

**РАЗВИТИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ СРЕДНЕГОРЬЯ ЮЖНОГО СИХОТЭ-АЛИНЯ,
ЗАПЕЧАТЛЕННОЕ В РАЗРЕЗАХ ТОРФЯНИКОВ СЕРГЕЕВСКОГО ПЛАТО**

**Н.Г. Разжигазева¹, Л.А. Ганзей¹, Т.А. Гребенникова¹, Л.М. Мохова¹, Т.А. Копотева²,
Е.П. Кудрявцева¹, Х.А. Арсланов³, Ф.Е. Максимов³, А.Ю. Петров³, М.А. Климин²**

¹ФГБУН Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, ул. Радио 7, г. Владивосток, 690041;
e-mail: nadyar@tigdvo.ru

²ФГБУН Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, ул. Дикопольцева 56, г. Хабаровск, 680000

³ФГБОУВО Санкт-Петербургский государственный университет, В.О., Университетская набережная д.7–9,
г. Санкт-Петербург, 199034

Поступила в редакцию 27 апреля 2018 г.

На основе комплексного изучения (ботанический, диатомовый, спорово-пыльцевой анализы) двух разрезов торфяников Сергеевского плато восстановлено развитие природной среды среднегорья Южного Сихотэ-Алиня за последние 4.9 тыс. лет. Для определения хронологии событий использованы данные радиоуглеродного датирования и положение маркирующего пепла В-Тм влк. Байтоушань, извержение которого произошло в X веке. Построена возрастная модель, проанализированы скорости торфонакопления и изменение зольности торфа. Установлено, что пояс темнохвойных лесов на абс. высотах около 900 м был относительно стабилен, в то время как разнонаправленные климатические изменения приводили к резким сменам доминирующих растений-торфообразователей. Нестабильные климатические условия во многом обусловили особенности гидрологического режима болот. Падение уровня грунтовых вод и усиление роли атмосферного питания, как правило, связано с холодными событиями. Одним из факторов, определяющих развитие ландшафтов, были пожары, определена их частота и интенсивность. Продолжительный период активизации пожаров был в последнее тысячелетие, высказано предположение, что они могли иметь антропогенную природу и быть связаны с освоением района в средние века.

Ключевые слова: стратиграфия торфяников, климатические изменения, палеопожары, радиоуглеродное датирование, поздний голоцен, Сихотэ-Алинь.

ВВЕДЕНИЕ

Горные страны являются динамичными территориями, чувствительными к изменениям климата, поэтому этим областям в последние годы уделяется большое внимание [7]. Для оценки трендов развития природной среды особенно важно знать изменения, происходившие в последние тысячелетия, которые характеризовались короткопериодными разнонаправленными климатическими флуктуациями [4, 38]. Одной из сложно устроенных горных стран является Сихотэ-Алинь с уникальными геосистемами, сочетающими теплолюбивые и холододлюбивые элементы. Несмотря на достаточно большое количество данных по голоценовым отложениям Приморья, следует отметить, что в горных районах изучены единичные разрезы, большая часть фактического материала по-

лучена для низкогорья и побережья [12]. Для высокогоразрешающих летописей необходимо иметь новые биостратиграфические данные, обеспеченные детальным радиоуглеродным датированием. Одними из информативных объектов являются горные плато, образование которых связано с площадным излиянием базальтов в неогене [24]. Для таких поверхностей характерны понижения и бессточные впадины, занятые озерами и болотами.

Отложения, которые накапливаются в этих обстановках, являются природными архивами климатических и палеоландшафтных изменений. Целью работы является реконструкция изменений природной среды Южного Сихотэ-Алиня в среднем-позднем голоцене по данным изучения стратиграфии торфяников Сергеевского плато.

РАЙОН ИССЛЕДОВАНИЙ

Сергеевское (Малазское) плато занимает между речью рек Партизанская и Сергеевка, сложено андезитовыми, андезибазальтовыми и толеитовыми базальтовыми лавами, излияние которых происходило 11.8–8.7 млн л.н.; покровы лав прорваны экструзиями, имеющими возраст ~ 3.3 млн л.н. [24]. Поверхность плато (ср. абс. высота 880–900 м) слабо наклонена в южной части в сторону долины р. Партизанской. Хорошо выражены куполовидные вершины (абс. выс. до 914 м). Ограничивающие обрывистые борта расчленены многочисленными долинами низкопорядковых водотоков. В южной части плато в 1.2 км от бровки в небольших депрессиях расположены два болота: западное (700 × 180 м), более обводненное, находится на абс. высоте 880 м, восточное (550 × 160 м) – на 885 м. Заболоченные участки имеют слабо вогнутую форму в центральной части и слабый уклон к западу.

Климат в районе плато прохладный и влажный, с учетом региональных вертикальных градиентов температур [14] среднегодовая t составляет +0.25...+0.3°C, t августа +18.5...+19°C, t января -17.7... -17.9°C, среднегодовое количество осадков – 990–1084 мм, наибольшее количество выпадает в августе-сентябре. Преобладающее направление ветра – северное, северо-западное. Расчеты проводились по данным метеостанций Лазо и Партизанск.

Болотные массивы находятся в окружении елового (*Picea ajanensis* (Lindl. et Gord.) Fisch. ex Carr.) леса. В составе древостоя на плато присутствует кедр корейский (*Pinus koraiensis* Siebold et Zucc.). Местами развиты белопихтарники (*Abies nephrolepis* (Trautv.) Maxim.) с участием березы ребристой (*Betula costata* Trautv.). Леса плато стали вырубаться с конца 1940-х годов, сплошные рубки начались в конце XX века. На месте старых вырубок сформировались белоберезовые (*Betula platyphylla* Sukacz.) леса с вейником (*Calamagrostis langsdorffii* (Link) Trin.). Небольшие участки еловых лесов в окружении маревого ландшафта выгорели предположительно в конце прошлого века и в настоящее время зарастают по охотскому типу [9] с господством на горях вейника Лангсдорфа и малины сахалинской (*Rubus sachalinensis* Lévl.). Склоны по обрамлению плато покрыты кедрово-елово-широколиственными лесами (абс. выс. 800–650 м). Кедрово-широколиственные леса с участием кедра корейского, пихты белокорой, ильмов, ясеня, липы амурской, березы ребристой, клена мелколистного развиты на высотах 600–700 м. На месте промышленных рубок заметно участие березы плосколистной.

На болотных массивах развиты редколесья из лиственницы Комарова (*Larix komarovii* В. Kolesn.)

[5]. Для западного болота характерен слабобугристый микрорельеф. В травяном покрове преобладает пушица влагалищная (*Eriophorum vaginatum* L.) при участии пушицы рыжеватой (*E. russeolum* Fries), пятнами отмечаются манник длинноколосковый (*Glyceria spiculosa* (Fr. Schmidt) Roshev.), ирис щетинистый (*Iris setosa* Pall. ex Link.). На микроповышениях обычен коптис трехлистный (*Coptis trifolia* (L.) Salisb.), в микропонижениях единично найдена *Scheuchzeri apalustris* L. Оба вида находятся на плато на южном пределе распространения [19]. Осоки (*Carex limosa*, *C. middendorffii*) не играют особенной роли. Кустарники представлены багульником болотным и багульником подбелом (*L. hypoleucum* Kom.). Отмечается мирт болотный (*Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench), единично – береза овальнолистная (*Betula ovalifolia* Rupr.), ольха волосистая (*Alnus hirsuta* (Spach) Fisch. ex Rupr). Присутствует клюква болотная (*Oxycoccus palustris* Pers.). Среди мхов преобладает *Sphagnum magellanicum* при участии *S. capilifolium*, *S. rubellum*, *S. fuscum*. В микропонижениях обычен *S. balticum*. Лишайники (5 %) представлены *Cladonia maxima* (Asahina) Ahti, *C. rangiferina* (L.) Weber ex F.H. Wigg. при незначительном участии *Cetraria laevigata* Ras-sad. На восточном болоте микрорельеф ровный. Увеличивается доля участия вересковых кустарников и кустарничков и заметно уменьшается роль травянистых растений. Присутствует береза овальнолистная, среди вересковых преобладает багульник болотный при участии багульника подбела, болотного мирта и голубики (*Vaccinium uliginosum* L.). Клюква приурочена к куртинкам лишайника *C. laevigata*. Среди трав появляется росянка круглолистная (*Drosera rotundifolia* L.), увеличивается доля участия смилацины трехлистной (*Smilacina cinatrifolia* (L.) Desf.), осоки (*Carex globularis*, *C. limosa*) отмечаются с малым обилием. Увеличивается доля участия лишайников (до 20 %), особенно *Cetraria laevigata*. Основной фон создают сфагновые мхи: *Sphagnum fuscum*, *S. rubellum*, *S. magellanicum* при участии *S. girgensohnii*.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

На болотных массивах проведено ручное бурение: разрез 9515 (43° 31.537' с.ш., 133°28.148' в.д.) заложен в наиболее низкой части западного болота; разрез 9615 (43°31.404' с.ш., 133°28.860' в.д.) – в центре восточного болота (рис. 1). Опробование выполнено с шагом 5 см. Стратиграфическое изучение включало ботанический, диатомовый и спорово-пыльцевой анализы с использованием стандартных методик. При проведении ботанического анализа в препаратах отмечалось наличие углей. Определялась также зольность торфа.

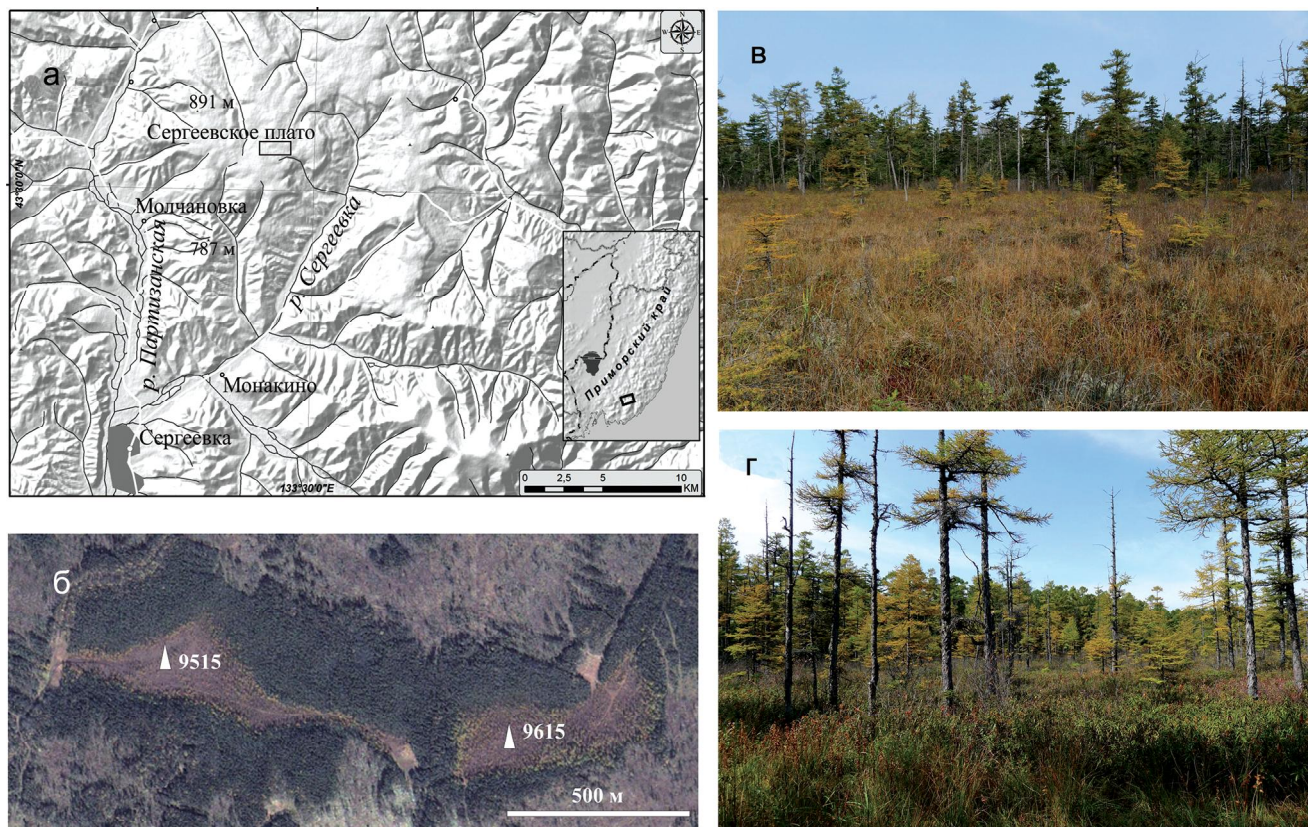


Рис. 1. Район работ: а – схема положения изученных разрезов; б – болотные массивы с положением разрезов на космоснимке (Google Earth); в – западное болото; г – восточное болото Сергеевского плато.

