

УДК 551.89(571.63)

ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ЛАНДШАФТОВ ПРЕДГОРИЙ ЗАПАДНОГО СИХОТЭ-АЛИНЯ

© 2017 г. Надежда Г. Разжигаева¹, Лариса А. Ганзей¹,
Людмила М. Мохова¹, Татьяна Р. Макарова¹,
Александр М. Паничев^{1,2}, Татьяна А. Копотева³,
Екатерина П. Кудрявцева¹, Хикмат А. Арсланов⁴,
Федор Е. Максимов⁴, Алексей Ю. Петров⁴,
Виктория В. Крупская⁵

¹Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, Россия

²Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия

³Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск, Россия

⁴Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

⁵Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН,
Москва, Россия

e-mail: nadyar@tig.dvo.ru, sikhote@mail.ru, kopoteva@ivep.as.khb.ru,
arslanovkh@mail.ru, krupskaya@ruclay.com

Поступила в редакцию 22.12.2015 г.

Аннотация. Два крупных этапа развития ландшафтов предгорий Западного макросклона Сихотэ-Алиня восстановлены на основе комплексного изучения разреза отложений в краевой части мари Сахалин, наиболее обширного болотного массива в нижнем течении р. Бикин. Установлена существенная разница в развитии биотических компонентов ландшафтов низкогорья во время потепления, предшествующего последней ледниковой эпохе, а также в позднем голоцене. В позднем плейстоцене в Нижнебикинской впадине существовало большое мелководное озеро, прошедшее несколько стадий развития. Впервые в верхнеплейстоценовых отложениях Приморья найдены макроостатки бразении Шребера. Восстановлен также ход развития болотных ландшафтов по обрамлению озера. В последнюю ледниковую эпоху была образована толща глин со следами криогенной переработки. Озеро деградировало, и верхняя часть глинистой толщи была сформирована, в основном, за счет привноса эолового материала. В это время в отрогах Сихотэ-Алиня была развита темнохвойная тайга с доминированием ели. В последние 1300 лет на эрозионной поверхности, выработанной в глинах, формировался торфяник. В лесной растительности низкогорья по обрамлению мари ведущую роль стал играть кедр корейский. Кедровники и елово-кедровые леса с участием широколиственных пород наиболее широкое распространение получили в малый оптимум голоцена. В малый ледниковый период растительность горных склонов менялась мало, в то время, как болотные ландшафты реагировали на климатические изменения более чувствительно. В последние 150 лет марь вступила в переходную к мезотрофной, а затем в мезотрофную стадию развития, усилилась роль атмосферного питания, в составе растений-торфообразователей большую роль стали играть сфагновые мхи. Проанализирована роль пирогенного фактора в развитии локальной болотной растительности.

Ключевые слова: марь, палеоландшафты, климатические изменения, голоцен, поздний плейстоцен, пожары, р. Бикин, Сихотэ-Алинь.

DOI: 10.7868/S0373244417040090

STAGES OF LANDSCAPES DEVELOPMENT OF FOOTHILLS OF THE WESTERN SIKHOTE-ALIN

Nadezhda G. Razzhigaeva¹, Larisa A. Ganzey¹, Lyudmila M. Mokhova¹,
Tat'yana R. Makarova¹, Aleksandr M. Panichev^{1,2}, Tat'yana A. Kopoteva³,
Ekaterina P. Kudryavtseva¹, Khikmatulla A. Arslanov⁴, Fedor E. Maksimov⁴,
Aleksei Yu. Petrov⁴, and Viktoria V. Krupskaya⁵

¹*Pacific Geographical Institute, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russia*

²*Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia*

³*Institute of Aquatic and Ecological Problems, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, Khabarovsk, Russia*

⁴*Saint Petersburg State University, St. Petersburg, Russia*

⁵*Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

e-mail: nadyar@tig.dvo.ru, sikhote@mail.ru, kopoteva@ivep.as.khb.ru,

arslanovkh@mail.ru, krupskaya@ruclay.com

Received December 22, 2015

Abstract. Two major phases of the development of landscapes of the foothills of the Western macroslope of the Sikhote-Alin recovered on the basis of a complex study of the section of the deposits in the outer part of the Sakhalin bog, the most extensive bog massif in the lower reaches of the Bikin River. A significant difference in the development of biotic components of landscapes of low mountains during the warming before the last ice age, as well as in the late Holocene, is determined. In the late Pleistocene in the Nizhnebikin depression there was a large shallow lake that has passed several stages of development. For the first time in the upper Pleistocene sediments of Primorye plant macroremains of Schreber's brasia were found. The development path of the marsh landscape framing the lake was restored. In the last ice age the stratum of clays with traces of cryogenic processing had been formed. The lake had degraded, and the upper parts of the clayey stratum were formed mainly due to gain of aeolian material. At that time, in spurs of the Sikhote-Alin coniferous taiga with dominance of spruce had been represented. In the last 1300 years, on erosion surfaces developed in clays, peatland had been formed. In forest vegetation of low mountains the leading role for the ending of the bog is played by the Korean cedar. Cedar and spruce-cedar forests with participation of broad-leaved species were the most widespread in the Medieval Climatic Optimum. In the little ice age vegetation of the mountain slopes varied a little, while marsh landscapes responded to climate changes more sensitively. In the last 150 years, the bog has entered to transitive to mesotrophic and then mesotrophic stages of development; the role of atmospheric feed has increased; the sphagnum mosses have begun to play a large role in the composition of the peat-forming plants. The role of the pyrogenic factor in the development of local bog vegetation was analyzed.

Keywords: bog, paleolandscape, climate changes, the Holocene, the late Pleistocene, fires, the Bikin River, the Sikhote-Alin.

Введение. Целью работы является выделение этапов развития ландшафтов предгорий и низкогорий Западного Сихотэ-Алиня в нижнем течении р. Бикин в ходе климатических изменений в позднем плейстоцене-голоцене, выделение черт унаследованности в развитии природных компонентов и ретроспективный анализ устойчивости геосистем.

В палеогеографическом отношении эта территория слабо изучена. К настоящему времени охарактеризованы лишь отдельные этапы развития ландшафтов бассейна р. Бикин в позднем плейстоцене-голоцене [1, 5, 6, 26, 27]. Есть также данные о том, что современная природная среда бассейна р. Бикин, если судить по результатам наблюдений за некоторыми биотическими

компонентами в течение последних 40 лет, претерпевает значительные изменения, что обусловлено, скорее всего, климатическим фактором [22].

В рассматриваемом районе преобладают обширные равнинные пространства (межгорные впадины с высотными отметками до 100 м), которые разделены невысокими (обычно менее 600 м) пологими горными грядами — отрогами Сихотэ-Алиня [9]. Современная речная сеть здесь довольно густая, относится к бассейну р. Уссури. В условиях незначительных уклонов русел происходит сильное меандрирование. В речных долинах развиты разновысотные и разновозрастные речные террасы. В этой зоне на обширном равнинном пространстве происходило наложение голоценовой аккумуляции на позднеплейстоценовую [17]. Наиболее

информативными с точки зрения палеоландшафтных реконструкций в этой части предгорий являются отложения обширных марей на участках в меньшей мере затронутых меандрированием и перестройками в пределах речных бассейнов.

Самым обширным заболоченным пространством в нижней части бассейна р. Бикин является мари Сахалин, расположенная в 10 км к западу от пос. Лучегорск. Мари вытянута с юго-запада на северо-восток вдоль отрогов Сихотэ-Алиня, имеет размер 20х6 км и дренируется двумя притоками Бикина — р. Большой Сахалинкой и Сахалинкой. В отличие от междуречья рек Бикин и Алчан, где русла неоднократно мигрировали и перестраивались, в пределах мари Сахалин расположен длительно существующий болотный массив. Изучен разрез торфяника в краевой части мари Сахалин, расположенный в 9 км ниже по течению р. Бикин от пос. Верхний Перевал.

