой, встречена хвоя лиственницы. Из гипновых мхов присутствуют представители рода *Drepanocladus*, в основании – *Polytrichum strictum*, характерный для кочек, гряд и бугров верховых болот и берегов водоемов. Слабо разложившийся мезотрофный травяно-сфагновый торф в интервале 0,60–0,80 м включает те же виды сфагновых мхов, из гипновых встречен один вид из рода *Drepanocladus*. Состав трав и древесных также схож с нижележащим слоем. Верхняя часть залежи (0–0,60 м) сложена слабо разложившимся сфагновым торфом, внизу преобладают мочажинные *Sphagnum subsecundum* и *S. cuspidatum*, встречен *S. obtusum* Warnst., растущий в сильно обводненных мочажинах и топях переходных болот и сплавинах озер [Зверев, Бабешина, 2009]. Вверх по разрезу увеличивается роль *S. magellanicum* вплоть до формирования магелланового торфа (0–0,35 м). Среди остатков трав в нижней части слоя доминируют осоки, в верхней – пушица, среди кустарничков – клюква, единично отмечена *Chamaedaphne calyculata*, встречаются остатки хвои и коры лиственницы. В интервале 0,45–0,60 м в обилии отмечена корненожка *Callidina angusticollis*, характерная для мочажин верховых болот.

Диатомовый анализ. В разрезе обнаружено 93 вида и разновидности пресноводных диатомовых водорослей: донные – 41, виды обрастаания – 45, планктонные и временно планктонные – 7. Преобладают космополиты, бореальных видов встречено 8, аркто-бореальных – 8. Выделено шесть комплексов диатомей (рис. 4).

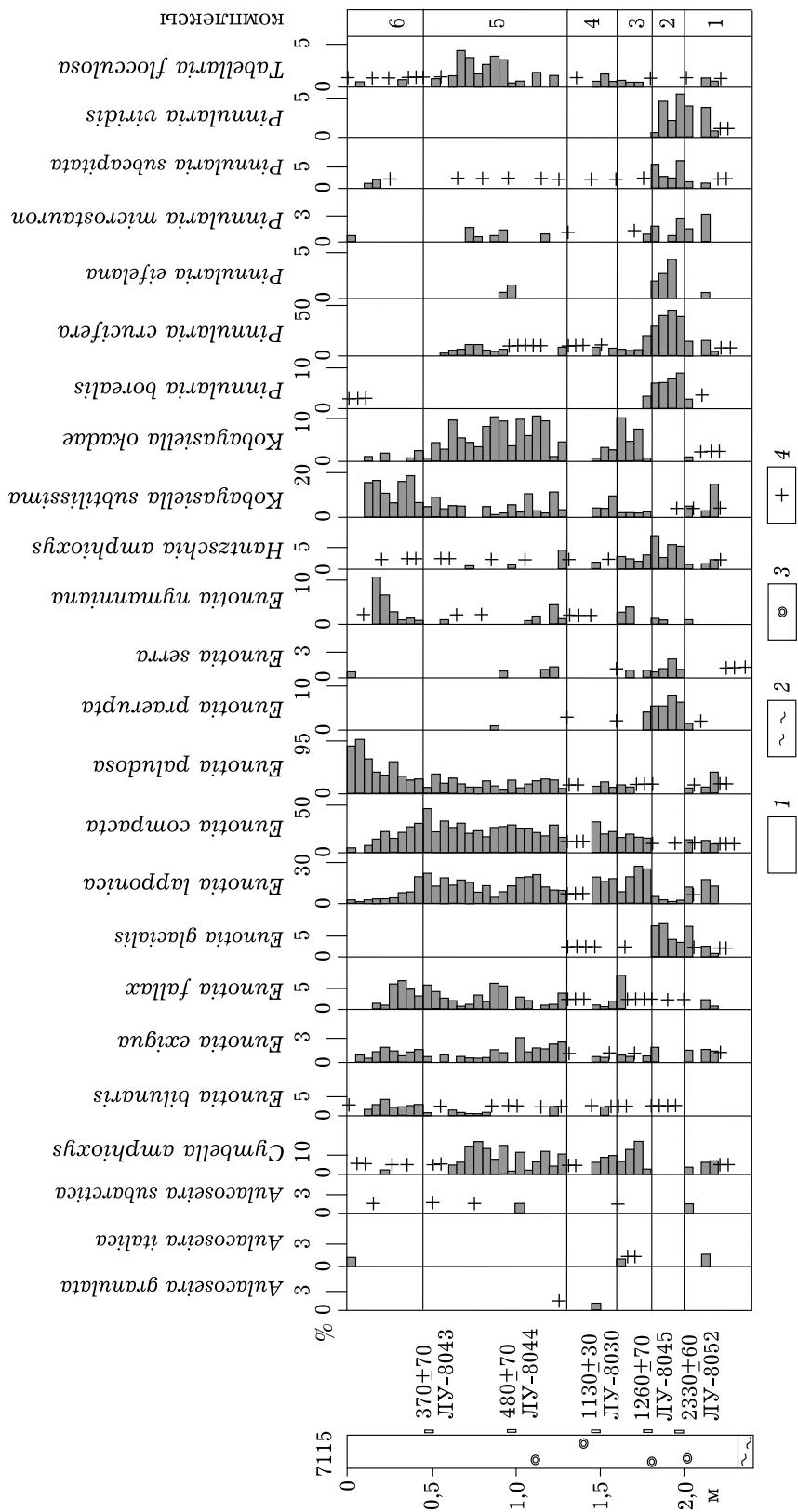


Рис. 4. Распределение диатомей в разрезе торфника 7115, оз. Изюбринье Солонцы.
1 – торф, 2 – суглинок, 3 – древесина, 4 – <1 %