Радиоуглеродное датирование образцов выполнено в Институте наук о Земле СПбГУ. Образцы торфа были предварительно очищены от карбонатов и посторонних гуминовых кислот путем последовательной обработки образцов 2 % растворами HCl и NaOH. Калибровка радиоуглеродных дат (табл.) проведена с помощью программы OxCal 4.2 с использованием калибровочной кривой IntCal13 (<https://c14.arch.ox.ac.uk>). Для определения хронологии событий использован скорректированный калиброванный возраст, полученный с применением возрастной модели по программе Bacon 2 с программной оболочкой R [31, 36]. Возраст основания торфяников рассчитывался путем экстраполяции с учетом скоростей торфонакопления, полученных для нижней части датированного интервала. Для построений учитывалось положение прослоя вулканического пепла, идентификация которого основана на данных микрозондового анализа вулканического стекла (42 зерна), выполненного в Радиовом институте им. В.Г. Хлопина, г. Санкт-Петербург.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Возрастная модель. Изученные скважины вскрыли близкие по возрасту торфяники. На западном

болоте накопление торфа началось ~ 4.45 тыс. л.н., ^{14}C -дата ЛУ-8058 из нижней части разреза 9515 рассматривается как омоложенная (табл., рис. 2). Восточный торфяник несколько древнее (~ 4.9 тыс. л.). Торф подстилается органоминеральными отложениями и оливково-серой глиной. В верхней части разрезов торфяников встречен прослой (мощность 1–1.5 см) вулканического пепла В-Тм катастрофического извержения влк. Байтоушань, произошедшего зимой 946/947 г. н.э. [32]. Источник пепла идентифицирован по химическому составу трахитового вулканического стекла с высоким содержанием K_2O (5.53–6.05 %). Данные идентичны результатам анализов пирокластики из проксимальной и дистальной зон [32], в том числе криптотефры, впервые найденной в отложениях Амурского залива [1]. Возраст подтверждает ^{14}C -дата 1070 ± 90 л.н., ЛУ-8053, из вмещающих отложений. В торфе, включающем пепловый прослой, наблюдается резкое увеличение зольности (рис. 3), причем в разрезе западного болота частицы пепла вмыты в подстилающий торф на глубину до 12 см.

Положение прослоя тефры и распределение радиоуглеродных дат по разрезам позволило оце-

Таблица. Список радиоуглеродных дат из разрезов торфяников Сергеевского плато, Южный Сихотэ-Алинь.

Номер образца	Интервал, м	Материал	^{14}C -возраст, лет	^{14}C -калиброванный возраст, лет	Лабораторный номер
1/9515	0.45–0.50	торф	1140 ± 80	1070 ± 90	ЛУ-8053
2/9515	0.95–1.00	торф	2140 ± 70	2130 ± 100	ЛУ-8054
3/9515	1.45–1.50	торф	2830 ± 50	2940 ± 70	ЛУ-8055
4/9515	1.95–2.00	торф	3300 ± 70	3530 ± 80	ЛУ-8056
5/9515	2.45–2.50	торф	3700 ± 100	4050 ± 150	ЛУ-8057
6/9515	2.60–2.65	торф	3650 ± 80	3980 ± 110	ЛУ-8058
1/9615	0.20–0.25	торф	840 ± 80	770 ± 70	ЛУ-8039
2/9615	0.45–0.50	торф	1720 ± 60	1630 ± 70	ЛУ-8049
3/9615	0.70–0.75	торф	2290 ± 70	2300 ± 110	ЛУ-8050
4/9615	0.95–1.00	торф	3490 ± 90	3770 ± 120	ЛУ-8051

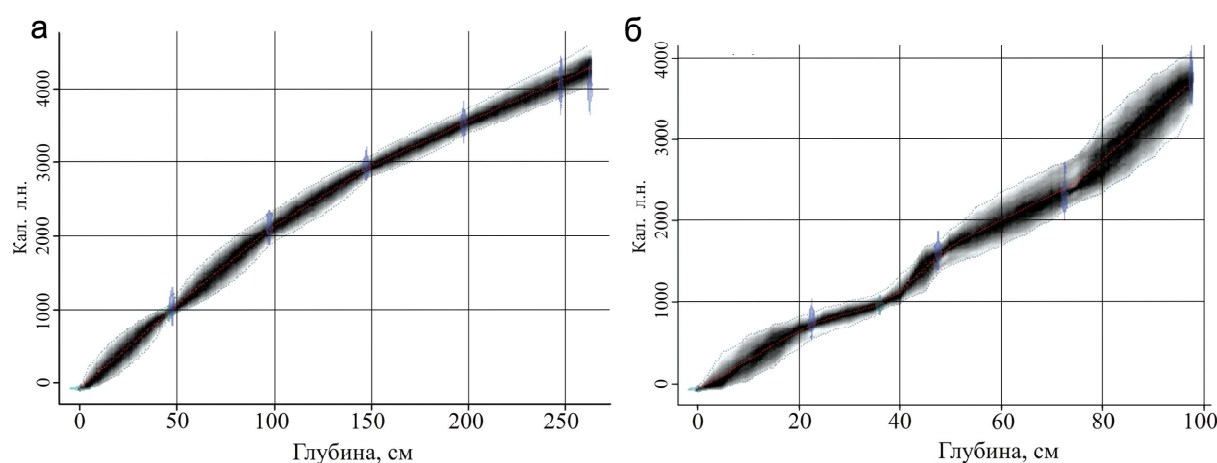


Рис. 2. Возрастная модель накопления органогенных отложений Сергеевского плато: а – западное болото, б – восточное болото.

нить скорости торфонакопления. На западном болоте максимальные скорости (0.96 мм/год) наблюдались ~ 4260–3500 л.н., вверх по разрезу скорости снижаются и последние 2.1 тыс. лет составляют 0.37–0.47 мм/год. Восточный торфяник накапливался с более низкими скоростями (0.17–0.33 мм/год), особенно медленно накапливался травяной торф в ос-

новании залежи (0.19 мм/год), скорости возросли до 0.33 мм/год ~ 2320 л.н. Падение скоростей ~ 1130–870 л.н., вероятно, связано с частыми пожарами; в ходе последних 873 лет скорости увеличились до 0.59 мм/год (рис. 2). Временное разрешение реконструкций, проведенных на западном болоте, более высокое и составляет 56–118 лет, для восточного – 85–290 лет.

Рис. 3. Ботанический состав, степень разложения и зольность торфа, наличие углей в разрезах болотных массивов Сергеевского плато: а – разрез 9515, западное болото, б – разрез 9615, восточное болото.

Типы торфа: 1 – древесный, 2 – травяной, 3 – сфагновый, 4 – травяно-моховый, 5 – комплексный кустарничково-травяно-моховый, 6 – кустарничково-сфагновый, 7 – травяно-сфагновый, 8 – гипново-сфагновый, 9 – комплексный травяно-моховый с преобладанием гипновых мхов, 10 – кустарничково-травяной, 11 – комплексный кустарничково-мохово-травяной, 12 – сфагново-кустарничково-травяной, 13 – сфагново-травяной, 14 – мохово-травяной, 15 – травяно-кустарничковый, 16 – сфагново-кустарничковый, 17 – сфагново-травяно-кустарничковый, 18 – кустарничковый, 19 – органо-минеральный горизонт.

Состав растений-торфообразователей и углей: 1 – древесные; 2 – кустарники, 3 – кустарнички, 4 – травы, 5 – сфагновые мхи, 6 – зеленые мхи, 7, 8 – угли.

Стадии развития западного болота (разрез 9515): 1 – начало заболачивания, 2 – эвтрофная, 3 – мезотрофная, 4 – мезотрофно-олиготрофная, 5 – олиготрофная, 6 – олиготрофно-мезотрофная, 7 – мезотрофная, 8 – олиготрофная, 9 – олиготрофно-мезотрофная, 10 – мезотрофная, 11 – олиготрофная, 12 – очес. Стадии развития восточного болота (разрез 9615): 1 – начало заболачивания, 2 – эвтрофная, 3 – мезотрофная.

Ботанический состав торфа характеризуется большим разнообразием, свидетельствующим о резких сменах растений-торфообразователей (рис. 3).

На западном болоте в основании разреза (инт. 2.65–2.85 м; 4450–4320 л.н.) преобладают фрагменты древесины и коры лиственницы. Найдены остатки березы, багульника и хамедафне, вверх по разрезу появляется клюква. Среди трав встречены кочкообразующие осоки, ирис, очеретник белый (*Rhynchospora alba* (L.) Vahl), вахта трехлистная (*Menyanthes trifoliata* L.), в основании разреза – шейхцерия болотная. Отмечены сфагновые мхи – олиготрофно-мезотрофный гидрофит *Sphagnum magellanicum* и гипергидрофильный *S. cuspidatum*. Из зеленых мхов найдены *Polytrichum strictum*, индикатор пирогенных сукцессий [11], и гипергидрофильный *Straminergon stramineum*, характерный для топей. Заболачивание начиналось ~ 4450 л.н. с развития осокового лиственничника, режим увлажнения был переменный, временами слабо проточный с высоким уровнем грунтовых вод. Наличие углей свидетельствует о прохождении пожаров, после которых появлялась пушица. В инт. 2.60–2.65 м находится слой сильно разложившегося травяного торфа, сложенного пушицей и осоками (*Carex middendorffii*, *C. lasiocarpa* Ehrh.), образовавшийся ~ 4320–4260 л.н. на месте сгоревшего лиственничника в условиях высокого увлажнения, о чем свидетельствует увеличение роли гипергидрофильных зеленых мхов. Выше (инт. 2.55–2.60 м) залегает древесный торф, сложенный фрагментами древесины и коры лиственницы, образованный в относительно сухих условиях ~ 4260–4200 л.н. Среди зеленых мхов появляется *Aulacomnium palustre*, характерный для пирогенных сукцессий болот [11]. После пожара древесный ярус был практически уничтожен, в результате чего формировался комплексный торф, увеличилась доля хамедафне, багульника, пушицы и осок.

В инт. 2.35–2.55 м выходит торф, образованный ~ 4200–3960 л.н. в условиях большого переувлажнения, о чем свидетельствует появление остатков ириса и камыша озерного – индикаторов застойного водного режима, что подтверждается снижением доли фрагментов лиственницы, увеличением содержания остатков гипновых мхов с преобладанием *Straminergon stramineum* и сменой осок, характерных для низинных болот, на виды, типичные для мочажин мезотрофно-олиготрофных массивов (*Carex limosa*, *C. middendorffii*). В инт. 2.35–2.40 м встречены остатки шейхцерии болотной.