Район исследований расположен в пределах Западно-Сихотэ-Алинской физико-географической провинции, в Нижне-Бикинском округе [28]. Климат континентальный с муссонными чертами. Среднегодовая температура составляет 2.5 °С, среднемесячная температура января –20.1 °С, июля +21.2 °С. Годовое количество атмосферных осадков 642 мм, наибольшее количество выпадает в августе (129 мм). Преобладающим направлением ветра является юго-западное (www.primgidromet.ru).

На горных склонах в обрамлении мари Сахалин распространены широколиственно-кедровые леса с липой и дубом, локально встречаются кедрово-еловые леса, в долине р. Бикин и притоков распространены ясенево-ильмовые леса. К мари примыкают небольшие участки белоберезовых и осиновых лесов, по обрамлению мари, на дренированных участках около рек и небольшие возвышенные участки заняты лиственничниками [2, 15, 32]. На мари встречается редкостойная лиственница, единично — белая береза, кустарниковый ярус представлен березой кустарниковой, багульником, хамедафне чашечной, встречается клюква болотная, травы представлены осокой шаровидной, пушицей влагилишной, развит мощный моховой покров, в основном состоящий из сфагновых мхов, встречаются зеленые мхи.

Материалы и методы. Изученный разрез представляет собой естественное обнажение на левом берегу излучины р. Бикин (46° 31.557'с.ш., 134°33.675'в.д.) на абс. высоте 68 м (рис. 1). Опробование отложений проведено с шагом 5 см. Комплексное изучение отложений включало литолого-фациальный и биостратиграфические анализы (ботанический, спорово-пыльцевой и диатомовый). Для терригенных отложений, подстилающих торфяник, выполнен гранулометрический анализ лазерно-дифракционным методом (рис. 2) на приборе “Analysette-22 MicroTecplus”. Определение

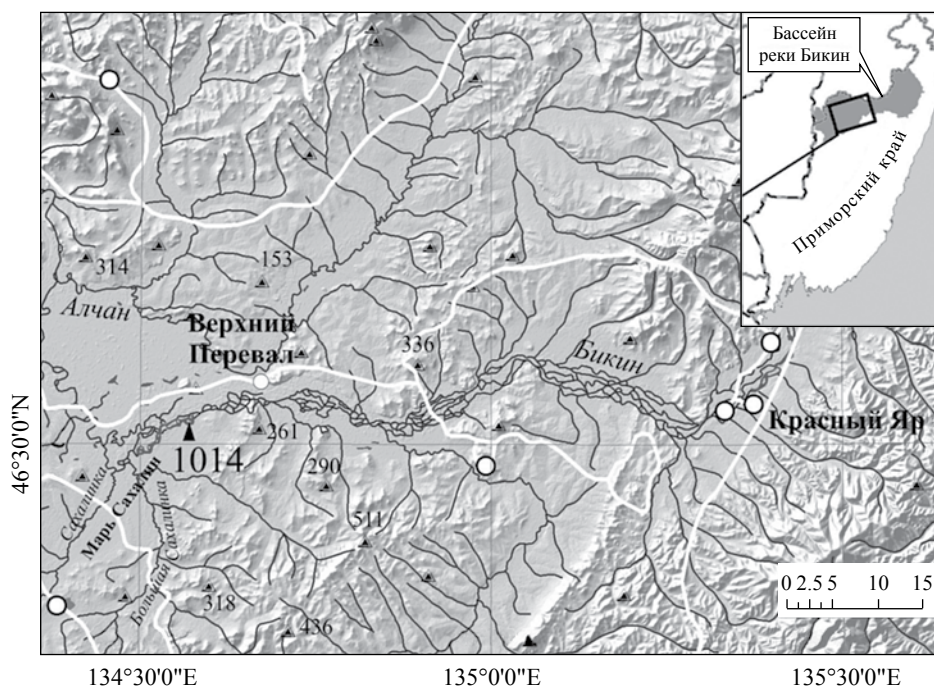


Рис. 1. Схема района работ и положение изученного разреза.

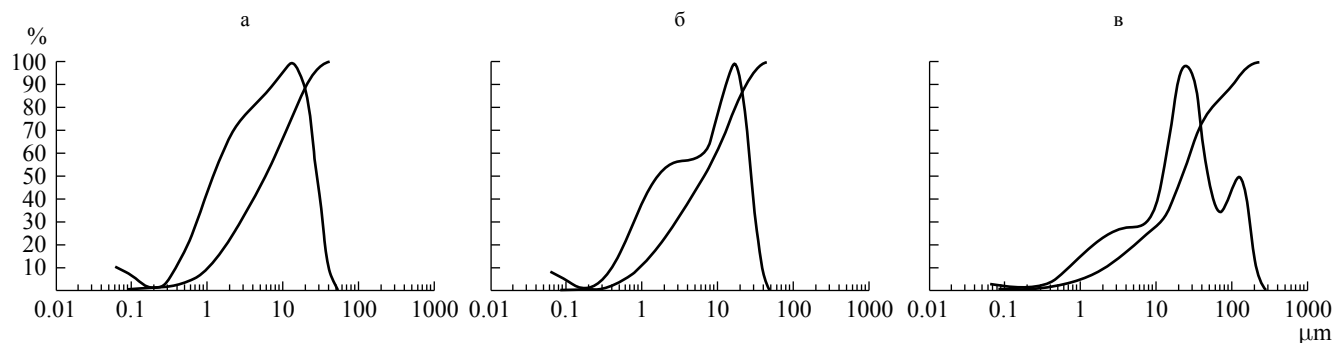


Рис. 2. Типичные кривые распределения гранулометрического состава отложений, подстилающие торфяник в краевой части мари Сахалин: а – инт. 1.20–1.25 м, б – инт. 1.70–1.75 м, в – 2.25–2.30 м.

Таблица. Список радиоуглеродных дат из разреза отложений торфяника 1014, первая надпойменная терраса, нижнее течение р. Бикин

Номер образца	Интервал, м	Материал для датирования	¹⁴ С-возраст, лет	¹⁴ С-калиброванный возраст, calBP	Лабораторный индекс
8/1014	0.55–0.60	торф	380±80	420±80	ЛУ-7565
13/1014	0.80–0.85	торф	1040±60	970±70	ЛУ-7713
16/1014	0.95–1.00	торф	1340±40	1260±40	ЛУ-7566
37/1014	2.00–2.05	Оторфованная глина	25240±330	30140±370	ЛУ-7567

Примечание: значения календарного возраста приведены на основании программы “CalPal” Кёльнского университета 2006 года, авторы В. Weninger, О. Joris, У. Danzeglocke (сайт www.calpal.de).

минерального состава глин проводилось методом полнопрофильного анализа рентгенодифракционных картин от порошковых препаратов [34] при помощи рентгеновского дифрактометра ULTIMA-IV, Ригаку, Япония, приобретенного по Программе развития Московского государственного университета. Условия съемки: 40 кВ–40 мА, отфильтрованное медное излучение, диапазон измерений – 3–65° 2θ, полупроводниковый детектор нового поколения DTex/Ultra: скорость сканирования – 10°2θ/минуту. Возраст палеоландшафтных смен определялся на основе данных радиоуглеродного датирования образцов торфа и органоминальных отложений, выполненного в Институте наук о Земле СПбГУ. Образцы торфа предварительно были очищены от карбонатов и посторонних гуминовых кислот путем последовательной обработки образцов 2% растворами HCl и NaOH. Датирование образца оторфованной глины выполнено по вытяжке гуминовых кислот горячим 2% раствором NaOH. Калибровка, полученных радиоуглеродных датировок, сделана с помощью программы “CalPal2007_HULU” (Кёльнский университет, 2007 г.). Для установления хронологии этапов изменений палеоландшафтов наряду с датировками, приведенными в табл. 1, использованы датировки, полученные путем интерполяции

в интервале между двумя прослоями, датированными радиоуглеродным методом.