Комплекс 1 (интервал 2,40–2,00 м, 4380–2270 кал. л. н.) указывает, что в начале заболачивания существовало моховое болото, постепенное его обводнение привело к образованию мелководного водоема. В интервале 2,15–2,20 м преобладают обрастатели, доминирует *Eunotia paludosa* Grunow, способный обитать на увлажненных мхах, субдоминантами являются характерные для торфяных болот *Eunotia compacta* (Hustedt) Mäyama, *E. lapponica* Grunow, *Kobayasiella subtilissima* (Cleve) Lange-Bertalot. Содержание арктических видов достигает 8 %. По отношению к pH высока доля ацидофилов (до 78 %), к солености – галофобов (67 %). Выше по разрезу (2,00–2,15 м) появляется *Pinnularia crucifera* Cleve-Euler, заметно увеличивается содержание *Pinnularia viridis* (Nitzsch) Ehrenberg, *P. microstauron* (Ehrenberg) Cleve, *Stauroneis phoenicenteron* (Nitzsch) Ehrenberg. Здесь же встречены характерные для озер и проточных вод планктонные *Aulacoseira italica* (Ehrenberg) Simonsen, *A. subarctica* (O. Müller) Haworth. Отношение ацидофилов и циркумнейтральных видов к pH среды очень близко, а по отношению к солености доля галофобов и индифферентов одинакова. Резко снижается содержание арктических диатомей.

Комплекс 2 (интервал 1,80–2,00 м, 2270–1230 кал. л. н.) фиксирует обмеление и частичное иссушение водоема. Ведущими являются донные виды (до 79 %), среди которых на фоне высокого содержания гидрофильных *Pinnularia crucifera*, *P. subcapitata* Gregory и обрастаеля *Eunotia glacialis* Meister значительной концентрации достигают виды, способные обитать при незначительном увлажнении: донный *Pinnularia borealis* Ehrenberg, из обрастваний – ацидофил *Eunotia praerupta* Ehrenberg. Основная часть диатомей космополиты, бореальных и арктических мало (<3,6 %). Преобладают циркумнейтральные виды (59–77 %) – pH воды в водоеме близка к нейтральной. По отношению к солености доминируют индифференты (60–82 %).

Комплекс 3 (интервал 1,60–1,80 м, 1230–1080 кал. л. н.). Доминируют *Eunotia lapponica*, *Cymbella amphioxys* (Kützing) Cleve, обитающие в болотных водах и виды, населяющие влажные мхи: *Eunotia compacta* и характерный для верховых болот *Kobayasiella okadae*

(Skwartzow) Lange-Bertalot. Болото стало более обводненным, на что указывает появление планктонных видов, не характерных для моховых болот: *Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Simonsen, *A. italica*, *A. subarctica*, обрастаеля *Rhopalodia gibba* (Ehrenberg) O. Müller и др. По-видимому, они могли периодически приноситься временными водотоками. Температура воды являлась довольно низкой: содержание арктических видов достигает 26 %. Уменьшились значения pH, оптимальное развитие *Eunotia lapponica* происходит при pH 4,9 [Баринова и др., 2006]. Преобладают галофобы (до 67 %), указывающие на слабую степень минерализации воды.

Комплекс 4 (интервал 1,30–1,60 м, 1080–840 кал. л. н.). Среди доминант на фоне высокого содержания гидрофильных *Eunotia lapponica*, *Cymbella amphioxys* главенствуют населяющие влажные мхи – *Eunotia compacta*, *E. paludosa*. По-видимому, сократилась площадь полей открытой воды, стали реже встречаться виды, поступающие с временными водотоками. Содержание арктических диатомей уменьшилось (11–13,5 %). В интервале 1,30–1,45 м содержание диатомей очень низкое (до 25 створок на препарат). Одной из причин может являться быстрый рост моховой подушки и полное отсутствие открытой воды. По отношению к минерализации доминируют галофобы (до 73,9 %).

Комплекс 5 (интервал 0,45–1,30 м, 840–230 кал. л. н.) свидетельствует о развитии мохового болота во влажных условиях. Доминируют населяющие мхи *Eunotia compacta*, *E. paludosa*, *Kobayasiella okadae*, *K. subtilissima* и более гидрофильные *E. lapponica*, *Cymbella amphioxys*, а также временно планктонный *Tabellaria flocculosa* (Roth) Kützing, донный *Pinnularia crucifera* и др. Спорадически встречаются планктонные *Aulacoseira alpigena* (Grunow) Krammer, *A. subarctica*, обрастаеля *Rhopalodia gibba*, *Planothidium frequentissimum* Lange-Bertalot, очевидно, поступающие с водами временных водотоков. Значительную долю составляют арктические виды (до 26 %), что характерно для плохо прогреваемых моховых болот. Показатели pH среды оказались довольно низкими, судя по развитию массовых видов: оптимальные условия *Eunotia compacta* – pH 5,58, а *Eunotia lapponica* – pH 4,9 [Баринова и др., 2006]. По