Переход к накоплению мезотрофного торфа был постепенный (3960–3790 л.н.). Значительное участие сфагновых мхов, а также наличие остатков осоки шаровидной (*C. globularis*) говорит о том, что гип-

ново-сфагновый торф на глубине 2.20–2.35 м (3960–3790 л.н.) можно считать переходным. Среди гипновых мхов преобладал *S. stramineum*, среди сфагновых – *Sphagnum majus*, который может селиться в болотных водоемах и является эдификатором мочажинных верховых комплексов. Выше появляются *S. magellanicum*, *S. fuscum*, *S. fallax*, характерные для верховых и переходных болот. Среди остатков трав наряду с осоками много пушицы, среди кустарничков – клюквы. Болото характеризовалось высоким уровнем вод с застойным режимом, низкими показателями pH.

В инт. 1.60–2.20 м залегает мезотрофный мочажинный торф, сложенный остатками трав и мхов, в основном, сфагновых. Накопление торфа происходило ~ 3790–3070 л.н. в сильно обводненных условиях с высокими скоростями (0.81–0.89 мм/год) и постоянной сменой доминирующих торфообразующих растений – возможно, это связано с колебаниями увлажнения. Из травянистых преобладают пушицы влагалищная и Шейхцера (*Eriophorum vaginatum*, *E. scheuchzeri* Норре), последняя характерна для тундры и хвойных лесов и в современной флоре Приморского края отсутствует. Присутствуют осоки Миддендорфа и пузырчатая (*Carex middendorffii*, *C. vesicata* Meinsh.). Встречены также очеретник белый, сабельник болотный (*Comarum palustre* L.), камыш озерный (*Schoenoplectus tabernaemontani* (C.C. Gmel.) Palla), манник. Сфагновые мхи представлены, в основном, переходным *Sphagnum magellanicum*, встречены также олиготрофные *S. fuscum*, *S. rubellum*. Пожары в этот период (~ 3670–3560 л.н.) были незначительные, хотя *Polytrichum strictum* и *Aulacomnium palustre* единично присутствуют почти в каждой пробе. В некоторых слоях их доля доходит до 10 %, что, как правило, является свидетельством пирогенной сукцессии. Из кустарничков преобладает клюква. В отдельных пробах присутствует хвоя лиственницы.

Среднеразложившийся комплексный мезотрофный торф (инт. 1.40–1.60 м) с преобладанием кустарничков, среди которых господствует олиготрофная клюква, накапливался ~ 3070–2790 л.н. Среди трав доминируют пушица и осоки (*Carex limosa*, *C. appendiculata* (Trautv. et Mey.) Kük.), встречены очеретник белый, шейхцерия болотная, ирис, сабельник болотный, кровохлебка мелкоцветковая (*Sanguisorba parviflora*). Среди сфагновых мхов преобладает *Sphagnum magellanicum*.

Мочажинный сфагновый торф верхового типа (инт. 1.15–1.40 м) формировался в холодный и влажный период ~ 2790–2380 л.н. Сначала (~ 2790–2710 л.н.) образовался тонкий прослой магелланикового торфа с участием *Sphagnum lindbergii*, растущего на обводненных топях верховых болот. Найдены так-

же зеленый мох каллиергон трехрядный (*Calliergon trifarium*), характерный для топей, горных болот и тундр. Выше доминирует *S. fuscum*, процветающий за счет отсутствия конкуренции при бедном атмосферном минеральном питании. Здесь налицо тенденция перехода в олиготрофное болото, но этому, вероятно, помешал пожар ~ 2620–2540 л.н., подтверждением чему служат увеличение доли *Polytrichum strictum* (до 5 %) и появление *Aulacomnium palustre*. В верхней части интервала обильны сфагновые мхи из секций *Cuspidata* и *Acutifolia*. Повышается доля трав, среди которых отмечены пушица стройная (*Eriophorum gracile* Koch) – циркумполярный вид, осока топяная, единично ирис и манник. Пожары повторялись ~ 2380–1600 л.н., причем очень сильные были ~ 2130–1920 л.н. После пожаров на болоте активно разрастались зеленые мхи (*Polytrichum strictum* до 35 %), резко снижалась доля сфагновых мхов и увеличивалось участие травянистых, главным образом пушицы. Более разнообразным становится состав кустарников и кустарничков, представленных багульником, хамедафне, березой, клюквой. Среди сфагновых мхов встречены *Sphagnum magellanicum*, мочажинные из секции *Cuspidatum*, в нижней части – *S. fallax*. В этот период вновь накапливался комплексный торф переходного типа с большим участием травянистых.

Верховой торф в инт. 0.45–0.75 м с преобладанием *Sphagnum fuscum*, *S. magellanicum* свидетельствует о снижении минерального питания ~ 1600–840 л.н. Среди трав преобладают пушицы и осоки (*Carex litmosa*) с участием манника. Встречено много остатков клюквы, хамедафне. Накопление сфагнового торфа, возможно, происходило в холодный и влажный период ~ 1180–980 л.н. Пожары с небольшими перерывами не прекращались, что определяется по находке в торфе углей, постоянному присутствию остатков легко разлагающихся *Polytrichum strictum* и *Aulacomnium palustre*, а также остатков кустарниковой березы (до 10 %). Особенно сильные пожары были ~ 1290–1180 л.н. В инт. 0.30–0.40 м залегает мезотрофный комплексный торф, который формировался ~ 840–560 л.н. В начале малого ледникового периода ~ 700 л.н. среди зеленых мхов наряду с *P. strictum* появляется арктоальпийский вид *A. turgidum*. Стало холоднее и несколько суше. Улучшение минерального питания могло быть связано с сильными пожарами, из-за чего произошла смена верхового торфа на переходный.

Верхняя часть разреза (инт. 0.10–0.30 м), сложенная слабо разложившимся верховым сфагновым торфом с преобладанием *Sphagnum fuscum*, формировалась последние 560 лет. Зеленые мхи *Polytrichum strictum* (до 10 %) и *Aulacomnium turgidum* (до 15 %)

найжены в слое торфа с углями. После пожаров появляется *A. palustre*. Постепенно участие зеленых мхов уменьшается. Травянистые представлены осокой топяной, пушицей влагилищной и манником. Постоянно присутствуют корни и кора кустарниковой березы и кустарничков. В очесе (инт. 0–0.10 м) из сфагновых мхов доминирует *S. capillifolium*, который часто распространяется после пожаров [11]. Встречены корни манника колоскового, клюквы и кустарниковой березы. Возможно, увлажненность болота немного снизилась за счет прокладки дорог – в настоящее время зимник пересекает западную и южную часть болота.

На восточном болоте большая часть торфяной залежи относится к низинному типу. На торфо-минеральном горизонте залегает сильно разложившийся травяной торф (инт. 1.00–1.20 м), который формировался ~ 4900–3840 л.н. в условиях устойчивого переувлажнения на берегу небольшого озера. Среди растений-торфообразователей преобладали гипергидрофильные травы: аир обыкновенный (*Acrogus calamus* L.), манник колосковый, осоки (в том числе *Carex schmidtii* Meinsh.), в верхней части интервала единично отмечен очеретник белый. Встречены остатки лиственницы, кустарниковой березы, багульника, единично – хамедафне. Питающие воды отличались богатством минерального состава, в том числе высоким содержанием Са, о чем свидетельствуют находка зеленого мха *Timmia megapolitana*, а также большое количество остатков аира. Это может быть причиной того, что сфагновые мхи были крайне редки. В основании торфяника встречаются угли.

В инт. 0.85–1.00 м увеличивается содержание фрагментов коры и древесины лиственницы (до 30 %) и кустарниковой березы (до 30 %), среди трав преобладают осоки, появляются пушица влагилищная и ирис, много остатков очеретника белого, что свидетельствует об ухудшении минерального питания ~ 3840–3020 л.н. Появляется клюква. Сфагновые мхи редки, представлены *Sphagnum magellanicum*, *S. cuspidatum*. В инт. 0.80–0.85 м выделяется слой хорошо разложившегося гипнового торфа, сложенного преимущественно гипергидрофильными зелеными мхами из семейства Calliergonaceae, единично встречен *Aulacomnium palustre*. Болото стало более обводненным при резком усилении застойности водного режима ~ 3020–2750 л.н. Торф в инт. 0.65–0.80 м с большим количеством остатков багульников болотного и подбела и хамедафне формировался в более сухих условиях ~ 2750–2160 л.н. Среди трав в нижней части интервала отмечены остатки шейхцерии болотной. Остатки стволов лиственницы встречены в слое древесно-кустарничкового торфа, отвечающего фазе облесения болота ~ 2320–2160 л.н.

Среднеразложившийся комплексный торф в инт. 0.40–0.65 м, состоящий из остатков травянистых с участием психрофильных кустарничков, в верхней части с доминированием клюквы, формировался после сильного пожара в условиях прогрессирующего увлажнения ~ 2160–1130 л.н. Среди трав преобладают пушица, осоки (*Carex schmidtii*, *C. limosa*), манник, вейник незамечаемый (*Calamagrostis neglecta* (Ehrh.) Gaertn., Mey. et Schreb.) – растения, характерные для дальневосточных евтрофных болот на стадии развития, близкой к переходной [10]. Влияние пожара ~ 1130–960 л.н. отражает состав тонкого прослоя травяного торфа (инт. 0.35–0.40 м), сложенного в основном пушицей, осоками, манником и тростником.

Верхняя часть разреза (0–0.35 м, последние 960 лет) сложена среднеразложившимся кустарничково-древесным и кустарничковым торфом, к кровле переходящим в травяно-кустарничковый торф с большим количеством остатков кустарничковой березы. В конце малого оптимума голоцена ~ 960–790 л.н. на болоте сформировался древесный ярус из лиственницы, поскольку условия были менее обводненными, что подтверждается обилием углей – следов частых пожаров. Выше по разрезу преобладание среди кустарничков клюквы и среди трав пушицы влагилищной свидетельствует о начале переходной стадии. В торфе, который образовался ~ 590–390 л.н., встречены остатки олиготрофного подбела болотного (*Andromeda polifolia*). На глубине 0.10–0.15 м найдена коловратка *Callidina angusticollis*, характерная для мочажин верховых болот. Около поверхности (0–0.10 м) в составе торфа резко увеличивается содержание мхов (*Sphagnum magellanicum*, *S. fuscum*) – последние 200 лет на мари начал формироваться моховой ярус. Среди трав появляется вейник Лангсдорфа. Современный растительный покров представлен пирогенной сукцессией мезотрофного болота, что подтверждается наличием в моховом покрове большого количества *Aulacomnium palustre*, а также корней вейника Лангсдорфа и кустарничковой березы.

Диатомовый анализ. В отложениях разреза западного болота определено 109 таксонов диатомей. Преобладают донные виды (55), обрастателей – 45 форм, планктонных и временно планктонных – 9 видов. Выделено 11 комплексов диатомовых водорослей (рис. 4):

Комплекс 1 (> 4450 л.н.) характеризует существование мелководного, слабо минерализованного водоема. Преобладают характерные для стоячих и медленно текущих вод космополиты – временно планктонные *Tabellaria fenestrata*, *T. flocculosa* и планктонный *Aulacoseira alpigena*. В заметном количестве обнаружены донные *Pinnularia ovata*, *P. scotica*, а из об-

растателей – *Eunotia praerupta*, *E. bidens*, *E. glacialis* и арктобореальный *E. circumborealis*. По отношению к солености доминируют галофобы (до 76 %), а по отношению к pH воды – ацидофилы (до 72 %). Содержание арктобореальных диатомей не превышает 9 %.