Результаты. Разрез вскрывает отложения террасовидной поверхности высотой 4.5–5 м над уровнем зимней межени. Нижняя часть разреза (инт. 2.4–2.6 м) сложена серыми плотными алевритовыми отложениями с галькой в основании, переходящими в торфянистые алевриты (инт. 2.0–2.4 м), из верхнего слоя которых получена ¹⁴С-дата 25240±330 л.н. (30140±370 кал.л.н.), ЛУ-7567. Примесь пелита составляет 17.5–37.2%, причем доля частиц <1 мкм варьирует от 2 до 6.4%, содержание песка меняется от 38.2% в основании разреза до 3% в кровле органогенного слоя. Гранулометрические кривые распределения полимодальные, основная мода 20–30 мкм, хорошо выражены моды в области 120–170 мкм, и 3–4 мкм (см. рис. 2). Выше залегают в разной степени оторфованные алевритистые глины (инт. 1.3–2.0 м) от коричневых до салатных, пластичные, неслоистые. Содержание пелитовых фракций достигает 64.1% с преобладанием частиц 1–5 мкм (до 35.5%), доля фракции менее 1 мкм составляет 5.7–11.1%. Количество алеврита несколько снижается вверх по разрезу (от 47.5 до 35.9%). В отдельных горизонтах отмечена примесь песка (до 0.3%). Гранулометрические кривые распределения бимодальные (моды 2–4 мкм, 10–20 мкм).

Толщу венчает слой серой глины (инт. 1.00–1.30 м) с содержанием пелитовой фракции до 66.9%. Гранулометрические кривые распределения имеют две плохо выраженные моды в области 2–3 и 10–15 мкм и представляют собой наложение двух хорошо сортированных распределений. Глинистая толща имеет сетчатую текстуру, что обусловило характерную комковатую структуру отложений.

В составе глинистых минералов в отложениях разреза отмечено преобладание смешанно-слоистых (47.7–58.6%), а также иллит (19.9–33.9%), смектит (10.1–16.6%) и хлорит (3.7–6.8%). Присутствуют кварц (27.2–31.1% от общего состава), плагиоклазы (12.5–14%), калиевый полевой шпат (2.7–5.6%), Mg-кальцит (до 2.1%), высоко содержание опала (11.7–18.2%), в нижней части в отложениях встречен амфибол (до 3.3%).

Верхняя часть разреза вскрывает торфяник (инт. 0–1.0 м, включая очес до 0.3 м), образование которого началось на эродированной поверхности глин около 1340±40 л.н. (1260±40 кал.л.н.), ЛУ-7566.

Диатомовый анализ. В отложениях разреза обнаружено 114 видов и разновидностей пресноводных диатомовых водорослей. Основное разнообразие диатомовых формируют виды обрастания (55), меньше донных (43), слабо представлены

планктонные (13). В составе диатомей преобладают космополиты (63), меньше бореальных видов (26) и арктических (14). По отношению к pH среды преобладающей группой являются ацидофилы (38), циркумнейтральных видов и алкалифилов — по 32, по отношению к солености 57 видов — индиференты, 28 — галофобы и 11 — галофилы. Изменение содержания видов диатомей по разрезу позволило выделить 6 комплексов (рис. 3).

Комплекс 1 (инт. 2.0–2.6 м). В составе диатомей преобладают планктонные *Aulacoseira italica* (до 31%), *A. granulata* (до 22%), *A. distans* (до 13.5%) и бентосный вид *Stauroneis phoenicenteron* (до 15%). Здесь же отмечено высокое содержание характерных для болотных обстановок *Eunotiapraerupta* (до 12%), *E. incisa*, *E. monodon* (до 12%), *E. formica* (до 10%). В инт. 2.30–2.40 м верхней части интервала встречена *E. serra* (до 3.5%), вид, характерный для моховых болот [13]. В комплексе доминируют космополиты. По отношению к солености преобладают индиференты (до 79%), а по отношению к pH — циркумнейтральные виды (до 58%). Комплекс диатомей свидетельствует о существовании мелководного водоема с заболоченными берегами и прогрессирующем заболачивании. Отложения накапливались во второй половине

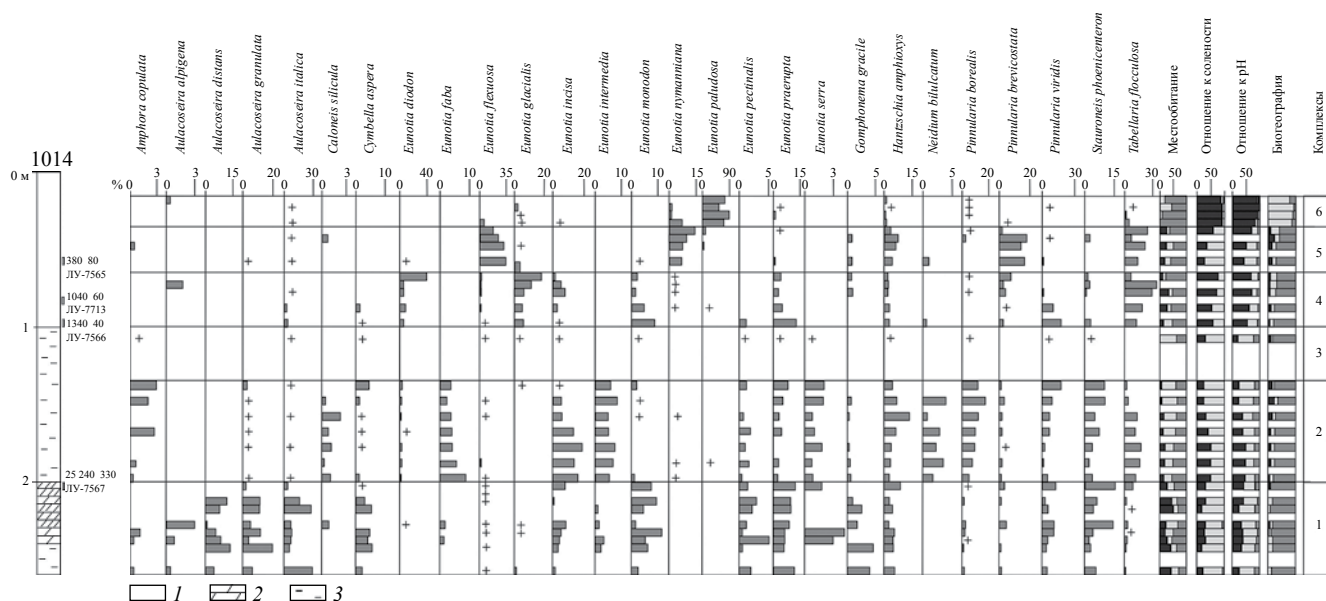


Рис. 3. Распределение диатомей в отложениях разреза 1014, краевая часть мари Сахалин, нижнее течение р. Бикин. Экологическая характеристика диатомей — местообитания: 1 — планктон, 2 — донные, 3 — обрастания; соленость: 1 — галофобы, 2 — индиференты; pH: 1 — ацидофилы, 2 — циркумнейтральные, 3 — алкалифилы; биогеография: 1 — арктические, 2 — бореальные, 3 — космополиты.

1 — торф, 2 — торфянистый алевроит, 3 — алевро-пелитовые отложения.

позднего плейстоцена (^{14}C -дата 25240 ± 330 л.н., 30140 ± 370 кал.л.н., ЛУ-7567).