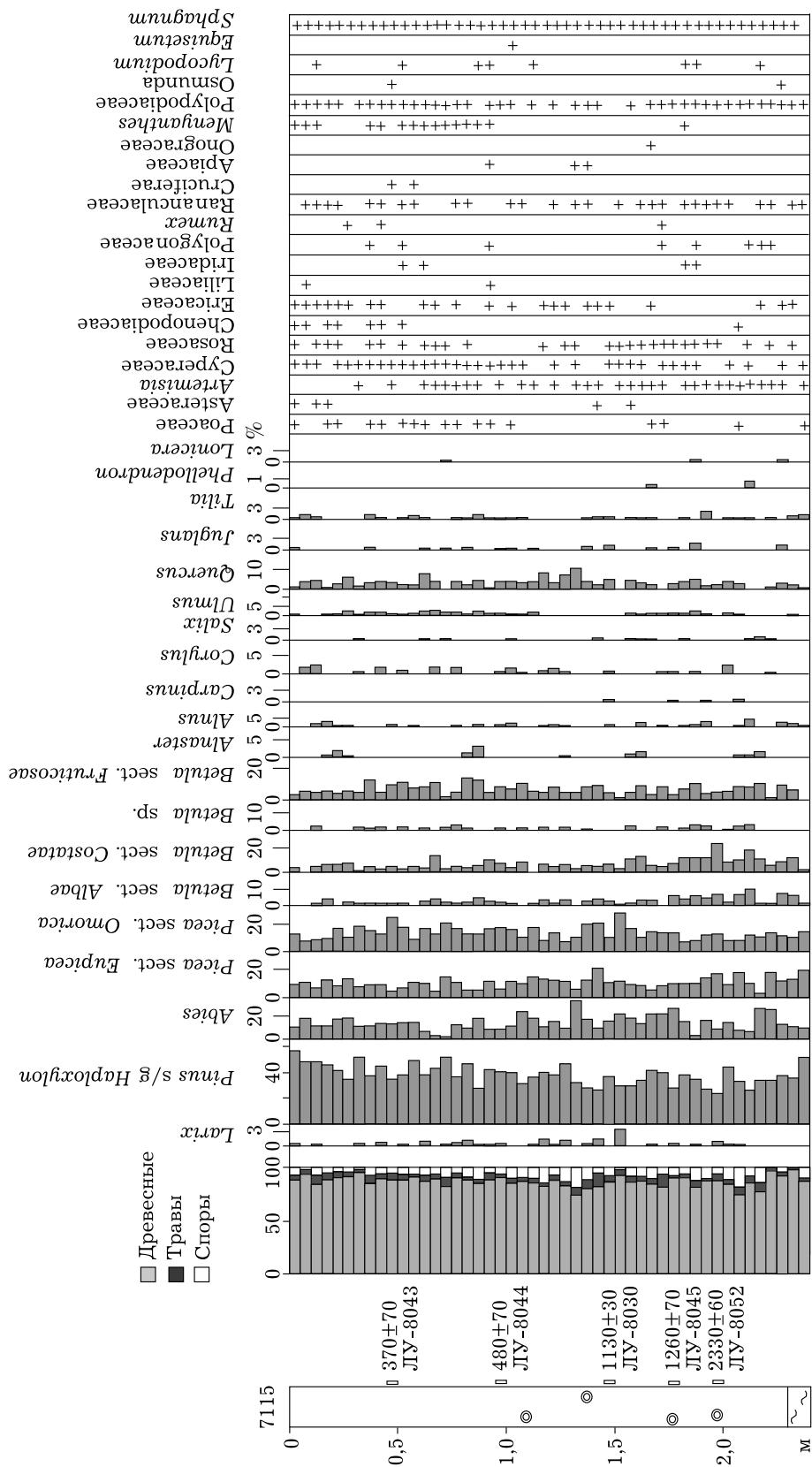


Рис. 5. Спорово-пыльцевая диаграмма разреза торфника 7115, оз. Изборинные Солонцы

отношению к солености существенно преобладают галофобы (63–89 %), что указывает на слабую степень минерализации воды.

Комплекс 6 (интервал 0–0,45 м, 230–0 кал. л. н.) характеризует развитие олиготрофно-дистрофного болота в условиях постепенного снижения степени обводнения. Исчезают многие гидрофильные виды, ведущее положение приобретают *Eunotia paludosa*, *E. fallax* Cleve, *Kobayasiella subtilissima*, способные обитать на мокрых мхах. Ближе к кровле вспышку дает *Eunotia pumanniana* Grunow, а у самой поверхности – *Eunotia paludosa*. Оптимальное развитие доминирующих видов происходит при pH 6,0–6,48 [Баринова и др., 2006]. Снизилась численность аркто boreальных диатомей (<3 %). По отношению к минерализации преобладают галофобы (72,1–96,4 %).

Споро-пыльцевой анализ. Для всего разреза выделены богатые споро-пыльцевые спектры лесного типа, которые, в первую очередь, отражают изменение растительности на склонах, окружающих озеро (рис. 5). Распределение пыльцы и спор по разрезу показывает, что лесные экосистемы по берегам озера в позднем голоцене являлись достаточно стабильными. Не выделяя отдельно пыльцевых зон, отражающих значимые изменения в растительности, можно отметить некоторые вариации в соотношении содержания пыльцы древесных, отражающие реакцию биотических компонентов на короткопериодные климатические изменения и пожары. В палиноспектрах преобладает пыльца кедра корейского и темнохвойных. Как правило, в потепления в их составе увеличивается содержание пихты. Практически по всему разрезу встречается редкая пыльца лиственницы, что наряду с данными ботанического состава свидетельствует о ее постоянном участии в растительности по обрамлению озера. Встречено много пыльцы древесных и кустарниковых берез (до 30,7 и 13,6 % соответственно), а также ольхи. Присутствие пыльцы *Alnaster* – результат ветрового заноса с господствующими вершинами. Разнообразна пыльца широколиственных. Пыльца *Quercus* поступала как из нижележащих поясов, так и, возможно, с хребта Дальнего, где на высотах 1000–1100 м развиты ду-

бово-каменноберезовые леса, рассматриваемые как реликтовые [Растительный и животный мир..., 1982]. Пыльца *Carpinus* – результат ветрового заноса с южных районов Приморья. Имеются данные о более широком распространении граба на восточных склонах Сихотэ-Алиня в теплые эпохи голоцена [Короткий и др., 1980]. Пыльца *Juglans*, *Tilia*, *Ulmus*, *Corylus* в основании разреза связана с более широким их распространением в теплые периоды голоцена, а в верхней части разреза свидетельствует о ветровом заносе из нижележащих поясов. После пожаров увеличивается количество пыльцы древесных берез, сокращается – кедра. Пыльца трав и кустарничков отражает локальные ландшафты в пределах котловины. Преобладает пыльца представителей семейства осоковых, к верхней части разреза приурочены находки пыльцы злаковых и вахты. Среди спор преобладают сфагновые мхи и папоротники, распространенные на кромке болота и в лесу. Особенностью палиноспектров является низкое содержание спор *Sphagnum* при определяющей его роли в формировании органогенных отложений. Это может свидетельствовать о преимущественно вегетативном размножении сфагновых мхов.