Комплекс 2 (4450–4080 л.н.) указывает на развитие олиготрофно-дистрофного водоема. В число доминант вошли донные космополиты *Neidium bisulcatum*, *Pinnularia crucifera*, а из обрастателей – *Eunotia serra*, оптимально развивающийся при pH 4.9 [2]. Содержание арктобореальных диатомей увеличилось до 21 %. Преобладают галофобы, вверх по разрезу увеличивается доля циркумнейтральных видов (до 40 %). Трофность воды менялась ~ 4260 кал. л.н. – обнаружено высокое содержание циркумнейтрального *Stauroneis phoenicenteron*, предпочитающего олиготрофно-мезотрофные воды.

Комплекс 3 (4080–3610 л.н.) характеризуется снижением доли планктонных и временно планктонных диатомей ($\leq 7\%$). Преобладают донные виды и обрастатели. Содержание арктобореальных видов – 17–50 %. Наблюдается смена сообществ: 1) с обилием донных: арктобореального *Pinnularia rhombarea*, космополитов *P. microstauron*, *P. subcapitata*, *P. viridiformis*, предпочитающих воды со средними или слегка пониженными значениями pH и электропроводности, и *Eunotia serra*; 2) с доминированием донного *Frustulia saxonica*, характерного для сильнокислых (pH 5.5), насыщенных гуминовыми кислотами вод [17], и участием планктонных *Aulacoseira distans*, *A. nivalis*; по-видимому, было больше атмосферных осадков, в результате чего усиливался сток в болото. Появляются *Eunotia paludosa*, *E. nymanniana*, *E. fallax*, *E. groenlandica*, способные обитать на мокрых мхах, увеличивается численность *E. parallela* var. *angusta* и *E. parallela*, характерных для холодных дистрофных болотных вод. Болото стало интенсивно зарастать мхом. Гидроклиматические условия в этот период были нестабильными, значительные колебания отмечены в соотношении диатомей, по-разному реагирующих на показатели минерализации и pH.

Комплекс 4 (3610–3070 л.н.). Преобладают донные виды (до 80 %). Доминирует *Frustulia saxonica*, что свидетельствует о существовании сильно кислого, насыщенного гуминовыми кислотами, обводненного болота. Этот вид, согласно В.Г. Харитонову [26], относим к космополитам, хотя некоторые авторы считают его арктобореальным [2]. Постоянно встречаются планктонные, скорее всего, приносимые сточными водами. Климатические условия были влажными и прохладными. Доминируют ацидофилы (до 88%) и галофобы (до 78 %). Доля арктобореальных видов ниже (15–25 %).

Комплекс 5 (3070–2380 л.н.). Повышается содержание створок видов обрастателей (до 46 %). Доминируют арктобореальные *Eunotia serra*, *Pinnularia rhombarea* и космополит *P. crucifera*. Возрастает участие других представителей рода *Eunotia*. Содержание арктобореальных диатомей достигает 62 %. Состав диатомей свидетельствует о развитии олиготрофно-дистрофного, зарастающего мхом болота. Показатели pH воды, возможно, стали более низкими, оптимальное развитие *E. serra* происходит при pH 4.9 [2]. Климатические условия были более холодными, достаточно влажными, на что указывает присутствие планктонных видов и появление *Tabellaria flocculosa*.

Комплекс 6 (2380–2130 л.н.). Доминируют, в сочетании с *Pinnularia rhombarea*, обрастатели – арктобореальный *Eunotia lapponica* и эвритопный космополит *E. fallax*. Субдоминанты – обычные для торфяных болот донные *Pinnularia subcapitata*, *P. rupestris*. Показатели pH среды оставались довольно низкими, оптимальное развитие *E. lapponica* происходит при pH 4.9 [2]. Доля арктобореальных диатомей снижается до 42 %. Обилие гидрофильных диатомей свидетельствует о повышении степени обводнения.

Комплекс 7 (2130–1820 л.н.). Увеличивается содержание *Frustulia saxonica* и *Pinnularia subcapitata*. Заметным стало участие *P. viridis*, найдены планктонный *Aulacoseira italica*, обрастатели *Staurosira venter*, *Rhopalodia gibba*, по-видимому, обводнение болота усилилось. Показатели pH могли повышаться до 5.5 [2]. Возможно, климатические условия стали более теплыми. Участие арктобореальных диатомей снижается (27–39 %). Несколько увеличивается доля циркумнейтральных диатомей (до 46–48 %) и индифферентов (до 46–51 %).

Комплекс 8 (1820–1290 л.н.) характеризуется повышением доли обрастателей (до 64 %), увеличилось содержание *Eunotia lapponica*, *E. serra*, *E. exigua*, *E. compacta*, *E. nymanniana*, *E. groenlandica*, многие из них населяют мокрые мхи. Скорее всего, снизилась увлажненность, и болото начало зарастать мхами. Повышение содержания арктобореальных видов (до 62 %) может быть связано с незначительным похолоданием.

Комплекс 9 (1290–700 л.н.). Ведущее положение занимают виды-обрастатели (до 77 %). Доминируют населяющий олиготрофно-дистрофные болота космополит *Eunotia parallela* и арктобореальный *E. parallela* var. *angusta*, характерный для сфагновых болот [34]. Возрастает содержание арктобореального *Fragilariforma constricta* и *Encyonema perpusillum*, характерных для кислых водоемов средне- и высокогорных областей. Доминируют ацидофилы (до 84 %)

и галофобы (до 75 %). Условия были более теплые – содержание арктобореальных диатомей – 24–39 % и только в инт. 0.40–0.45 м (981–840 кал. л.н.) достигает 58.8 %, в основном за счет *E. parallela* var. *angusta*. В слое вулканического пепла преобладают гидрофильные виды: вспышку дает эвритопный *Eunotia fallax* (39.2 %), донный *Pinnularia subcapitata* (11.6 %), *Eunotia serra* (3.7 %), *E. lapponica* (4.2 %), *E. parallela* (5.8 %), *Pinnularia microstauron* (3.2 %), *Brachysira brebissonii* (3.7 %), несколько снижается содержание *Encyonema perpusillum* (10.6 %). Доля арктобореальных видов 10 %. Во вмещающем торфе найдены планктонные *Aulacoseira granulata*, *A. nivalis*, обрастатель *Staurosira venter* и *Tabellaria fenestrata*.

Комплекс 10 (700–140 л.н.) характерен для мохового болота. Значительно повышается содержание видов, населяющих мокрые мхи: встречены обрастатели *Eunotia compacta*, *E. paludosa*, *E. nymanniana*, *Kobayasiella subtilissima*, а также населяющий болотные воды и мхи космополит *Pinnularia rupestris*. Показатели pH среды были слабокислые или близки к нейтральным, что, вероятно, является следствием пожаров. Оптимальное развитие доминирующих видов происходит при pH 6.0–6.5 [2]. Обводненность болота, скорее всего, была слабой: становится заметным участие видов *Luticola mutica*, *Hantzschia amphioxys*, характерных для почвы. Содержание арктобореальных видов ≤ 14 %.

Комплекс 11 (последние 140 лет) отражает развитие увлажненного болота. Преобладают донные виды (до 87 %). Доминируют *Frustulia saxonica*, *Chamaepinnularia begerii*, часто распространенные в верховых болотах [34], заметным становится участие характерных для болот *Chamaepinnularia hassiaca*, *Eunotia trinacria*. Доля ацидофилов возрастает до 90 %. Содержание арктобореальных диатомей – 45–60 %.

В отложениях разреза восточного болота определен 131 таксон диатомей: преобладают обрастатели – 65, донных видов – 59, планктонных и временно планктонных – 7. Подстилающая глина и подошва торфяника мало насыщены створками диатомей. Наиболее часто встречаются донные, способные переносить слабое увлажнение, – *Pinnularia borealis*, *Hantzschia amphioxys*, а из обрастателей – часто встречающиеся в текучих водах *Rhopalodia gibba*, *Epithemia adnata* и характерные для болот *Eunotia paludosa*, *E. fallax*. Выше в разрезе выделено 7 комплексов диатомовых водорослей (рис. 4).

Комплекс 1 (4370–3020 л.н.) характеризует существование слабо заболоченной поверхности с признаками почвенных процессов. Ведущее место занимают донные (до 73.5 %), индифференты (до 82 %)

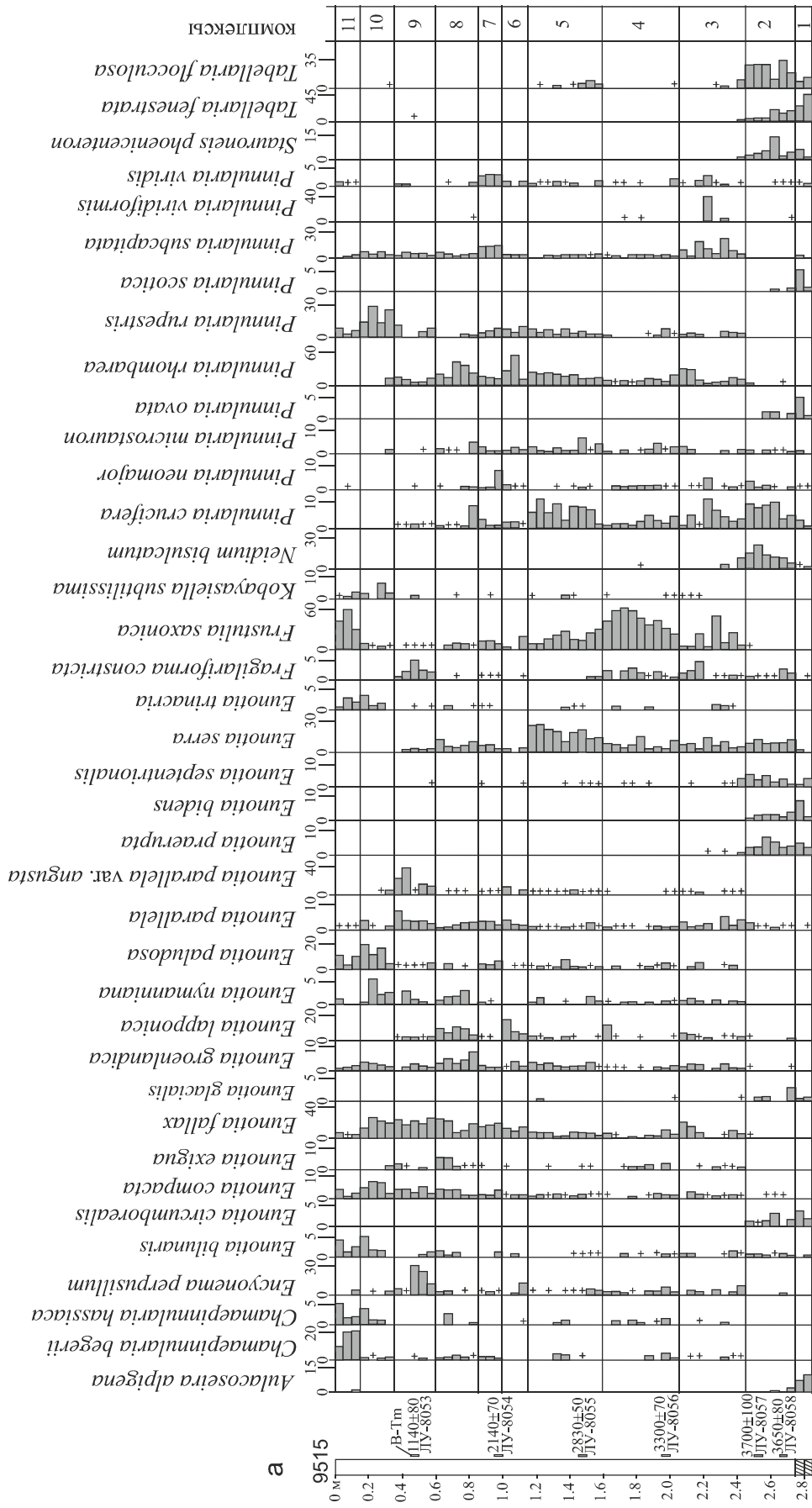
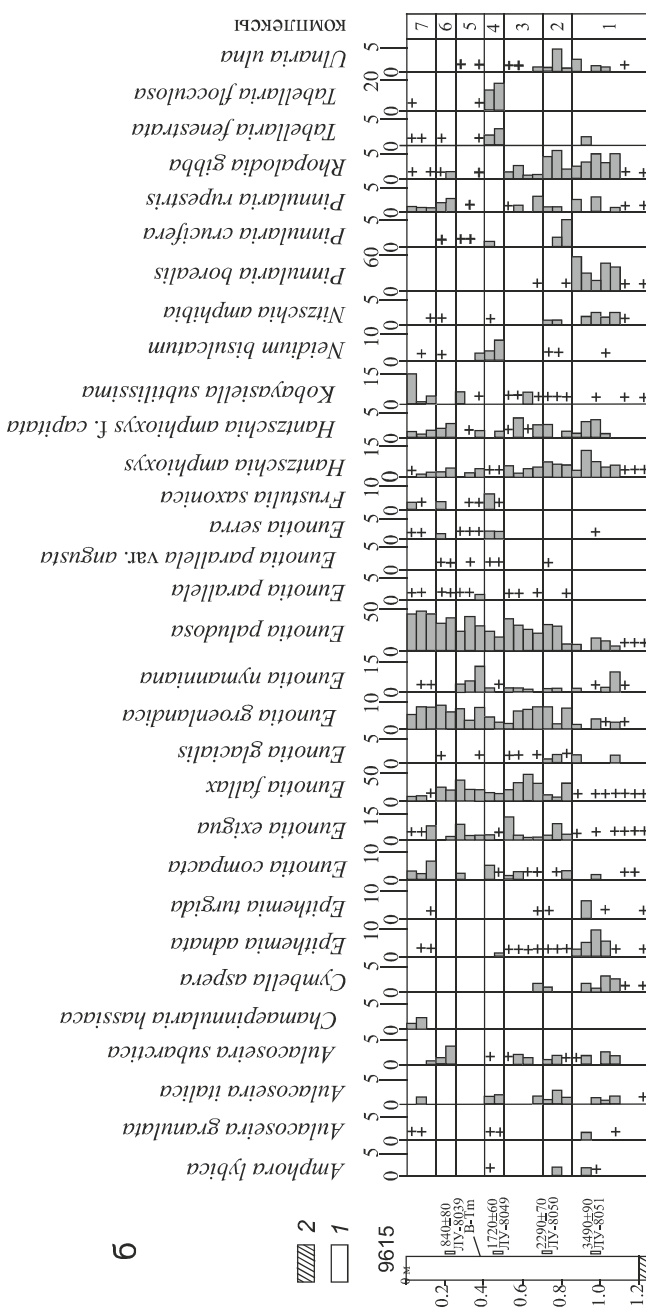