Комплекс 2 (инт. 1.35–2.0 м). В нижней части интервала в составе диатомей преобладают виды обрастаний (до 54%), планктонные присутствуют единично. В состав доминирующего комплекса входят разнообразные виды рода *Eunotia* и *Tabellaria flocculosa* (до 18%), *Pinnularia borealis* (до 10%), *P. viridis* — виды, характерные для заболоченных мелководных водоемов. Вверх по разрезу увеличивается содержание *Pinnularia borealis* (до 19%) и *Eunotiapraerupta* (до 8.5%), показывающие снижение степени обводненности, уменьшается содержание видов рода *Eunotia* и видов, характерных для проточных вод. Увеличивается количество *Amphora copulata*, вида, характерного для литорали стоячих водоемов [13]. В целом, в комплексе увеличивается содержание арктических видов (до 24%). По отношению к pH в структуре комплекса в нижней части интервала преобладают ацидофилы (до 50%), в верхней части — количество ацидофилов снижается до 25%, преобладают циркумнейтральные виды (до 57%). По отношению к минерализации в верхней части комплекса доминируют галофобные виды (51%), в нижней — индифферентные (72%). Комплекс диатомей свидетельствует о развитии мелководного водоема с заболоченными берегами, вверх по разрезу степень заболоченности водоема снижается.

Комплекс 3 (инт. 1.0–1.35 м) — диатомей практически отсутствуют. В верхней части глинистой толщи встречено небольшое количество створок, относящихся к донным и видам обрастания. Доминируют индифференты, циркумнейтральные виды.

Комплекс 4 (инт. 0.65–1.0 м) выделен из нижней части торфяника. На фоне доминирования видов обрастания (до 77%) родов *Eunotia* и *Gomphonema*, увеличивается доля временно планктонного *Tabellaria flocculosa* (до 35%) и планктонных видов рода *Aulacoseira*, указывающих на высокую степень увлажнения торфяника и кислые условия. Увеличивается содержание бореальных видов. Торф формировался в малый оптимум голоцена (^{14}C -даты 1340 ± 40 л.н. 1260 ± 40 кал.л.н., ЛУ-7566, 1040 ± 60 л.н. 970 ± 70 кал.л.н., ЛУ-7713).

Комплекс 5 (инт. 0.35–0.65 м). Преобладают виды *Eunotia flexuosa* (до 35.7%), *E. nymanniana* и *Pinnularia brevicostata* (16.7%), сохраняется значительное количество временно планктонного *Tabellaria flocculosa* (до 25.9%). Увеличивается содержание арктических видов (до 17%). По отношению к солености доминируют индифференты (до 68%). Подобный комплекс свидетельствует о снижении

степени обводненности. Торф накапливался в малый ледниковый период (^{14}C -дата 380 ± 80 л.н. 420 ± 80 кал.л.н., ЛУ-7565).

Комплекс 6 (инт. 0–0.35 м). Абсолютное доминирование здесь имеет *Eunotia paludosa* (до 87%), а в поверхностной пробе увеличивается и количество *Chamaepinnulari* var. *hassiac* (до 15.4%), что свидетельствует о дальнейшем иссушении болота. Резко возрастает содержание бореальных видов, арктические диатомей практически исчезают.

Ботанический анализ органогенных отложений. В основании торфянистых алевроитов (инт. 2.3–2.4 м) преобладают остатки гипновых мхов (*Drepanoclauss* и др.), количество которых снижается вверх по разрезу (рис. 4). Среди остатков трав найдены хвощ, осоки, ежеголовник всплывающий (*Sparganium emersum*) и водное растение бразения Шребера (*Brasenia schreberi*). Встречены куски древесины и кора кустарниковой березы и ольхи, их количество увеличивается вверх по разрезу.

В инт. 2.25–2.3 м встречены древесина, кора и хвоя лиственницы даурской (20%). Появляются сфагновые мхи и хамедафне чашечная (*Chamaedaphne calyculata*). Обнаружено много крупных углистых частиц — остатки сгоревшей древесины.

Выше по разрезу (инт. 2.2–2.25 м) увеличивается содержание остатков кустарников (до 30%), наряду с древесиной и корой березы кустарниковой и хамедафне, встречены остатки *Brasenia schreberi*. Здесь также много крупных углистых частиц.

В инт. 2.1–2.2 м в составе растительных остатков появляются осоки (*Carex riparia*), увеличивается содержание гипновых (до 70%) и сфагновых мхов (5%). В основании встречены единичные остатки *Brasenia schreberi*.

В верхней части торфянистых алевроитов (инт. 2.1–2.0 м) резко возрастает содержание травянистых остатков (до 80%), присутствуют осоки (*Carex lasiocarpa*, *C. schmidtii*), появляется вейник Лангсдорфа (*Calamagrostis langsdorffii*), много хвоща и единично встречена пушица.

В основании торфяника (инт. 0.8–1.0 м) выходит хорошо разложившийся кустарниково-травяной и травяной торф, степень разложения снижается вверх по разрезу. Преобладают остатки осок (*Carex tenuiflora*, *C. schmidtii*) и хвоща, встречены также тростник, манник, в верхней части появляется пушица. Встречены остатки березы кустарниковой и ольхи, их количество снижается вверх по разрезу. По всему интервалу встречено много углей (до 10%), в верхней части интервала остатков кустарников нет, встречены только обгорелые фрагменты стволиков. Торфяник

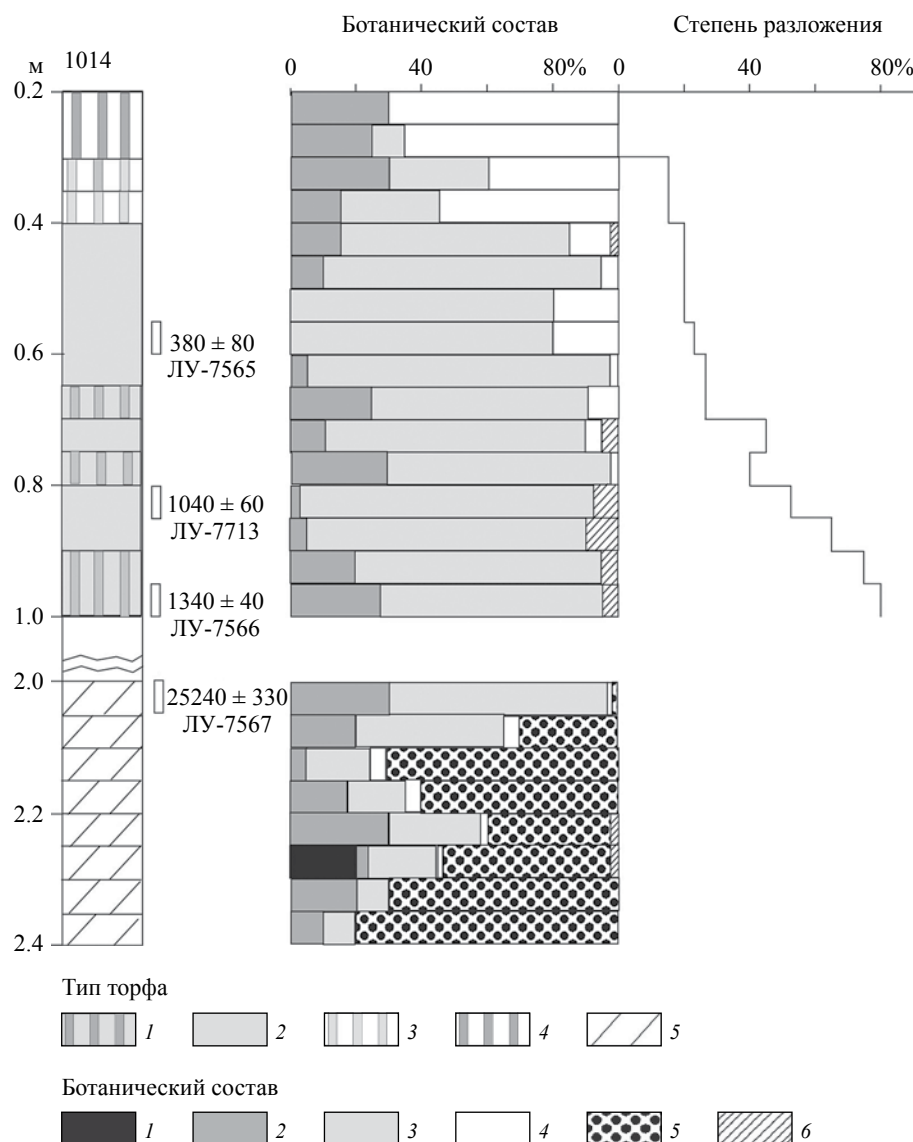


Рис. 4. Ботанический состав и степень разложения растительных остатков в отложениях разреза 1014, краевая часть мари Сахалин, нижнее течение р. Бикин.