ОБСУЖДЕНИЕ

Солонцовские озера расположены на восточном макросклоне около горы Солонцовой, являющейся фрагментом крупного палеовулкана Солонцовского [Ветренников, 1976]. Первое описание озер сделано Б. П. Колесниковым [1936]. Абсолютный возраст вулканической постройки 61–56 млн лет [Паничев и др., 2012]. Образование озер связано с серией крупных оползней. Оползень, приведший к формированию оз. Изюбринные Солонцы, по расчетам авторов произошел около 4380 кал. л. н. Причина, вызвавшая оползание больших масс рыхлых отложений, могла носить как сейсмический характер, так и климатогенный. Данных о сильных сейсмических событиях этого возраста для данного района не выявлено [Короткий, 2010; Ганзей и др., 2015]. За время наблюдений с 1888 г. зафиксировано несколько сильных землетрясений (M до 6,8), эпицентры которых распо-

ложены вдоль побережья Татарского пролива, но они являются глубокофокусными [Левин и др., 2008]. Поэтому более вероятной причиной представляется климатическая, когда в результате катастрофических ливней мог произойти сход больших масс переувлажненного рыхлого материала. Линия отрыва могла располагаться в зоне линейных кор выветривания гидротермально переработанных пород вплоть до глин или пелитовых туфов, обычно широко распространенных на вулканических постройках. Сход оползня произошел в начальный этап раннесуб boreального потепления, хорошо выраженного на юге Дальнего Востока [Короткий и др., 1997]. Как и в современных условиях, тренд на потепление, скорее всего, сопровождался изменением атмосферной циркуляции и активизацией циклонической деятельности. Возможно, существовали ситуации, когда несколько тайфунов или циклонов следовали друг за другом, что сопровождалось сильными продолжительными ливнями. Увеличение количества атмосферных осадков в начале суб boreала фиксируется во многих разрезах юга Дальнего Востока [Короткий и др., 1997].

В котловине в переувлажненных условиях начал развиваться лиственничник со сфагновым напочвенным покровом с участием зеленых мхов. На окружающих склонах оказались распространены елово-кедровые леса с примесью пихты и берез.

Начало заболачивания котловины с образованием эвтрофного травяно-сфагнового торфа происходило в наиболее теплую фазу позднего голоцене около 3940–3400 ^{14}C л. н. (4380–3530 кал. л. н.). Это потепление хорошо проявилось на Шкотовском плато, в низкогорье восточного макросклона и на побережье [Короткий, 2002; Микишин и др., 2008; Разжигаева и др., 2016а]. В лесной растительности увеличилось участие пихты около 3670–3400 ^{14}C л. н. (3995–3650 кал. л. н.). “Холодный сигнал” выделен по повышенному содержанию арктобореальных диатомей около 3400–3130 ^{14}C л. н. (3650–3310 кал. л. н.). В начале этой фазы болото перешло в эвтрофно-мезотрофную стадию развития. В составе лесов в районе озера снизилось участие широколиственных. Временные рамки похолодания хорошо совпадают с событием,

установленным в других районах Южного и Восточного Приморья [Микишин и др., 2008; Разжигаева и др., 2016а]. Это похолодание выражено и в европейской части России [Клименко и др., 2001; Arslanov et al., 2001].

Обводнение болота и образование мелководного водоема с застойным режимом произошло около 3130 ^{14}C л. н. (3310 кал. л. н.). Оно трансформировалось в сильно обводненное сфагновое болото около 2870 ^{14}C л. н. (2960 кал. л. н.), уровень болотных вод, скорее всего, сохранялся около 30 см. О высокой степени обводнения говорит наличие среди растений-торфообразователей мочажинных гипергидрофильных сфагновых мхов, гидрофильных видов полукустарничков (сабельник), травянистых (ирис) и кустарничков (клоква), а также большое количество простейших (корненожек и раковинных амеб), характерных для мочажин мезотрофных болот. После прохождения пожаров около 2870–2600 ^{14}C л. н. (2960–2620 кал. л. н.) на болоте начали развиваться гипновые мхи.

Резкое снижение степени разложения торфа, накопившегося около 2600–2330 ^{14}C л. н. (2620–2270 кал. л. н.) фиксирует начало одного из значительных похолоданий позднего голоцена [Волкова и др., 1989; Arslanov et al., 2001; Борисова, 2014; Solomina et al., 2016]. Лесная растительность отреагировала на похолодание с некоторым запаздыванием – по обрамлению оз. Изюбриные Солонцы долгое время сохранялось большое количество кедра корейского.

Кардинальные изменения в развитии озерно-болотных обстановок произошли около 2330 ^{14}C л. н. (2270 кал. л. н.), когда озеро обмелело и резко сократило свою площадь, уровень грунтовых вод упал. Болото перешло в эвтрофную стадию развития. На фоне сокращения количества атмосферных осадков большую роль в питании стали играть делювиальные воды, о чем свидетельствует существенное повышение зольности торфа. Берега озера заросли лиственничником, в кустарниковом ярусе распространились берески и жимолость. Накопление торфа с большим количеством древесных остатков происходило 2330–1530 ^{14}C л. н. (2270–1280 кал. л. н.). Резкое снижение количества атмосферных осадков в условиях похолодания зафиксировано и в других районах юга Дальнего Вос-

тока [Клименко и др., 2000; Bazarova et al., 2011; Разжигаева и др., 2016а, б]. Реакция лесной растительности на склонах, окружающих оз. Изюбринные Солонцы, на похолодание оказалась незначительной – несколько снизилась роль пихты. Возможно, расширился пояс каменноберезняков на более высоких уровнях рельефа.

В условиях снижения увлажнения в период 2060–1530 ^{14}C л. н. (1940–1280 кал. л. н.) часто случались пожары, как локальные, так и лесные. Нахodka в разрезе торфяника большого количества древесных углей показала, что наиболее масштабные пожары происходили около 1800–1530 ^{14}C л. н. (1610–1280 кал. л. н.). Из-за них, вероятно, резко снижались темпы торфонакопления [Копотева, Купцова, 2011]. Величина pH воды в котловине стала близка к нейтральной. В лесной растительности в обрамлении озера сократилось участие кедра корейского и увеличилась роль берез. Обширные гари, по-видимому, не образовывались и коренных изменений лесной растительности в окрестностях озера не происходило.