Рис. 4. Распределение диатомей: а – в отложениях разреза 9515 (западное болото), б – в отложениях разреза 9615 (восточное болото) Сергеевского плато. 1 – торф, 2 – органо-минеральный горизонт.



и циркумнейтральные (до 75 %) виды. Содержание ацидофилов – 20–30 %. Доминируют *Pinnularia borealis*, *Hantzschia amphioxys*, присутствуют населяющие мокрые почвы *H. amphioxys* f. *capitata*, *Nitzschia amphibia*. Широкий спектр гидрофильных видов, характерных для стоячих и слабо текучих вод (*Aulacoseira italica*, *A. granulata*, *A. subarctica*, *Cymbella aspera*, *Eriothemata adnata*, *Rhopalodia gibba*, *Eunotia exigua*), свидетельствует о существовании временных ручьев. Главенствуют космополиты (до 69 %), доля арктобореальных – 2.5–4.8 %.

Комплекс 2 (3020–2320 л.н.). Ведущими становятся виды-обрастатели (до 74.3 %), содержание донных сокращается (26–32 %), повысилась доля ацидофилов (до 58 %) и галофобов (до 57 %). Доминируют населяющие моховые болота *Eunotia paludosa*, *E. fallax*, оптимально развивающиеся при pH 6.1–6.5 [2], возросло участие арктобореального *E. groenlandica*. Широкий список гидрофильных видов (*Amphora libyca*, *Aulacoseira italica*, *A. subarctica*, *Ulnaria ulna*, *Rhopalodia gibba*) свидетельствует о значительной увлажненности климата. Наибольшее их содержание обнаружено в инт. 0.75–0.80 м (2754–2488 л.н.). Условия стали более прохладными, доля арктобореальных видов возросла до 8.4 %, появились *Gomphonema lagerheimii*, *E. parallela* var. *angusta*.

Комплекс 3 (2320–1690 л.н.) свидетельствует о развитии олиготрофно-дистрофного мохового болота в условиях незначительного снижения увлажнения. Доля донных видов уменьшается до 10 %. Сокращается видовое богатство и содержание гидрофильных видов. Широкое распространение получили ацидофилы (до 88 %) и галофобы (до 83 %). В кровле слоя возрастает участие *Eunotia exigua* (pH 4.8) [2] и *Kobayasiella subtilissima* (pH 5.1), что может быть связано с усилением кислотности. Доля арктобореальных видов – 7.1–8.9 %.

Комплекс 4 (1690–1130 л.н.) характеризует повышение увлажнения, на что указывает развитие гидрофильных диатомей, включая планктонные *Aulacoseira italica*, *A. granulata* и временно планктонные виды. Доля донных повышается (до 24 %), наибольшее распространение получили boreальный *Neidium bisulcatum* и арктобореальный *Frustulia saxonica*, характерный для кислых (pH 5.2) гумусированных вод [17], что косвенно свидетельствует об увеличении роли атмосферного питания. Содержание арктобореальных видов достигает 10.8 %, появляются *Eunotia parallela* var. *angusta* и *E. serra*, характерные для сфагновых болот.

Комплекс 5 (1130–790 л.н.) фиксирует развитие болота в условиях слабого увлажнения. Значительно

уменьшается участие гидрофильных диатомей, доминируют виды-обрастатели, населяющие мокрые мхи. Доля донных видов снижается вдвое. Содержание арктобореальных видов – 6.7–8.6 %.

Комплекс 6 (790–390 л.н.) отличается повышением содержания донных видов (до 19.4 %), таких как арктобореальный *Pinnularia rhombarea*, бореальный *P. rupestris* и космополиты *Hantzschia amphioxys*, *H. amphioxys* f. *capitata*. Содержание арктобореальных видов – до 13 %, что указывает на некоторое снижение температурных показателей.

Комплекс 7 (последние 390 лет) отражает развитие увлажненного болота. Повышается доля донных видов (до 27 %), в состав доминант вошел широко распространенный в торфяных болотах *Kobayasiella subtilissima*, появляется *Chamaepinnularia hassiaca*. По-видимому, усилился сток с болота, на что указывает присутствие *Aulacoseira granulata*, *A. italica*, *Epithemia turgida*, *E. adnata* и расширение списка видов рода *Pinnularia*.

Спорово-пыльцевой анализ. Палиноспектры из разрезов торфяников характеризуются преобладанием пыльцы древесных пород и отвечают распространению на плато темнохвойных лесов (рис. 5). Значимые изменения растительности не выделяются, но отдельные вариации содержания пыльцы и спор по разрезам позволяют оценить реакцию растительности на короткопериодные климатические изменения и пожары.

Наибольшее содержание широколиственных (до 21.9 %) отмечено для начала позднего голоцена, что указывает на их активное участие в составе кедрово-широколиственных лесов на склонах вокруг плато, в условиях теплее современных. В разрезе западного болота потепление выделяется ~ 4450–3790 л.н., восточного – ~ 4900–3840 л.н. Вероятно, верхняя граница пояса кедрово-широколиственных лесов была выше современной, что установлено для разновозрастных отложений Шкотовского плато [21]. В растительности Сергеевского плато в составе темнохвойных лесов более широко была представлена пихта. В подстилающей глине и нижней части торфяников отмечено большое количество спор, в основном представленных папоротниками с преобладанием *Osmunda*, что говорит о широком распространении чистоуста в покрове темнохвойных лесов ~ 4580–3020 л.н. В начале позднего голоцена в напочвенном покрове лесов были широко представлены и плауны. Наряду с данными ботанического состава палиноспектры свидетельствуют, что на болоте в обилии росла кустарниковая береза, скорее всего, как результат не только климатических изменений, но и пирогенного воздействия [10]. Роль пихты сократилась в более прохладных усло-

виях ~ 3300–2320 л.н. и увеличилась ~ 960–590 л.н. Участие ели в составе темнохвойных лесов возросло ~ 2790–2380 л.н., исключая кратковременный период пожаров ~ 2620–2540 л.н. Минимум содержания пыльцы широколиственных ~ 2540–2300 л.н. совпадает с одним из наиболее значительных похолоданий позднего голоцена [3, 39]. Участие ели сократилось в конце засушливой фазы ~ 1850–1690 л.н. и возросло в малый ледниковый период (последние 590 лет). Изменение содержания пыльцы *Pinus* s/g *Haploxyylon* отражает присутствие кедра корейского на склонах и, возможно, в краевых частях плато. Выделяются фазы, когда его роль в лесной растительности возрастала (~ 3730–3560 л.н.; 3300–3020 л.н.; 1290–1180 л.н.; 960–790 л.н.). Снижение его участия ~ 2540–2460 л.н., 2160–2000 л.н., 790–390 л.н., вероятно, связано с похолоданиями и лесными пожарами.

На пирогенное изменение лесной растительности (~ 4130–3840 л.н.) указывает пик пыльцы *Betula* sect. *Albae* в нижней части разрезов. Увеличение содержания пыльцы *Betula* sect. *Costatae* одновременно с ростом содержания пыльцы кустарниковой березы и со снижением доли пыльцы широколиственных может свидетельствовать о реакции растительности на похолодание ~ 1710–1290 л.н. В кровле торфяников отмечено сокращение содержания пыльцы кедра корейского и пихты, что произошло за счет активных вырубков в районе плато.