Типы торфа в разрезе: 1 – кустарничково-травяной, 2 – травяной, 3 – травяно-сфагновый, 4 – кустарничково-сфагновый; 5 – торфянистый алеврит.

Ботанический состав растений-торфообразователей и угли: 1 – древесные, 2 – кустарнички, 3 – травы, 4 – сфагновые мхи, 5 – гипновые мхи, 6 – угли.

начал формироваться в малый оптимум голоцена (^{14}C -даты 1340 ± 40 л.н. 1260 ± 40 кал.л.н., ЛУ-7566, 1040 ± 60 л.н. 970 ± 70 кал.л.н., ЛУ-7713).

Среднеразложившийся торф в инт. 0.7–0.8 м сложен, в основном, остатками пушицы, много хвоща и осоки, встречен манник. Остатки кустарничков представлены хамедафне, встречается кустарниковая береза, появляются багульник и сфагновые мхи. В верхней части интервала найдено много углей.

В инт. 0.65–0.7 м выходит кустарничково-травяной торф с обилием остатков хамедафне (25%). Среди трав преобладают осоки (много *Carex middendorffii*), увеличивается содержание сфагновых мхов (*Sphagnum magellanicum*). Резко снижается степень разложения растительных остатков.

Выше по разрезу (инт. 0.6–0.65 м) в составе слабо разложившегося травяного торфа преобладает пушица влагалищная (*Eriophorum vaginatum*), единично встречены вейник и хвощ.

пород (до 32.6%) с преобладанием *Picea* и древовидных берез (до 43.6%) и сокращением участия широколиственных. Пик содержания пыльцы *Larix* обнаружен в горизонте, где много макроостатков лиственницы. В группе трав и кустарничков появляется пыльца *Ericaceae* и водных растений *Potamogeton*, *Trapa*. Среди спор доминирует *Sphagnum*, увеличивается содержание теплолюбивых папоротников *Osmunda*. Палиноспектры отражают развитие елово-пихтовой тайги и березовых лесов в условиях прогрессирующего похолодания (^{14}C -дата 25240 ± 330 л.н., 30140 ± 370 кал.л.н., ЛУ-7567).

Палинозона 3 (инт. 1.0–2.0 м) — резко сократилось содержание пыльцы трав и увеличилась доля спор. В группе пыльцы древесных пород доминируют темнохвойные (до 49.8%), главным образом, *Picea*, сократилось участие древовидных берез, очень мало широколиственных (0.2–2.8%), увеличилось содержание *Duschekia*. Существенные изменения произошли в составе пыльцы трав и кустарничков — резко увеличилось содержание *Ericaceae*, *Artemisia*, что свидетельствует о снижении увлажнения. Появилась пыльца *Onagraceae*. Важным представляется находка пыльцы ксерофита *Ephedra*. Резко уменьшилась доля таксонов, представителей влажных местообитаний, особенно *Suregadaeae*. Палиноспектры отражают широкое развитие в горах темнохвойной тайги. На мари были широко распространены лиственничники и кустарниковые сообщества — вересковые кустарнички и кустарниковая береза. На локальных переувлажненных участках рос *Myriophyllum*.

Палинозона 4 (инт. 0.75–1.0 м) выделена из подошвы торфяника и характеризуется преобладанием в группе пыльцы древесных пород *Pinus s/g Haploxylon*, что свидетельствует о широком распространении кедра корейского в лесной растительности. Резко сокращается содержание пыльцы темнохвойных, древовидных и кустарниковых берез. Найдена разнообразная пыльца широколиственных (*Phellodendron*, *Tilia*, *Quercus*, *Juglans*, *Carpinus*, *Corylus*). Увеличивается содержание пыльцы трав и кустарничков, преобладают таксоны, характерные для влажных местообитаний. Среди спор резко сократилось количество *Polypodiaceae*. Палиноспектры свидетельствуют о развитии в горах кедровников с участием темнохвойных, берез и широколиственных, на равнинных участках — обширной мари в малый оптимум голоцена (^{14}C -даты 1340 ± 40 л.н., 1260 ± 40 кал.л.н., ЛУ-7566, 1040 ± 60 л.н., 970 ± 70 кал.л.н., ЛУ-7713).

Палинозона 5 (инт. 0–0.75 м) — несколько снижается содержание пыльцы *Pinus s/g Haploxylon*,

увеличивается доля древовидных и кустарниковых берез. Содержание пыльцы широколиственных растет в кровле торфяника и очесе. В группе пыльцы трав и кустарничков снижается количество пыльцы *Suregadaeae*, увеличивается доля *Ericaceae*, что отражает тенденцию к уменьшению увлажнения мари.

Обсуждение результатов. Комплексное изучение отложений разнофациального разреза в краевой части обширной мари Сахалин позволяет охарактеризовать два крупных этапа в развитии ландшафтов предгорий Западного Сихотэ-Алиня: во вторую половину позднего плейстоцена и в конце позднего голоцена.

Отложения нижней части разреза накапливались в потепление с относительным увлажнением, предшествующего последней ледниковой эпохе. На территории Приморья это палеоклиматическое событие выделяется около 30–24 тыс. ^{14}C л.н. [18], на шельфе северо-западной части Японского моря — около 27.1–24.7 тыс. ^{14}C л.н. [30, 31]. Эту временную привязку подтверждает ^{14}C -дата 25240 ± 330 л.н. (30140 ± 370 кал.л.н., ЛУ-7567), полученная из кровли торфянистых алевроитов. В это время на месте мари существовало обширное мелководное евтрофное озеро с водной растительностью и заболоченными берегами. Озерная вода имела низкую минерализацию, величина pH была близка к нейтральной. В составе фитопланктона найдено 13 видов диатомей. Озеро было хорошо прогреваемым, в нем произрастала бразения Шребера, реликт южных субтропических флор, характерная для стоячих водоемов с глубинами до 3 м, с повышенным содержанием органических веществ и илистом дном [24]. Это растение исчезло из водоема к концу теплой фазы. В настоящее время ближайшее местонахождение этого вида отмечается в пойме нижнего течения р. Алчан и на юге Хабаровского края [24].

Постепенно происходило обмеление озера. Выделяется период, когда не было наводнений, режим в озере стал застойным, среди водной растительности были широко распространены рдест и водяной орех. В озере накапливались алевроитовые илы с большим содержанием органики.

По обрамлению озера существовало евтрофное гипновое болото с участием гипергидрофильных мхов рода *Drepanocladus*, в кустарниковом ярусе преобладали береза, ольха, жимолость, среди трав — хвощ, осоки, вахта трехлистная, ежеголовник всплывающий, характерные для сильно обводненных участков по берегам озер и протоков. Возможно, на мари встречались можжевельник и кедровый стланик. На дренируемых участках

могли существовать злаково-разнотравные луга с отдельно стоящими группами ивы, белой березы, лиственницы.