Обводнение болота около 1530–1170 ^{14}C л. н. (1280–1080 кал. л. н.), которое связано с увеличением увлажнения климата, привело к быстрой деградации лиственничника и развитию по берегам озера моховой топи с участием трав (пушица, ирис, манник). Условия оказались благоприятными для развития простейших: в мочажинах обитали разнообразные корненожки и раковинные амебы. Уровень болотных вод повысился до 20 см. Снизились значения pH. Резко возросли скорости торфонакопления. Аномально высокие скорости торfonакопления в позднем голоцене в рассматриваемом разрезе абсолютно не характерны для континентальной части юга Дальнего Востока [Прозоров, Попов, 1961; Короткий, Лобанова, 1983]. В водном балансе котловины увеличилась роль плоскостного смыва и временных водотоков, но минерализация являлась низкой – болото перешло в мезотрофную стадию развития. Об увеличении увлажнения свидетельствует и более широкое распространение темнохвойных пород на склонах. Пожароопасность территории снизилась, небольшой пожар произошел только в начале этого периода, когда на мари еще существовал разреженный ли-

ственничник. Увеличение количества аркто- boreальных диатомей в торфе, который накапливался около 1240–1170 ^{14}C л. н. (1190–1080 кал. л. н.), показывает, что водоем плохо прогревался. Климатические условия были холоднее современных. Похолодание около 800–900 г. н. э. выделяется и для других регионов [Wanner et al., 2008; Solomina et al., 2016].

Потепление, которое сопоставляется с малым оптимумом голоцене, выделяется по данным спорово-пыльцевого анализа около 1170–810 ^{14}C л. н. (1080–810 кал. л. н.). О более тепловодных условиях в озерной котловине свидетельствует резкое снижение количества аркто- boreальных диатомей. Исключением является слой торфа, образованный около 870–810 л. н. (840–810 кал. л. н.), возраст которого хорошо совпадает с одним из минимумов солнечной активности (Oort minimum) 1150 г. н. э. [Wanner et al., 2008]. Во время малого оптимума голоцене сократилась площадь озера, несколько замедлились скорости торфонакопления. Количество атмосферных осадков и обводнение болота особенно снизилось около 1065–870 ^{14}C л. н. (960–840 кал. л. н.). В составе болотной растительности увеличивается разнообразие (появляются пушица, осоки, ирис, сабельник, хвощ болотный, манник). Лесная растительность реагировала на потепление с некоторым запаздыванием: около 940 ^{14}C л. н. (880 кал. л. н.) стало больше пихты и широколистенных, а к концу потепления – кедра корейского. В конце малого оптимума голоцене около 870–810 ^{14}C л. н. (840–810 кал. л. н.) в районе озера произошел небольшой пожар.

В малый ледниковый период продолжалось дальнейшее зарастание озера, по его обрамлению существовало холодное, сильно обводненное моховое болото, шло быстрое накопление травяно-сфагнового и сфагнового торфа. В отложениях, которые накапливались 740–410 л. н. (770–400 кал. л. н.), обнаружено высокое содержание аркто- boreальных диатомей. Климат оставался холоднее современного. С влиянием похолодания как неблагоприятного фактора может связываться и низкая плотность вплоть до полного исчезновения корненожек и раковинных амеб [Прейс, Курьянина, 2011]. В начале малого ледникового периода около 740–610 ^{14}C л. н. (770–690 кал. л. н.)

в обрамлении озера случались небольшие пожары, после которых на болоте стали более широко распространенными гипновые мхи. Выделяются два коротких периода, когда количество арктореальных диатомей резко падает: 610–550 л. н. (690–650 кал. л. н.) и 480–470 л. н. (610–580 кал. л. н.), что, возможно, отвечает относительно теплым fazам XIV–XV вв. [Fagan, 2000]. Теплые эпизоды сходного возраста выделяются на западном макросклоне Сихотэ-Алиня и в других близлежащих регионах [Клименко и др., 2000; Kitagawa, Matsumoto, 1995; Разжигаева и др., 2016в].

Период 480–450 ^{14}C л. н. (610–510 кал. л. н.) характеризуется большим обводнением болота, что, возможно, связано с увеличением количества атмосферных осадков. Среди болотной растительности значительно снижается доля сфагновых мхов и увеличивается роль травянистых и полукустарничков, среди которых преобладают сабельник, ирис, манник, тем не менее сохраняются мезотрофные виды: пушицы, круглая и топяная осоки. Около 440–430 ^{14}C л. н. (470–440 кал. л. н.) среди сфагновых мхов появляется *Sphagnum jensenii*, характерный для северных болот [Зверев, Бабешина, 2009]. По-видимому, в это время усилился плоскостной смыв, на что указывает присутствие в торфе терригенной примеси. Зольность его несколько возрастает в слоях с большим количеством остатков травянистых среди растений-торфообразователей, что, возможно, фиксирует незначительное усиление минерального питания. В целом к этому времени мощность торфяной залежи увеличилась настолько, что вывела болото из-под влияния делювиальных вод. В то же время следует отметить эпизодический привнос аллохтонных диатомей с водами временных водотоков.

В последние 390 ^{14}C лет (330 кал. л.) происходит накопление сфагнового торфа. По эволюционной схеме развития Шандуйских озер [Колесников, 1936б] озеро вступило в заключительную стадию развития. Среди сфагновых мхов в торфе, который накапливался 380–330 ^{14}C л. н. (300–230 кал. л. н.) появляется *S. obtusum*, распространенный в Западной Сибири, преимущественно на юге [Бабешина, Зверев, 2010]. Ближе к поверх-

ности в составе растений-торфообразователей увеличивается участие олигомезотрофного *Sphagnum magellanicum* и клюквы, что может свидетельствовать о приближении начала олиготрофной стадии, при условии отсутствия внешних, прежде всего антропогенных нарушений. В целом снизилось количество арктореальных диатомей. По-видимому, холодные фазы второй половины малого ледникового периода, хорошо выраженные в Европе [Fagan, 2000; Wanner et al., 2008], в районе исследований не фиксируются. Полученные результаты хорошо сопоставляются с данными по проявлению малого ледникового периода в приморской части бассейна Амура, где максимальное похолодание фиксируется только в его начале [Базарова и др., 2014].