Состав пыльцы трав и кустарничков отражает как изменения болотной растительности, так и близлежащих участков плато. Увеличение содержания пыльцы вересковых кустарничков отмечено при возрастании их роли среди растений-торфообразователей. Более высокое содержание пыльцы наблюдается в торфе, который был образован в относительно засушливый период ~ 2540–1850 л.н. Причем распространению багульника и хамедафне могли способствовать и пожары [10, 11]. В торфе, образовавшемся в малый оптимум голоцена и начале малого ледникового периода, повышается количество пыльцы травянистых, скорее всего в результате прохождения частых пожаров. В разрезах отмечен максимум содержания пыльцы сложноцветных ~ 1070–560 л.н. Увеличение содержания пыльцы полыни в разрезе торфяника западного болота свидетельствует о ее развитии на гаях ~ 1290–140 л.н.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Палеоклиматические события и развитие ландшафтов. Данные изучения стратиграфии торфяников Сергеевского плато показали относительную стабильность лесной растительности среднегорья Южного Сихотэ-Алиня на высотах ~ 900 м в позднем голоце-

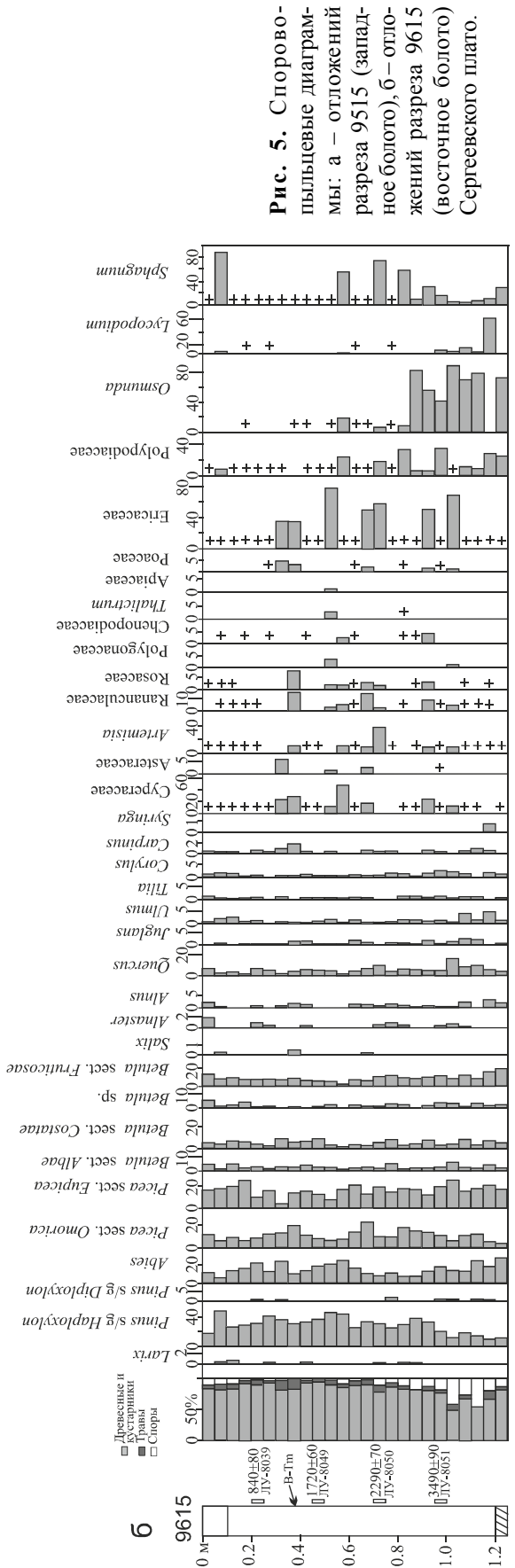
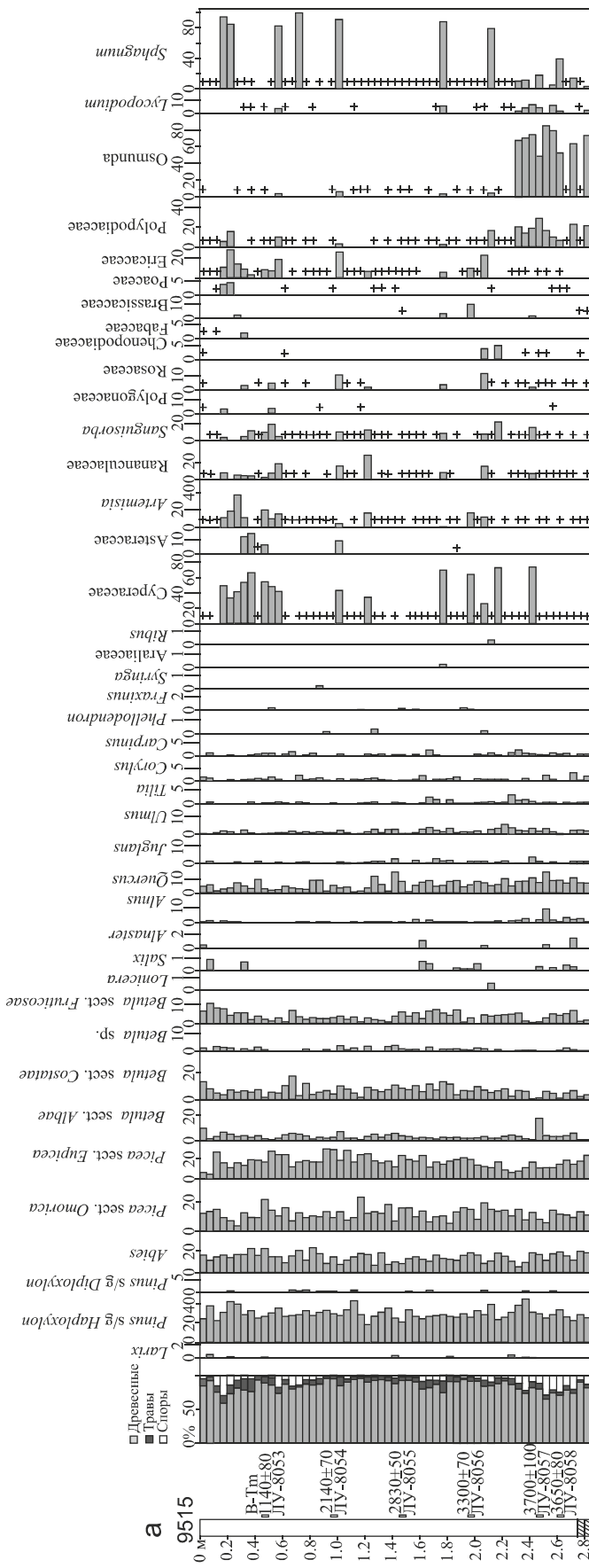


Рис. 5. Спорово-пыльцевые диаграммы: а – отложений разреза 9515 (западное болото), б – отложений разреза 9615 (восточное болото) Сергеевского плато.

не и чрезвычайно высокую изменчивость болотных ландшафтов, быстро реагирующих на изменение внешних условий, в первую очередь климата. За последние 4.9 тыс. лет в центральной части плато были распространены темнохвойные леса, и только небольшие вариации в палиноспектрах позволяют предположить об изменении растительности в краевых частях плато и на окружающих его склонах. В это же время на Шкотовском плато на абс. высотах ~ 700 м наблюдались довольно существенные изменения в соотношении основных ландшафтообразующих пород: темнохвойные леса получили широкое распространение только последние 2500 л. [21]. Севернее в районе Шандуйских озер на тех же высотах темнохвойная тайга существовала весь поздний голоцен [23].

В начале позднего голоцена в условиях более теплых, чем современные, верхняя граница пояса кедрово-широколиственных лесов была выше современной, и они занимали краевую часть Сергеевского плато. Пихта преобладала в составе темнохвойных лесов. Уменьшение роли широколиственных ~ 3840–3790 л.н. хорошо согласуется с данными, полученными для Шкотовского плато (3870 л.н.) и района Шандуйских озер (3650 л.н.) [21, 23], и связано со снижением температурного фона. Выделенный рубеж хорошо сопоставляется с верхней границей суббореального максимума Северной Евразии [27].

Фазы увеличения роли кедра корейского в растительности, выявленные для района Сергеевского плато (3730–3560 л.н.; 3300–3020 л.н.), совпадают по времени с распространением широколиственно-кедровых лесов на Шкотовском плато и отвечают незначительным похолоданиям. В похолодание ~ 1600–1290 л.н., при снижении увлажнения, вероятно, расширялся пояс каменноберезняков на горных хребтах в районе Сергеевского плато. Такие же ландшафтные изменения были отмечены около Шандуйских озер [23]. Это похолодание хорошо сопоставляется с одним из глобальных холодных событий [39].

Малый оптимум голоцена не был ярко проявлен в районе плато. Возможно, отклик растительности на потепление был «затушеван» частыми пожарами. Более широкое распространение широколиственных на склонах плато отмечено для конца потепления (980–840 л.н.). Это хорошо совпадает с данными по развитию ландшафтов низкогорья на п-ове Муравьева-Амурского, где увеличение роли широколиственных отмечено в период ~ 950–790 л.н. [13]. Теплая фаза конца XII века ярко проявилась в Китае [8].

В малый ледниковый период в темнохвойных лесах уменьшилась роль пихты, увеличилась доля ели, более широко были представлены березы, возможно,

за счет ветровалов. Как и на Шкотовском плато [21], на Сергеевском, вероятно, существовали кедровники. В растительности на склонах плато снижается роль широколиственных. Пожары были частыми, особенно в начале периода. Вероятно, на плато в обрамлении болот существовали гари.

Климатический контроль и развитие локальных болотных ландшафтов. Заболачивание впадин началось в условиях прогрессирующего потепления, сопоставляемого с климатическим оптимумом суббореала, годовая температура в низкогорье и на побережье была на +3°C выше современной, годовое количество осадков ~ 800 мм [12]. Данные по региону показывают, что увеличение увлажнения ~ 4500–3600 л.н. связано с интенсификацией летнего муссона [37]. В это время началось активное торфонакопление на уплощенных элементах рельефа в среднегорье Сихотэ-Алиня: на Шкотовском плато (Ларченково болото), в верховьях р. Уссури (урочище Мута), в районе Шандуйских озер (оз. Изюбриные Солонцы) [21, 23]. Болота этого возраста широко распространены в Приморье и других районах юга Дальнего Востока [12, 21, 30].

В начале суббореала во впадинах Сергеевского плато образовались небольшие мелкие, слабо минерализованные озера. Выделяются две фазы развития водоема, существовавшего на месте западного болота, с постепенным его зарастанием и снижением рН воды. Водоем существовал до рубежа 3610 л.н., что совпадает по времени с завершением фазы теплого гумидного климата [37]. О существовании озера на месте восточного болота можно предполагать только по косвенным данным. Присутствие среди растений-торфообразователей аира обыкновенного (*Acorus calamus* L.) ~ 4900–3840 л.н. свидетельствует о более теплом климате, чем современный. В настоящее время этот вид распространен в бассейне Амура, цветет, но семян не образует и размножается вегетативно [20]. Находка аира в торфе может косвенно свидетельствовать, что в условиях более мягкого климата у этого вида образовывались и созревали семена, которые разносились птицами [16]. В более теплых условиях по окраинам болот в обилии росла и плодоносила жимолость, о чем говорят находки ее пыльцы.

Несмотря на сходство геоморфологического положения, развитие болот Сергеевского плато сильно различалось, что связано, в первую очередь, с разным гидрологическим режимом. Западное болото было более изолировано, восточное – развивалось в условиях относительно хорошего дренажа.

Эволюция западного болота, чутко реагировавшего на малоамплитудные короткопериодные клима-

тические изменения (рис. 6), отличалась от развития других горных болот Сихотэ-Алиня [18]. Низинная стадия закончилась ~ 4080 л.н., что совпадает с границей суббореального оптимума, определенного для побережья Южного Приморья [15]. С этого времени постепенно начала увеличиваться роль атмосферного питания, и ~ 3960 л.н. болото стало переходным. Мезотрофная стадия была длительной (~1200 лет) и характеризовалась вариациями доли грунтовой и атмосферной составляющих в балансе болотных вод.

Нестабильные гидрологические условия ~ 4080–3610 л.н., установленные по данным диатомового анализа, можно интерпретировать как чередование периодов с разной интенсивностью снегопадов: снижением (4080–4020 л.н.; 3960–3900 л.н.; 3840–3790 л.н.; 3730–3610 л.н.) и увеличением (4020–3960 л.н.; 3900–3840 л.н.; 3790–3730 л.н.) их частоты. В условиях малоснежных зим при усилении интенсивности зимнего муссона, болото должно сильнее промерзать [28], слой торфа дольше таял, происходил сдвиг весеннего максимума высокого стояния уровня болотных вод, усиливалось грунтовое питание. Этому могло способствовать и длительное сохранение сезонной мерзлоты, которая могла служить водупором для болотных вод. В болотных водах активно развивались арктобореальные виды диатомей, характерные для обстановок со средними или слегка пониженными значениями pH. Под мощным снежным покровом болота промерзали слабее или почти не замерзали [28]. Это возможно при снижении активности зимнего муссона и прохождении частых циклонов с юга, с которыми связаны обильные снегопады. В таких условиях весенний и летний максимум высокого стояния вод были разорваны во времени, усиливалась роль атмосферного питания. Сообщества диатомей показывают снижение минерализации и величин pH. Повышалось содержание растворенных органических веществ, что, в целом, характерно для верховых болот.