Болото прошло несколько стадий развития. Обмеление озера и снижение уровня грунтовых вод привело к развитию на мари, окружающей озеро, гипнового лиственничника из лиственницы даурской, южная граница современного ареала которой проходит в бассейне р. Большая Уссурка [12, 29]. В настоящее время зеленомошные лиственничники распространены в верхней части бассейна р. Бикин [2]. Исчезновение лиственничника по берегам озера и развитие кустарникового яруса могло быть связано с сильными пожарами. В кустарниковом ярусе была развита кустарниковая береза, появилась хамедафне чашечная, что характерно для послепожарных сукцессий на маревых болотах Приамурья [16]. В моховом покрове увеличивается участие сфагновых мхов. Дальнейшее проявление пирогенного фактора привело к сокращению кустарникового яруса на мари, угнетению мохового покрова и широкому развитию трав, главным образом, осок, хвоща, устойчивых к пирогенным нарушениям, появлению вейника и пушицы, которая также разрастается после пожаров [16, 23]. По-видимому, этот период характеризовался резкой сезонной дифференциацией по увлажнению — наряду с сильными наводнениями, следами которых является постоянное присутствие в отложениях крупных зерен кварца и диатомей-реофилов, были длительные сухие сезоны. Можно предположить, что было более интенсивное влияние сухих и теплых воздушных масс, проникавших из Маньчжурии и Северного Китая, что и в современных условиях в этом районе приводит к засушливости летнего сезона, иногда вплоть до августа [9]. В целом в потепление позднего плейстоцена, предшествующее последней ледниковой эпохе, климат был более континентальным, чем современный, с частыми грозами.

При климатических условиях теплее современных в низкогорье были распространены березовые (с преобладанием *Betula sect. Costatae* — каменная береза, желтая береза) и пихтово-еловые леса с участием широколиственных пород (ильм, дуб, орех, сирень, лещина), в подлеске был широко представлен бересклет. Присутствие пыльцы граба в пыльцевых спектрах объясняется ветровым заносом. В настоящее время его ареал ограничен самым югом Приморского края, но есть данные о его более северном распространении по сравнению с современными

условиями в потепления второй половины позднего плейстоцена [11]. Среди темнохвойных пород большую роль играла пихта. В долинных лесах было много ильма, ореха, ольхи, ивы. В травяном покрове лесов были распространены папоротники, в том числе *Osmunda*. В условиях снижения температурного фона (^{14}C -дата 25240 ± 330 л.н., 30140 ± 370 кал.л.н., ЛУ-7567) в долине и горах более широкое развитие получила пихтово-еловая тайга с преобладанием ели и сокращается участие широколиственных. Представляется важным обстоятельством изменение роли елей из разных секций. В позднем плейстоцене роль ели из секции *Eupicea* была значительно выше. Скорее всего, в долине Бикина были сплошные массивы из ели корейской. В доледниковую эпоху роль ели из секции *Eupicea* (аналоги современного вида *Picea koraiensis*) в растительности Приморского края была значительно выше по сравнению с современными условиями [11], что подтверждается и нашими данными.

Отложения глинистой толщи накапливались в холодных условиях, вероятно, в последнюю ледниковую эпоху. О переработке отложений в условиях развития многолетней мерзлоты свидетельствует характерная сетчатая текстура. В начале похолодания существовал мелководный водоем с водной растительностью, застойным режимом ($\text{pH} < 7$), с заболоченными берегами. Сильно сократилась роль планктонных диатомей. Озеро постепенно деградировало — отмечена тенденция к дальнейшему уменьшению глубины водоема вплоть до формирования слабо увлажненной поверхности — в отложениях практически нет диатомей. Увеличилась роль терригенной составляющей в отложениях с преобладанием более тонких фракций, что, скорее всего, было связано с усилением вклада нового источника материала. Можно предположить, что в условиях аридизации климата и усиления эоловых процессов [18] алевро-пелитовые фракции могли поступать за счет перевывания континентальных отложений в предгорьях Сихотэ-Алиня и за счет пыльных бурь, идущих с территории Китая и Монголии. Это предположение подтверждают и данные изучения гранулометрического состава глин, которые имеют кривые распределения фракций, сходные с материалом современных пыльных бурь на юге Приморья, приходящих из пустыни Гоби [10]. Известно, что лессовидные отложения этого возраста широко распространены на северо-востоке Китая [8]. Мощность этих отложений весьма значительна, например, в окрестностях г. Харбин (Хуаншань) она достигает 30 м [19]. Поля лессов тянутся полосой с запада на восток в сторону оз. Ханка

и бассейна р. Уссури [33]. Для Западного Приморья, в том числе в окрестностях пос. Лучегорск, выделяется толща бурых суглинков, которые формировались за счет эолового переноса в максимальную фазу похолодания позднего плейстоцена. Эти суглинки являются “влажными” эквивалентами лессов, причем материал поступал не из местных источников [21, 25]. По-видимому, такое же происхождение имеет материал, слагающий глинистую толщу изученного разреза. Высокое содержание пылцы полыни в отложениях глин также характерно для “бурых суглинков” Приморья [9, 21].

В последнюю ледниковую эпоху в предгорьях были распространены мари с лиственничниками с вересковыми кустарниками и кустарниковой березой. В кустарниковых группировках на дренируемых участках увеличилось количество ольховника. В голоценовой части разреза пыльца *Duschekia* не встречена. В начале данного этапа около озера существовали небольшие переувлажненные участки с гидрофильными растениями, включая вахту трехлистную, лютиковые и др. На суходольных лугах были распространены группировки с полынью, злаковыми, возможно, росла эфедра, требующая сухости воздуха [29]. Нельзя исключать, что пыльца *Ephedra* могла заноситься с материалом пыльных бурь [20]. На влажных участках росли кипрейные, гречишные.

В долине и на горных склонах отрогов Сихотэ-Алиня была развита темнохвойная тайга с доминированием ели (*Picea* sect. *Eupicea*), небольшие участки были заняты березовыми лесами. В подлеске и на осветленных участках росла лещина. Участие других широколиственных в лесной растительности незначительно, их пыльца могла переноситься ветром из южных районов. В долинных лесах были широко представлены ольха и ива.

Верхняя часть разреза, представленная торфяником, дает информацию о становлении современных ландшафтов в последние 1300 лет. Торфяник начал формироваться на эрозионной поверхности, выработанной в глинистой толще. Возможно, размыв отложений происходил за счет частых наводнений в первой половине субатлантики, что зафиксировано в разрезе отложений мари “Красный Яр”, в Среднебикинской впадине [27].

Торфонакопление началось в малый оптимум голоцена (^{14}C -дата 1340 ± 40 л.н., 1260 ± 40 кал.л.н., ЛУ-7566) в период снижения паводковой активности р. Бикин (следов сильных наводнений в разрезе не зафиксировано). На поверхности глин,

являющихся водоупором, возникло сильно увлажненное евтрофное хвощево-осоковое болото с отдельно стоящей лиственницей с березой, ольхой и вересковыми в кустарниковом ярусе. Вероятно, на мари существовали небольшие озерки ($\text{pH} < 7$). В условиях потепления и разной увлажненности по сезонам на мари часто проходили палы, в результате которых деградировал или почти исчезал кустарниковый ярус, а в составе трав наряду с осокой и хвощем появлялось много пушицы, что характерно для послепожарных сукцессий болот Приамурья [16]. Видимо, за счет частых пожаров скорости торфонакопления (0.5 мм/год) в краевой части мари Сахалин были ниже в два раза, чем на мари “Красный Яр” в Среднебикинской депрессии, хотя пирогенный фактор в этот период проявлялся и там.