Лесная растительность среднегорья в малый ледниковый период практически не менялась. Довольно существенные вариации в содержании пыльцы кедра корейского, скорее всего, отражают изменение его пыльценосности. Как правило, пики содержания пыльцы отвечают теплым эпизодам. Среди болотной растительности в последние 200 лет снизилось участие кустарниковой берески. Интересно отметить, что количество пыльцы широколиственных в палиноспектрах не уменьшилось, что, вероятно, связано с появлением вторичных лесов, в первую очередь дубняков, на низких уровнях рельефа уже несколько столетий назад. Коренные народы сознательно пускали палы в темнохвойную тайгу, чтобы создать кормовые угодья для копытных животных [Пожары..., 2010], но в районе озера последние 700 лет пожаров не происходило, хотя близлежащая территория в средневековье активно осваивалась [Дьякова, 2005; Паничев и др., 2012].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Комплексное изучение отложений оз. Изюбриные Солонцы позволило определить возраст и выделить стадии развития озера, а также установить реакцию ландшафтов среднегорья на изменение природных условий за последние 4 тыс. ^{14}C лет. Предположительно сход оползня со склонов палеовулкана Солонцовского в начальный этап раннесуб boreаль-

ногого потепления привел к образованию ряда горных озер с заболоченными берегами. Основным фактором, ведущим к изменению озерно-болотных обстановок, стали климатические изменения, контролировавшие прежде всего степень увлажнения озерной котловины, скорости торфообразования и состав растений-торфообразователей. Кардинальные изменения произошли в начале субатлантического периода, когда озеро резко обмелело и сократилась его площадь, болото по его обрамлению перешло в эвтрофную стадию развития, марь стала зарастать лиственничником. Увеличение увлажнения около 1530–1260 ^{14}C л. н. (1480–1190 кал. л. н.) привело к обводнению котловины, деградации лиственничника и развитию моховой топи по берегам озера. В малый оптимум голоцен на происходило быстрое зарастание озера. В малый ледниковый период по обрамлению озера существовала плохо прогреваемая, сильно обводненная моховая топь. В это время скорости торфонакопления стали максимальными, мощность торфяной залежи увеличилась настолько, что вывела болото из-под влияния делювиальных вод, привносящих терригенный материал. Первая половина малого ледникового периода, судя по содержанию арктических диатомей, оказалась более холодной. Выделяется относительное потепление в XV–XVI вв. с увеличением количества атмосферных осадков, что привело к значительному обводнению болота и усилинию плоскостного смыва. В последние 390 ^{14}C лет (420 кал. л.) происходит накопление сфагнового торфа, болото находится в стадии, близкой к переходной в олиготрофную, озеро превратилось в топь.

Лесная растительность по берегам озера в позднем голоцене менялась мало, в среднегорье распространялись темнохвойные леса с участием кедра и небольшой примесью широколиственных. В теплые фазы увеличивалась роль пихты и широколиственных. Вторичные леса с преобладанием дуба широкое распространение в низкогорье, вероятнее всего, получили в последнее тысячелетие.

Пирогенный фактор почти не оказывал влияния на развитие ландшафтов среднегорья, на изученном участке происходили только небольшие локальные пожары. Исключение составляет относительно сухой период в

начале субатлантика, когда болото являлось более залесенным и активность пожаров оказалась высокой.

Работа выполнена по гранту РФФИ 15-05-00171.

ЛИТЕРАТУРА

- Алешинская З. В., Болиховская Н. С., Болиховский В. Ф. Миграция высотных поясов растительности среднего Сихотэ-Алиня в голоцене // ДАН СССР. 1980. Т. 254, № 4. С. 949–963.
- Бабешина Л. Г., Зверев А. А. Оценка условий местообитаний сфагновых мхов Западно-Сибирской равнины: фактор трофности // Вестн. Том. гос. ун-та. 2010. № 338. С. 188–194.
- Базарова В. Б., Гребенникова Т. А., Орлова Л. А. Динамика природной среды бассейна Амура в малый ледниковый период // Геогр. и прир. ресурсы. 2014. № 3. С. 124–132.
- Баринова С. С., Медведева Л. А., Анисимова О. В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив: PiliesStudio, 2006. 498 с.
- Бобров А. А. Историческая динамика озерно-болотных экосистем и сукцессий раковинных амеб (Testacea) // Зоол. журн. 2003. Т. 82, № 2. С. 215–223.
- Борисова О. К. Ландшафтно-климатические изменения в голоцене // Изв. РАН. Сер. географ. 2014. № 2. С. 5–20.
- Ветренников В. В. Геологическое строение Сихотэ-Алинского государственного заповедника и Центрального Сихотэ-Алиня. Владивосток: Дальневост. кн. изд-во, 1976. 168 с.
- Волкова В. С., Бахарева В. А., Левина Т. П. Раствительность и климат голоцена Западной Сибири // Палеоклиматы позднеледниковых и голоцена. М.: Наука, 1989. С. 90–95.
- Ганзей Л. А., Разжигаева Н. Г., Нишимура Ю., Гребенникова Т. А., Кайстренко В. М., Горбунов А. О., Арсланов Х. А., Чернов С. Б., Наумов Ю. А. Осадки исторических и палеоцунами на побережье Восточного Приморья // Тихоокеан. геология. 2015. № 1. С. 79–95.
- Диатомовые водоросли СССР: (ископаемые и современные). Л.: Наука, 1974. Т. 1. 400 с.
- Дьякова О. В. Древние и средневековые городища и крепости Дальнего Востока (Северо-Восточное Приморье). Владивосток: Изд-во Дальневост. гос. техн. ун-та, 2005. 188 с.
- Зверев А. А., Бабешина Л. Г. Оценка условий местообитаний сфагновых мхов Западно-Сибирской равнины по ведущим экологическим факторам: объекты, материалы и методические основы // Вестн. Том. гос. ун-та. 2009. № 325. С. 167–173.
- Клименко В. В., Климанов В. А., Кожаринов А. В. Динамика растительности и климата Амуро-Зейского междуречья в голоцене и прогноз их естественных изменений // Изв. РАН. Сер. географ. 2000. № 2. С. 42–50.
- Клименко В. В., Климанов В. А., Сирин А. А., Слепцов А. М. Изменение климата на западе Европейской части России в позднем голоцене // ДАН. 2001. Т. 376. № 5. С. 679–683.