В конце потепления ~ 3960–3610 л.н. проточный режим сменился на застойный, т.е. уровень грунтовых вод опустился ниже деятельного слоя, и даже в сильные дожди стока с болота не было. Высокое обводнение болота ~ 3610–3070 л.н. хорошо соотносится с развитием озерно-болотных обстановок в районе Шандуйских озер, где 3310–2960 л.н. было обводнение озера Изюбриные Солонцы [23]. Уменьшение увлажнения на фоне снижения температур с рубежа 3500 л.н. отмечено для среднегорья Северо-Востока Китая [37].

Роль атмосферного питания в водном балансе болот Сергеевского плато увеличилась ~ 2940 л.н. и ~ 2620–2380 л.н., западное болото стало верховым. Эта стадия хорошо совпадает по времени с похолода-

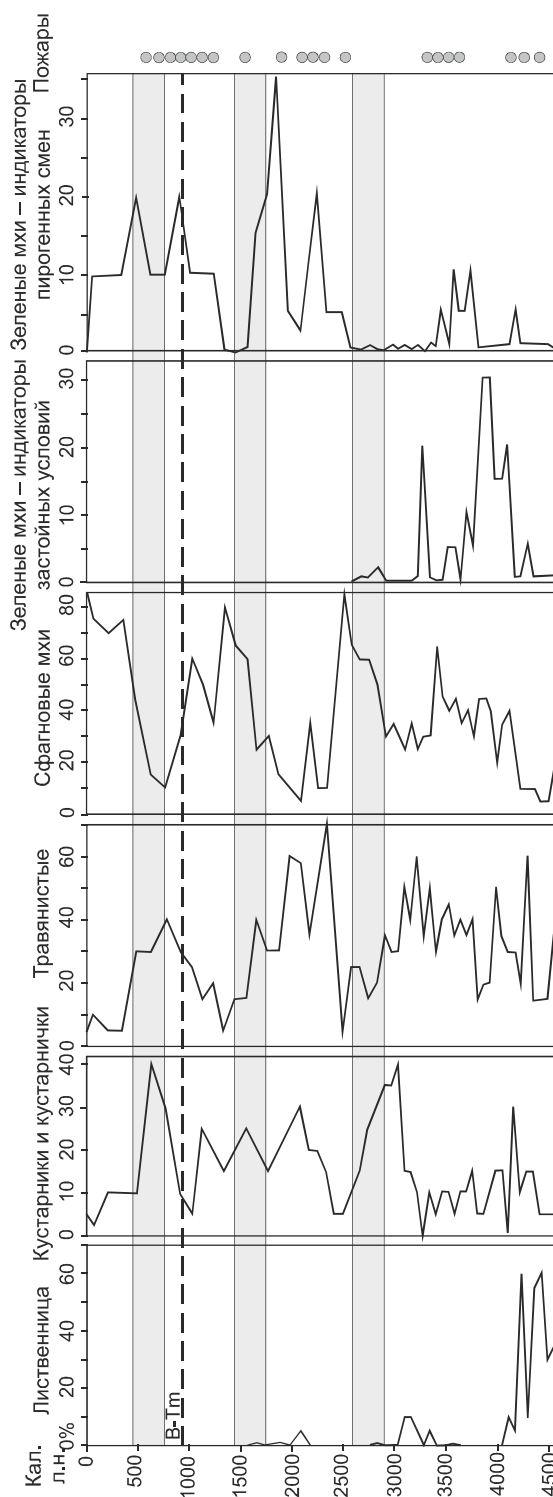


Рис. 6. Изменения в составе растений-горфообразователей западного болота Сергеевского плато в позднем голоцене. Выделены холодные события позднего голоцена, по [39].

нием, вызванным значительным снижением солнечной активности ~ 2600–2800 л.н., в муссонных районах Азии оно сопровождалось снижением увлажненности [37]. Похолодание имело глобальный характер [3, 29] и хорошо проявилось на юге Дальнего Востока [12, 30]. Потепление ~ 2380 л.н., сопровождавшееся незначительным увеличением увлажнения, привело к обводнению впадины, повысилась роль грунтового питания, болото вернулось в мезотрофную стадию. Минерализация болотных вод могла повыситься и из-за пожаров. Верховая стадия развития, начавшаяся ~ 1600 л.н., совпадает с одним из холодных событий конца голоцена (~ 1650–1450 л.н.), сопровождавшимся существенным снижением увлажнения в Азии [39]. Серия пожаров, проходивших в малый оптимум голоцена (~ 840 л.н.), привела к росту минерализации болотных вод и кратковременной эвтрофикации болота. Олиготрофная стадия возобновилась в малый ледниковый период (~ 560 л.н.).

Эволюционный ход восточного болота более простой, практически весь поздний голоцен болото имело грунтовое питание и было эвтрофным, мезотрофная стадия началась в малый оптимум голоцена (~ 960 л.н.).

Изменение гидрологического режима во многом контролировало и смену болотных растительных сообществ. На начальном этапе заболачивания вокруг озер существовал лиственничник. На болоте, образовавшемся на месте западного озера, были широко распространены гипергидрофильные зеленые мхи, свидетельствующие о развитии застойных условий. Около 3560–3070 л.н. климатические условия были близки к современным. Болото было сильно обводнено, но наличие углей в торфе позволяет предполагать пульсирующий характер увлажнения. На болоте появился разреженный лиственничник.

Обращает внимание, что распространение шейхцерии болотной ~ 3010–2870 л.н. на западном болоте совпадает по времени с похолоданием ~ 2,9 тыс. л.н., проявившемся в Дальневосточном регионе [35]. Сокращение участия шейхцерии в травяном покрове (2790–2380 л.н.) может быть связано со снижением обводнения. На восточном болоте шейхцерия распространилась несколько позже – во время похолодания ~ 2750–2320 л.н. Развитый кустарничковый ярус в начальную фазу похолодания уступил место сплошному покрову сфагновых мхов. На пике похолодания отмечено бурное развитие *Sphagnum magellanicum*, появление *S. lindbergii* и *Calliergon trifarium*. Временные рамки похолодания хорошо совпадают с данными по району Шандуйских озер (2620–2270 л.н.) [23].

Потепление, сопровождавшееся незначительным обводнением западного болота ~ 2380–2130 л.н.,

хорошо сопоставляется с данными по другим районам Приморья [12, 13, 15, 21, 22, 32]. В торфе увеличивается зольность, что свидетельствует об усилении минерального питания, более развитыми стали кустарничковый ярус и травяной покров, резко сократилось участие сфагновых мхов. По данным диатомового анализа обводнение было высоким в завершающую фазу потепления ~ 2130–1820 л.н., но постоянное присутствие углей говорит о наличии сезонных сухих периодов. В это время отмечено зарастание болота лиственницей.

Снижение температурного фона зафиксировано ~ 2130 л.н. и последующее похолодание (1600–1290 л.н.), сопровождавшееся уменьшением увлажнения, привели к развитию мощного мохового яруса. Слабое обводнение ~ 1500 л.н. хорошо совпадает с началом фазы обводнения котловины озера Изюбринные Солонцы [23]. В условиях обводнения ~ 1290–700 л.н. среди кустарничков стала преобладать клюква. Холодный влажный эпизод ~ 1180–980 л.н., когда на западном болоте формировался сфагновый торф, отмечен и для Шандуйских озер (1190–1080 л.н.) [23]. Похолодание ~ 800–900 гг. н.э. выделяется и в других регионах [39].

Малый оптимум голоцена на плато не был ярко проявлен. Возможно теплым сигналом является резкое снижение на рубеже ~980 л.н. среди диатомей доли *Encyonema perpusillum* – вида, распространенного в обрастаниях горных водоемов. Следует отметить, что резкое увеличение содержания арктобореального *E. parallela* var. *angusta* в торфе, образованном в потепление, не является «холодным признаком». Здесь, скорее, влияет другой экологический фактор, связанный с биотопом – этот вид предпочитает сфагновые болота [34]. В обилии он найден в современных сборах из верхового болота около г. Аккеши, Восточный Хоккайдо [33]. Среднегодовая $t +5^{\circ}\text{C}$ района намного превышает эту величину для Сергеевского плато. Без учета этого вида содержание арктобореальных диатомей составляет 15–22 %.

Частые пожары способствовали широкому развитию кустарниковой березы, пушицы и зеленых мхов. К концу фазы среди сфагновых мхов большую роль стал играть олиготрофный *Sphagnum fuscum*, который стал доминантом в малый ледниковый период.

Экологический эффект вулканического пеплопада. Существенных экологических изменений на болотах после выпадения тефры не зафиксировано. Но следует отметить, что на болотах стало влажнее – в прослое вулканического пепла в составе диатомей преобладают гидрофильные виды, а во вмещающем торфе найдены планктонные и временно планктон-

ные виды. Возможно, незначительно увеличился рН болотных вод – доминирующие виды развиваются при рН 5.9–6.1, несколько снизилось количество ацидофилов (до 81 %) и галофобов (67.8 %) за счет усиления минерального питания. Какие-либо изменения в болотной растительности или не происходили, или были нивелированы влиянием пожаров.

Хронология палеопожаров. Анализ распределения углей в разрезах торфяников показывает, что частота и интенсивность пожаров в позднем голоцене на Сергеевском плато были неравномерные (рис. 3, 6). Пожары в основном были низовыми, когда на болотных массивах выгорали моховой покров, кустарники и кустарнички. Причем, западное болото горело чаще, чем восточное. В начале позднего голоцена были лишь отдельные пирогенные события, хотя некоторые пожары были сильными и вызвали кратковременные, но существенные изменения растительности. Неоднократно горели лиственничники на марях. Пирогенные сукцессии болотной растительности были сходны с современными [11]. Возможно, как и в современных условиях, зарастание гарей на месте темнохвойных лесов шло по охотскому типу [9] с развитием малинников и вейника, пыльца *Rubus* наряду с *Roaseae* найдена в палиноспектрах. На гарях также возникали и белоберезняки, пики пыльцы *Betula sect. Albae* часто отмечаются в слоях торфа с углями.

Вероятно, пожары имели природный характер и происходили в сухие сезоны. Их частота увеличилась при снижении температурного фона и увлажнения ~3670–3310 л.н. Причем палы были только на западном болоте. К этому моменту находившееся здесь озеро полностью заросло. Активизация пожаров отмечена ~2620–2210 л.н. в условиях похолодания, сопровождавшегося снижением атмосферных осадков, а также последующего незначительного потепления. Выделяется период ~2130–1920 л.н., когда территория марей сильно обсыхала, что способствовало прохождению пожаров по всему массиву. Активизация пожаров ~1600–1180 л.н. отмечена только на западном болоте. Начало этого временного интервала совпадает с похолоданием и иссушением климата. Частые пожары в это время были и в районе Шандуйских озер [23].

Обе мари сильно горели в средние века (980–390 л.н.). Пожары, вероятно, могли иметь антропогенный характер. Во времена государств Бохай (698–926 гг. н.э.) и Цзинь (1115–1234 гг. н.э.) бассейн р. Партизанской активно осваивался, здесь были многочисленные поселения, население занималось земледелием и охотой [6, 25]. Причем находка в изученных разрезах торфяников вулканического пепла В-Тм позволяет сделать вывод, что особенно частые и интенсивные

пожары были во времена чжурчжэней. В это время в долине р. Партизанской существовали крупные поселения, в том числе средневековый город – Шайгинское городище, найдены и многочисленные курганы этого времени [6]. Особенно сильные пожары были в конце малого оптимума голоцена (980–840 л.н.) и в начале малого ледникового периода (700–560 л.н.), что характерно и для района Шандуйских озер. Вероятно, высокой пожароопасности способствовало снижение атмосферных осадков. Самый молодой палеопожар зафиксирован в разрезе торфяника восточного болота и, вероятно, совпал с минимумом Маундера. Пожар конца XX века, в результате которого образовалась гарь около марей, также затрагивал восточное болото и привел к хорошо выраженной пирогенной сукцессии.