В это время отроги Сихотэ-Алиня были заняты кедровыми, елово-кедровыми лесами с участием берез и широколиственных пород (дуб, липа, бархат, орех, лещина). Экспансия кедра корейского в бассейне Среднего Бикина произошла около $2725\text{--}2504 \text{ }^{14}\text{C}$ л.н. ($2860\text{--}2590$ кал.л.н.) [26, 27]. Возможно, в лесной растительности на склонах, окружающих Нижне-Бикинскую депрессию, кедр корейский стал широко распространенным также в начале субатлантики. Роль кедра корейского особенно увеличилась около $1040\text{--}908 \text{ }^{14}\text{C}$ л.н., $970\text{--}882$ кал.л.н. (XI–XII вв.), что совпадает с одной из кратковременных фаз максимального потепления, выделенной в бассейне р. Амур [14]. Увеличение роли кедра корейского в лесной растительности низкогорья в малый оптимум голоцена отмечено и для участка Среднего Бикина [26, 27]. Роль ели из секции *Eupicea* уменьшается и возрастает участие дуба в лесах на склонах.

В малый ледниковый период уменьшилось обводнение мари. В начале этого периода из состава растительности исчезли гипергидрофиты и болотное разнотравье. В кустарничково-травяном ярусе преобладали хамедафне, багульник, а также осоки, пушица, в том числе *Eriophorum polystachyon*. В моховом покрове постепенно увеличивалась роль сфагновых мхов. С похолоданием связано появление в растительном покрове печеночного мха *Myliaanomala*, арктобореального, циркумполярного вида [4], который часто встречается на современных верховых болотах на террасах Татарского пролива наряду с другими тундровыми элементами.

В начале малого ледникового периода (около $644\text{--}380 \text{ }^{14}\text{C}$ л.н., $640\text{--}420$ кал.л.н.) сильных наводнений не было, гидрологический режим мари был застойным. Скорости торфонакопления

несколько снизились (до 0.45 мм/год). Вторая половина малого ледникового периода (380–126¹⁴С л.н., 420–140 кал.л.н.) характеризовалась усилением паводковой активности и сильными наводнениями. Марь стала более обводненной, скорости торфонакопления резко возросли (до 0.71 мм/год). Увеличивается разнообразие травяного яруса, развитый кустарничковый ярус был представлен хамедафне и клюквой, также росла кустарниковая береза. Пик содержания пыльцы кустарниковой березы (¹⁴С-дата 380±80 л.н., 420±80 кал.л.н., ЛУ-7565) совпадает с одним из резких похолоданий малого ледникового периода XVII в. [3, 7, 14]. В составе диатомового комплекса увеличивается содержание арктических диатомей.

Последние 640 лет марь развивалась практически без воздействия пирогенного фактора, небольшой пожар, возможно, антропогенной природы, зафиксирован в конце XVIII в. В последние 150 лет на болоте стало суше, после выхода из поемного режима марь вступила в переходную к мезотрофной, а затем в мезотрофную стадию развития пушицево-сфагнового и кустарничково-сфагнового болота. Об увеличении роли атмосферного питания свидетельствует развитие мощного мохового покрова, состоящего в основном из сфагнума магелланского. В целом, развитие мари в позднем голоцене типично для заболоченных равнинных пространств бассейна р. Амур [23].

Растительность горных склонов, окружающих марь, слабо отреагировала на похолодание малого ледникового периода. Были распространены широколиственно-кедровые леса с участием берез.

Выводы. Охарактеризованы два крупных этапа развития ландшафтов предгорий Западного макросклона Сихотэ-Алиня в бассейне р. Бикин. Биотические компоненты ландшафтов, существовавших во время потепления предшествующей последней ледниковой эпохе, сильно отличались от позднеголоценовых, что объясняется большей континентальностью климата по сравнению с современным. Предполагается, что этот период характеризовался резкой сезонной дифференциацией по увлажнению – наряду с сильными наводнениями были длительные сухие сезоны. В Нижнебикинской впадине существовало большое мелководное хорошо прогреваемое озеро, где сохранялись третичные реликты (браzeria Шребера и водяной орех). Восстановлен ход развития болотных ландшафтов по обрамлению озера и обнаружены следы сильного пожара,

который привел к смене локальных растительных группировок.

В последнюю ледниковую эпоху была образована толща глин со следами криогенной переработки. В начале этой фазы осадконакопление шло в озерных обстановках, постепенно озеро деградировало, и верхняя часть отложений имеет большее сходство с “бурыми суглинками” Приморья. Предполагается, что основным источником терригенного материала был эоловый перенос. В это время в отрогах Сихотэ-Алиня была развита темнохвойная тайга с доминированием ели.

Торфяник в краевой части мари Сахалин сформирован на эрозионной поверхности в последние 1300 лет. В лесной растительности низкогогорья ведущую роль стал играть кедр корейский. Кедровники и елово-кедровые леса с участием широколиственных пород наиболее широкое распространение получили в малый оптимум голоцена. В условиях потепления и разной увлажненности по сезонам на развитие мари большое влияние оказывал пирогенный фактор. В результате частых палов на болоте существенно менялся состав кустарничково-травяного яруса.

Растительность горных отрогов слабо менялась в малый ледниковый период. Реакция болотных ландшафтов была более чувствительной. Пик содержания пыльцы кустарниковой березы совпадает с одним из резких похолоданий XVII в. В последние 150 лет марь вступила в переходную к мезотрофной, а затем в мезотрофную стадию развития, увеличилась роль атмосферного питания и в составе растений-торфообразователей большую роль стали играть сфагновые мхи. Последние 640 лет марь развивалась практически без воздействия пирогенного фактора, за исключением небольшого пожара, возможно, антропогенной природы, в конце XVIII в.

Благодарности. Авторы выражают благодарность Алисе и Степану Суляндзига (пос. Красный Яр) за помощь в организации экспедиционных работ и Н. П. Домре (БПИ ДВО РАН) за подготовку проб для спорово-пыльцевого анализа. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант 15-05-00171, и программы “Дальний Восток”, грант 15-1-6-097.