- Колесников Б. П. Краткий предварительный отчет Сихотэ-Алинской энтомолого-геоботанической экспедиции ДВФ АН в 1935 году // Вестн. ДВ филиала АН СССР. 1936а. № 17. С. 98–105.
- Колесников Б. П. Горные озера Сихотэ-Алиня // Изв. гос. Географ. об-ва. 1936б. № 5. С. 666–676.
- Колесников Б. П. Растительность // Южная часть Дальнего Востока. М.: Наука, 1969. С. 206–250.
- Копотева Т. А., Купцова В. А. Пирогенный фактор на маревых болотах Приамурья // Вестн. Сев.-Вост. науч. центра ДВО РАН. 2011. № 3. С. 37–41.
- Короткий А. М. Палинологические характеристики и радиоуглеродные датировки верхнечетвертичных отложений Российского Дальнего Востока (низовья р. Амур, Приморье, о-в Сахалин, Курильские острова) // Позднечетвертичные растительность и климаты Сибири и Российского Дальнего Востока (палинологическая и радиоуглеродная база данных). Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 2002. С. 257–369.
- Короткий А. М. Отражение сейсмических процессов в рельефе и геологических разрезах юга Дальнего Востока России // Вестн. ДВО РАН. 2010. № 3. С. 81–92.
- Короткий А. М., Карапулова Л. П., Троицкая Т. С. Четвертичные отложения Приморья: стратиграфия и палеогеография. Новосибирск: Наука, 1980. 234 с.
- Короткий А. М., Гребенникова Т. А., Пушкиарь В. С., Разжигаева Н. Г., Волков В. Г., Ганзей Л. А., Мохова Л. М., Базарова В. Б., Макарова Т. Р. Климатические смены на территории юга Дальнего Востока в позднем плейстоцене – голоцене // Вестн. ДВО РАН. 1997. № 3. С. 121–143.
- Короткий А. М., Лобанова Л. А. О скорости и условиях голоценового торфонакопления на Дальнем Востоке // Палеогеографический анализ и стратиграфия антропогена Дальнего Востока. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1983. С. 109–119.
- Куликова Г. Г. Краткое пособие к ботаническому анализу торфа. М.: Изд-во Моск. гос. ун-та, 1974.
- Курьина И. В. Экология раковинных амеб олиготрофных болот южной тайги Западной Сибири как индикаторов водного режима // Изв. Пензен. гос. пед. ун-та. 2011. № 25. С. 368–375.
- Курьина И. В., Прейс Ю. И., Бобров А. А. Раковинные амебы болотных местообитаний средней тайги Западной Сибири // Изв. РАН. Сер. биологическая. 2010. № 4. С. 423–429.
- Левин Б. В., Ким Чун Ун, Нагорных Т. В. Сейсмичность Приморья и Приамурья в 1888–2008 гг. // Вестн. ДВО. 2008. № 6. С. 16–22.
- Марченко Н. А. Вертикальные градиенты метеоэлементов в Приморском крае и возможности экстраполяции данных метеостанций // Геогр. и прир. ресурсы. 1991. № 3. С. 138–143.
- Микишин Ю. А., Петренко Т. И., Гвоздева И. Г., Попов А. Н., Кузмин Я. В., Раков В. А., Горбаренко С. А. Голоцен побережья Юго-Западного Приморья // Научное обозрение. 2008. № 1. С. 8–27.
- Определитель пресноводных водорослей СССР. Диатомовый анализ. М.: Наука, 1951. Вып. 4. 619 с.
- Основные свойства торфа и методы их определения. Минск: Наука и техника, 1975. 319 с.
- Паничев А. М., Пикунов Д. Г., Бочарников В. Н., Середкин В. И. Естественные изменения в растительном и животном мире в бассейне р. Бикин, связанные с климатическими факторами // Успехи наук о жизни. 2012. № 5. С. 66–76.
- Паничев А. М., Попов В. К., Чекрыжов И. Ю., Голохваст К. С., Середкин И. В. Кудуры Солонцовского палеовулкана в бассейне реки Таежная, Восточный Сихотэ-Алинь // Там же. С. 7–28.
- Пожары и их влияние на природные экосистемы Центрального Сихотэ-Алиня. Владивосток: Дальнаука, 2010. 264 с.
- Покровская И. М. Методика камеральных работ // Палеопалинология. Л.: Недра, 1966. Т. 1. С. 32–61.
- Прейс Ю. И., Курьина И. В. Ризоподный анализ в реконструкции водного режима болотных экотопов (выбор оптимального методического подхода) // Изв. Пензен. гос. пед. ун-та. 2011. № 25. С. 412–420.
- Прозоров Ю. С., Попов А. А. Основные типы болот и заболоченных лесов Приморского края // Вопр. лесоводства и лесоведения. Красноярск: Красноярск. кн. изд-во, 1961. Вып. 1. С. 146–162.
- Разжигаева Н. Г., Ганзей Л. А., Мохова Л. М., Макарова Т. Р., Паничев А. М., Кудрявцева Е. П., Арсланов Х. А., Максимов Ф. Е., Старикова А. А. Развитие ландшафтов Шкотовского плато Сихотэ-Алиня в позднем голоцене // Изв. РАН. Сер. географ. 2016а. № 3. С. 65–80.
- Разжигаева Н. Г., Ганзей Л. А., Гребенникова Т. А., Мохова Л. М., Паничев А. М., Копотева Т. А., Арсланов Х. А., Максимов Ф. Е., Старикова А. А., Крупская В. В. Палеоклиматическая и палеоландшафтная записи в голоценовых отложениях среднего течения реки Бикин (Приморье) // Тихоокеан. геология. 2016б. Т. 35, № 5. С. 86–100.
- Разжигаева Н. Г., Ганзей Л. А., Паничев А. М., Гребенникова Т. А., Мохова Л. М., Копотева Т. А., Кудрявцева Е. П., Арсланов Х. А., Максимов Ф. Е., Старикова А. А., Закусин С. В. Реакция ландшафтов западного макросклона Сихотэ-Алиня на климатические изменения в среднем-позднем голоцене // Геофизические процессы и биосфера. 2016в. Т. 15, № 3. С. 68–99.
- Растительный и животный мир Сихотэ-Алинского заповедника. М.: Наука, 1982. 304 с.
- Торф и продукты его переработки. Методы определения зольности. ГОСТ 11306-83. М.: Изд-во стандартов, 1995. 7 с.
- Торф. Методы определения ботанического состава и степени разложения. ГОСТ 28245-89. <http://www.vashdom.ru/gost/28245-89>.
- Arslanov Kh. A., Savelieva L. A., Klimanov V. A., Chernov S. B., Maksimov F. E., Tertychnaya T. V., Subetto D. A. New data on chronology of landscape-paleoclimatic stages in Northwestern Russia during the Late Glacial and Holocene // Radiocarbon. 2001. Vol. 43, N 2B. P. 581–594.
- Bazarova V. B., Mokhova L. M., Klimin M. A., Kopoteva T. A. Vegetation development and correlation of Holocene events in the Amur River basin, East Siberia, Russia // Quaternary Int. 2011. Vol. 237. P. 83–92.
- Beniston M. Climatic change in mountain regions: a review of possible impacts // Climatic Change. 2003. Vol. 59. P. 5–31.
- Bronk Ramsey C. Deposition models for chronological records // Quaternary Sci. Rev. 2008. Vol. 2, N 1-2. P. 42–60.