ВЫВОДЫ

1. Изучение двух торфяных разрезов позднего-голоценового возраста показало устойчивость лесных ландшафтов среднегорья Южного Сихотэ-Алиня (пояс темнохвойной тайги на абс. выс. ~900 м) к климатическим изменениям в последние 4900 лет и чрезвычайную изменчивость маревых ландшафтов, чутко реагирующих на разнонаправленные короткопериодичные климатические флуктуации.

2. Заболачивание впадин на месте мелководных палеозер началось в условиях прогрессирующего потепления, сопоставляемого с климатическим оптимумом суббореала. Нестабильные климатические условия, во многом, обусловили особенности гидрологического режима, что выражалось в изменении роли грунтового и атмосферного питания и направленной эволюции растительного покрова марей. Как правило, усиление атмосферного питания связано с холодными событиями, сопровождавшимися уменьшением атмосферных осадков и, следовательно, падением уровня грунтовых вод на болотных массивах плато.

3. Одним из факторов, определяющих развитие локальных ландшафтов, были пожары. Выделено несколько периодов проявления сильных пожаров, совпавших с уменьшением увлажнения климата во второй половине позднего голоцена. Даже в условиях влажного климата были пожары, имевшие сезонный характер, связанный с неравномерным выпадением атмосферных осадков в условиях муссонной атмосферной циркуляции. В историческое время пожары, вероятно, могли иметь антропогенные причины и быть связаны с активным освоением района во времена государств Бохай и Цзинь.

4. В разрезах торфяников найден маркирующий вулканический пепел В-Тм катастрофического извер-

жения вулкана Байтоушань X века, одного из крупнейших в мире за последние 2 тыс. лет.

Авторы выражают благодарность А.Н. Салюку (ТОИ ДВО РАН), принявшему участие в экспедиционных работах, Н.П. Домра (ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН) за подготовку проб для спорово-пыльцевого анализа, И.Ф. Скириной (ТИГ ДВО РАН) за определение лишайников и Ю.Л. Крецеру (Радиевый институт им. В.Г. Хлопина, г. Санкт-Петербург) за микрондовый анализ вулканического стекла. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант 15-05-00171.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акуличев В.А., Астахов А.С., Малахов М.И., Аксентов К.И., Карабцов А.А., Марьяш А.А., Алаторцев А.В. Первая находка криптофеллы катастрофических извержений вулкана Байтоушань X в.н.э. в шельфовых отложениях Японского моря // Докл. АН. 2016. Т. 469, № 6. С. 734–738.
2. Барина С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. Биоразнообразии водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив: Pilies Studio, 2006. 498 с.
3. Борисова О.К. Ландшафтно-климатические изменения в голоцене // Изв. РАН. Сер. геогр. 2014. № 2. С. 5–20.
4. Величко А.А. Эволюционная география: проблемы и решения. М.: ГЕОС, 2012. 563 с.
5. Гуков Г.В. Лиственницы и лиственничные леса российского Дальнего Востока. Владивосток: ГТС ДВО РАН, 2009. 350 с.
6. Дьякова О.В. Городища и крепости Дальнего Востока (Северо-Восточное Приморье). Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2005. 188 с.
7. Исследования гор. Горные регионы Северной Евразии. Развитие в условиях глобальных изменений // Вопросы географии. 2014. Т. 137. 584 с.
8. Клименко В.В. Климат: непрочитанная глава истории. М.: Изд. дом МЭИ, 2009. 408 с.
9. Колесников Б.П. Растительность восточных склонов Среднего Сихотэ-Алиня // Труды Сихотэ-Алинского государственного заповедника. М., 1938. Вып. I. С. 25–204.
10. Копотева Т.А., Косых Н.П. Сравнительная оценка структуры фитомассы и продуктивности мезотрофных кустарничково-сфагновых болот зоны тайги // Сиб. экологический журн. 2011. № 2. С. 301–307.
11. Копотева Т.А., Купцова В.А. Пирогенный фактор на маревых болотах Приамурья // Вестн. Северо-Восточного научного центра ДВО РАН. 2011. № 3. С. 37–41.
12. Короткий А.М., Гребенникова Т.А., Пушкарь В.С. и др. Климатические смены на территории юга Дальнего Востока в позднем плейстоцене-голоцене // Вестн. ДВО РАН. 1997. № 3. С. 121–143.
13. Лящевская М.С., Макарова Т.Р., Разжигаяева Н.Г. и др. Развитие ландшафтов полуострова Муравьева-Амурского в среднем-позднем голоцене по данным изучения отложений побережья бухты Муравьиная (Южное Приморье) // Успехи соврем. естествознания. 2017. № 2. С. 110–122.
14. Марченко Н.А. Вертикальные градиенты метеоземелентов в Приморском крае и возможности экстраполяции данных метеостанций // География и природ. ресурсы. 1991. № 3. С. 138–143.
15. Микишин Ю.А., Петренко Т.И., Гвоздева И.Г. и др. Голоцен побережья Юго-Западного Приморья // Науч. обозрение. 2008. № 1. С. 8–27.
16. Нечаев В.А. О поедании птицами плодов и семян растений семейства ароидные Agaceae Juss. на Дальнем Востоке России // Вестн. ДВО РАН. 2016. № 3. С. 25–30.
17. Определитель пресноводных водорослей СССР / Отв. ред. А.И. Прошкина-Лавренко. М.: Сов. наука, 1951. Вып. 4. 618 с.
18. Прозоров Ю.С., Попов А.А. Основные типы болот и заболоченных лесов Приморского края // Вопросы лесоводства и лесоведения. Вып. 1. Красноярск: Краснояр. кн. изд-во, 1961. С. 146–162.
19. Прокопенко С.В., Кудрявцева Е.П. Флористические находки в Приморском крае // Бюл. МОИП. Сер. биол. 2009. Т. 114, № 5. С. 70–72.
20. Пшенникова Л.М. Водные растения российского Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука, 2005. 106 с.
21. Разжигаяева Н.Г., Ганзей Л.А., Мохова Л.М. и др. Развитие ландшафтов Шкотовского плато Сихотэ-Алиня в позднем голоцене // Изв. РАН. Сер. геогр. 2016. № 3. С. 65–80.
22. Разжигаяева Н.Г., Ганзей Л.А., Гребенникова Т.А. и др. Изменения ландшафтов побережья и горного обрамления бухты Кит (восточное Приморье) в среднем-позднем голоцене // География и природ. ресурсы. 2016. № 3. С. 141–151.
23. Разжигаяева Н.Г., Ганзей Л.А., Гребенникова Т.А. и др. Изменения природной среды в позднем голоцене, зафиксированные в отложениях озера Изюбриные Солонцы, Сихотэ-Алинь // Сиб. экологический журн. 2017. № 4. С. 512–527.
24. Рассказов С.В., Саранина Е.В., Мартынов Ю.А. и др. Развитие позднекайнозойского магматизма активной континентальной окраины Южного Приморья // Тихоокеан. геология. 2003. Т. 22, № 1. С. 92–109.
25. Сергушева Е.А. Земледелие на территории Приморья в период существования государства Бохай (по археоботаническим и археологическим данным) // Вестн. ДВО РАН. 2012. № 1. С. 100–107.
26. Харитонов В.Г. Конспект флоры диатомовых водорослей (Bacillariophyceae) Северного Охотоморья. Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 2010. 189 с.
27. Хотинский Н.А. Голоцен Северной Евразии. М.: Наука, 1977. 200 с.
28. Чеботарев А.И. Общая гидрология (воды суши). Л.: Гидрометеоздат, 1975. 530 с.
29. Arslanov Kh.A., Savelieva L.A., Klimanov V.A. et al. New data on chronology of landscape paleoclimatic stages in Northwestern Russia during the Late Glacial and Holocene // Radiocarbon. 2001. V. 43, N 2 В Р. 581–594.
30. 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 International. 2011. V. 237. P. 83–92.
31. Blaauw M., Christen J.A. Flexible paleoclimate age-depth models using an 601 autoregressive gamma process // Bayesian Analysis. 2011. V. 6. P. 457–474.
32. Chen X-Y., Blockley S.P.E., Tarasov P.E. et al. Clarifying the distal to proximal tephrochronology of the Millennium (B-Tm)

- eruption, Changbaishan Volcano, northeast China // *Quaternary Geochronology*. 2016. V. 33. P. 61–75.
33. Ishikawa S., Kashim K. Diatoms in Bekanbeushi Wetland, Eastern Hokkaido // *Diatom*. 2009. V. 25. P. 106–110.
34. Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae. Teil 1. Naviculaceae. Jena: VEB Gustav Fischer Verlag, 1986. 876 p. Teil 3. Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. Jena: VEB Gustav Fischer Verlag, 1991. 576 p.
35. Leipe C., Nakagawa T., Gotanda K. et al. Late Quaternary 731 vegetation and climate dynamics at the northern limit of the East Asian summer monsoon and 732 its regional and global-scale controls // *Quaternary Sci. Rev.* 2015. V. 116. P. 57–71.
36. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing // R Foundation for Statistical Computing. Vienna, 2012.
37. Stebich M., Rehfeld K., Schlütz F. et al. Holocene vegetation and climate dynamic of NE China based on the pollen record from Sihailongwan Maar Lake // *Quaternary Sci. Rev.* 2015. V. 124. P. 275–289.
38. Wanner H., Beer J., Bütikofer J. et al. Mid- to Late Holocene climate change: an overview // *Quaternary Sci. Rev.* 2008. V. 27. P. 1791–1828.
39. Wanner H., Solomina O., Grosjean M. et al. Structure and origin of Holocene cold events // *Quaternary Sci. Rev.* 2011. V. 30. P. 3109–3123.

Рекомендована к печати И.Б. Цой

После доработки 13.09.2018 г.
принята к публикации 26.09.2018 г.

N.G. Razzhigaeva, L.A. Ganzey, T.A. Grebennikova, L.M. Mokhova, T.A. Kopoteva, E.P. Kudryavtseva, Kh.A. Arslanov, F.E. Maksimov, A.Yu. Petrov, M.A. Klimin

Development of the natural environment of midlands of the Southern Sikhote-Alin recorded in the Sergeev Plateau peat bogs

On the basis of a comprehensive study (botanic, diatom, and pollen analysis) of the two peat bog sections of the Sergeev Plateau, the development of the natural environment of midlands of the Southern Sikhote-Alin was reconstructed for the last 4.9 ka. Radiocarbon dates and position of marker volcanic ash layer B-Tm of the Baitowshan Volcano erupted in the X century were used to define the event chronology. An age-depth model was made and peat accumulation rates and ash content of the peat were analyzed. It was established that the belt of dark coniferous forests on the elevation about 900 m was relatively stable, while multidirectional climatic changes led to sharp changes in the dominant peat-forming plants. Unstable climatic conditions in many respects caused the peculiarities of the hydrological regime of the bogs. The fall in the groundwater level and the strengthening role of atmospheric supply, as a rule, was associated with cold events. One of the factors determining the development of landscapes was fires, their frequency and intensity were determined. The longest period of fire activation occurred in the last millennium. They were suggested to be of an anthropogenic nature and associated with the development of the area in the middle ages.

***Key words:* peat bog stratigraphy, climatic changes, paleofires, radiocarbon dating, late Holocene, Sikhote-Alin.**