- Fagan B. The Little Ice Age. How Climate Made History 1300–1850. N.-Y.: Basic Books, 2000. 146 p.
- Kitagawa H., Matsumoto E. Climatic implications of $\delta^{13}\text{C}$ variations in a Japanese cedar (*Cryptomeria japonica*) during the last two millennia // *Geophys. Res. Lett.* 1995. Vol. 22. P. 2155–2158.
- Krammer K. The genus *Pinnularia* // Diatoms of Europe. Diatoms of the European island waters and comparable habitats. Ruggell: A. R. G. Cantner Verlag K. G., 2000. Vol. 1. 703 p.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae. Jena: VEB Gustav Fischer Verlag. Teil 1: Naviculaceae, 1986. 876 p.; Teil 2: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirelaceae, 1988. 536 p.; Teil 3: Centrales, Fragilariaeae, Eunotiaceae, 1991a. 576 p.; Teil 4: Achnanthaceae.
- Kritische Ergänzungen zu *Navicula* (Lineolatae) und *Gomphonema*, 1991b. 437 p.
- Mountains and Climate Change – From Understanding to Action. Bern: Centre for Development and Environment (CDE), Institute of Geography, University of Bern, 2012. 75 p.
- Solomina O., Raymond N., Bradley S., Jomelli V., Geirdottir A., Kaufman D. S., Koch J., McKay N. P., Masiokas M., Miller G., Nesje A., Nicolussi K., Owen L. A., Putnam A. E., Wanner H., Wiles G., Yang B. Glacier fluctuations during the past 2000 years // *Quaternary Sci. Rev.* 2016. Vol. 149. P. 61–90.
- Wanner H., Beer J., Bütkofer J. et al. Mid- to Late Holocene climate change: an overview // *Ibid.* 2008. Vol. 27. P. 1791–1828.

Environmental Changes Recorded in Deposits of the Izyubrinye Solontsi Lake, Sikhote-Alin

N. G. RAZZHIGAEVA¹, L. A. GANZEY¹, T. A. GREBBENNIKOVA¹, T. A. KOPOTEVA²,
L. M. MOKHOVA¹, A. M. PANICHEV¹, E. P. KUDRYAVTSEVA¹, Kh. A. ARSLANOV³,
F. E. MAKSIMOV³, A. Yu. PETROV³, M. A. KLIMIN²

¹ Pacific Geographical Institute FEB RAS
690041, Vladivostok, Radio str., 7
E-mail: nadyar@tig.dvo.ru

² Institute of Aquatic and Ecological Problems, FEB RAS
680000, Khabarovsk, Dikopoltsev str., 56
E-mail: kopoteva@ivep.as.khb.ru

³ St.-Petersburg State University
199034, St. Petersburg, Universitetskaya emb., 7/9
E-mail: arslanovkh@mail.ru

We reconstructed environmental changes that took place during the development of the Izyubrinye Solontsy Lake that belongs to the Solontsovskie (Shanduyskie) lake system located in the midlands of the Eastern Sikhote-Alin. Lakes were formed by landslides from the paleovolcano slopes. We performed a high resolution reconstruction of palaeoenvironmental changes using multi-proxy data (botanical, diatom, spore-pollen, radiocarbon analysis) from a peat section. We revealed high variability of the lake and the surrounding swamp palaeoenvironments in response to climate change in the late Holocene. Peat accumulation started ca 4000 ^{14}C yrs BP. The main peat-forming plants were Sphagnum mosses and herbs, except for the period between 2330 and 1530 ^{14}C yrs BP (2360–1480 cal. yrs BP) when the swamp was overgrown by larch forests and predominantly woody peat accumulated. Forest ecosystems on the lake coasts were quite stable. During the warm phases the role of fir and broadleaved trees increased in coniferous forests that include cedar; during the cooling intervals birch became more widespread. During the last millennium secondary forests occupied the lowlands. We determined ages of paleofires.

Key words: climatic changes, Late Holocene, lacustrine-swamp environments, paleolandscapes, fires, Sikhote-Alin.