Acknowledgments. This study was supported by the Russian Foundation for Basic Research, project no. 15-05-00171 and the Program “Far East”, project no. 15-1-6-097. We are grateful to Alisa and Stepan Sulyandziga (settlement Krasnyi Yar) for their assistance in organization of expedition and to N. P. Domra (BSI FEB RAS) for preparation of samples for pollen analysis.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *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.
2. Атлас лесов Приморского края. Владивосток: ДВО РАН, 2005. 76 с.
3. *Базарова В.Б., Гребенникова Т.А., Орлова Л.А.* Динамика природной среды бассейна Амура в малый ледниковый период // География и природные ресурсы. 2014. № 3. С. 124–132.
4. *Бакалин В.А.* Флора и фитогеография печеночников (Marchantiophyta, Anthocerotophyta) Камчатки и прилегающих островов. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2009. 367 с.
5. *Белянин П.С.* Развитие геосистем бассейна реки Бикин (Дальний Восток) в среднем и позднем голоцене // География и природные ресурсы. 2013. № 1. С. 105–111.
6. *Белянина Н.И., Белянин П.С.* Эволюция растительности и климата в позднем неоплейстоцене и голоцене в бассейне р. Бикин // Актуальные проблемы палеогеографии и стратиграфии плейстоцена: Матер. Всерос. конф. “Марковские чтения 2015 года”. М.: Географический факультет Моск. ун-та, 2015. С. 26–28.
7. *Борисова О.К.* Ландшафтно-климатические изменения в голоцене // Изв. РАН. Сер. геогр. 2014. № 2. С. 5–20.
8. *Величко А.А.* Эволюционная география: проблемы и решения. М.: ГЕОС, 2012. 563 с.
9. *Ганзей Л.А.* Геоморфология Приморья. М.: Госгеолтехиздат, 1957. 133 с.
10. *Ганзей Л.А., Разжигаяева Н.Г.* Состав материала пыльных бурь на юге Дальнего Востока // Литология и полезные ископаемые. 2006. № 3. С. 242–249.
11. *Голубева Л.В., Караулова Л.П.* Растительность и климатостратиграфия плейстоцена и голоцена юга Дальнего Востока СССР. М.: Наука, 1983. 143 с.
12. *Гуков Г.В.* Лиственницы и лиственничные леса Российского Дальнего Востока. Владивосток: ГТС ДВО РАН, 2009. 350 с.
13. Диатомовые водоросли СССР: (ископаемые и современные). Л.: Наука, 1974. Т. 1. 400 с.
14. *Клименко В.В., Климанов В.А., Кожаринов А.В.* Динамика растительности и климата Амуро-Зейского междуречья в голоцене и прогноз их естественных изменений // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 2000. № 2. С. 42–50.
15. *Колесников Б.П.* Природное районирование Приморского края // Вопросы сельского и лесного хозяйства Дальнего Востока. 1956. Вып. 1. Владивосток. С. 5–16.
16. *Копотева Т.А., Купцова В.А.* Пирогенный фактор на маревых болотах Приамурья // Вестн. Северо-Восточного научного центра ДВО РАН. 2011. № 3. С. 37–41.
17. *Короткий А.М.* Палеогеоморфологический анализ рельефа и осадков горных стран (на примере Дальнего Востока). М.: Наука, 1983. 245 с.
18. *Короткий А.М., Гребенникова Т.А., Пушкарь В.С., Разжигаяева 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.
19. *Малаявкин А.Г.* Следы палеолита в оврагах Хунан-шань-я под Харбином // Записки общества естествоиспытателей и этнографов. 1946. № 3. С. 1–5.
20. *Мохова Л.М., Шляхова А.В.* Аэропалинологические спектры юга Дальнего Востока и их связь с поллинотами // Российский иммунологический журнал. 2008. Т. 2 (11). № 2–3. С. 220–221.
21. *Павлюткин Б.И.* Происхождение и возраст “бурых суглинков” Приморья // Плейстоценовое оледенение Востока Азии. Магадан: СВКНИИ ДВНЦ СССР, 1984. С. 193–202.
22. *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.
23. *Прозоров Ю.С.* Болота Нижнеамурских низменностей. Новосибирск: Наука, 1974. 211 с.
24. *Пшенникова Л.М.* Водные растения российского Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука, 2005. 106 с.
25. *Рященко Т.Г., Ухова Н.Н., Штельмах С.И., Белянина Н.И., Белянин П.С.* Гипотезы формирования бурых суглинков Приморья: ретроспектива и новый взгляд (Дальний Восток России) // Тихоокеанская геология. 2011. Т. 30. № 3. С. 80–92.
26. *Разжигаяева 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) // Тихоокеанская геология. 2016. № 5. С. 86–100.
27. *Разжигаяева 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 на основе данных по разрезу торфяника “Красный Яр” // Геофизические процессы и биосфера. 2016. № 3. С. 35–66.
28. *Старожилов В.Т.* Ландшафтная география Приморья. Владивосток: Изд. Дом ДВФУ, 2013. 276 с.
29. *Урусов В.М., Лобанова И.И., Варченко Л.И.* Хвойные Российского Дальнего Востока – ценные объекты изучения, охраны, разведения и использования. Владивосток: Дальнаука, 2007. 440 с.

30. Хершберг Л.Б., Рязанцев А.А., Михайлик Е.В., Чудаев О.В. Строение, разработка стратиграфической основы для проведения геологической съемки масштаба 1:200000 шельфовых областей Дальневосточных морей России // Тихоокеанская геология. 2010. Т. 29. № 6. С. 90–106.
31. Хершберг Л.Б., Михайлик Е.В., Пушкарь В.С., Вачаев Б.И. Строение, вещественный состав илистой толщи шельфа юга Приморья и перспективы ее освоения // Тихоокеанская геология. 2013. Т. 32. № 2. С. 90–99.
32. Экосистемы бассейна р. Бикин: среда, человек, управление. Владивосток: ДВО РАН, 1997. 176 с.
33. Muhs D. R. The geologic records of dust in the Quaternary // Aeolian Research. 2013. V. 9. P. 3–48.
34. Post J.E. and Bish D. L. Rietveld refinement of crystal structures using powder X-ray diffraction data // Reviews in Mineralogy and Geochemistry. 1989. V. 20. P. 277–308.
8. Velichko A.A. *Evolucionnaya geografiya: problemy i resheniya* [Evolutionary Geography: Problems and Solutions]. Moscow: GEOS Publ., 2012, 563p.
9. Ganeshin G.S. *Geomorfologiya Primorya* [Geomorphology of Primorye]. Moscow: Gosgeoltekhizdat Publ., 1957. 133 p.
10. Ganzey L.A., Razzhigaeva N.G. Composition of the material of dust storms in the south of the Far East. *Litologiya i poleznye iskopaemye*, 2006, no. 3, pp. 242–249. (In Russ.)
11. Golubeva L.V., Karaulova L.P. *Rastitel'nost' i klimatostratigrafiya pleistocena i holocena yuga Dal'nego Vostoka SSSR* [Vegetation and Climatostratigraphy of the Pleistocene and Holocene of the South Far East of the USSR]. Moscow: Nauka Publ., 1983, 143 p.
12. Gukov G.V. *Listvennicy i listvennichnye lesa Rossiyskogo Dal'nego Vostoka* [Larches and Larch Forests of the Russian Far East]. Vladivostok: GTS FEB RAS Publ., 2009, 350 p.
13. Diatomovye vodorosli SSSR (iskopaemye i sovremennye) [Diatoms of the USSR (fossil and modern)], Gleser S.I., et al., Eds. Leningrad: Nauka Publ., 1974, vol. 1. 400 p.
14. Klimenko V. V., Klimanov V.A., Kozharinov A.V. Dynamics of vegetation and climate of the Amur-Zeya interfluvium in the Holocene and forecast of their natural changes. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2000, no. 2, pp. 42–50. (In Russ.)
15. Kolesnikov B.P. Natural zoning of the Primorye Territory. In *Voprosy sel'skogo i lesnogo khozyaystva Dal'nego Vostoka* [Problems of agriculture and forestry in the Far East], vol. 1. Vladivostok, 1956, pp. 5–16. (In Russ.)
16. Kopoteva T.A., Kuptsova V.A. Fire in waterlogged open larch forests in the Amur R. area. *Vestn. Severo-Vostochnogo Nauch. Tsentra DVO RAN*, 2011, no. 3, pp. 37–41. (In Russ.)
17. Korotky A.M. *Paleogeomorfologicheskii analiz rel'efa i osadkov gornyh stran (na primere Dal'nego Vostoka)* [Paleogeomorphological Analysis of the Relief and Deposits of Mountain Countries (on the Example of the Far East)]. Moscow: Nauka Publ., 1983, 245 p.
18. Korotky A.M., Grebennikova T.A., Pushkar V.S., Razzhigaeva N.G., Volkov V.G., Ganzey L.A., Mokhova L.M., Bazarova V.B., Makarova T.R. Climatic changes of the territory of South Far East at Late Pleistocene-Holocene. *Vestn. DVO RAN*, 1997, no. 3, pp. 121–143. (In Russ.)
19. Malyavkin A.G. Traces of the Paleolithic in the ravines of Huangshan near Harbin. *Zapiski obshchestva estestvoispytatelei i etnografov*, 1946, no. 3, pp. 1–5. (In Russ.)
20. Mokhova L.M., Shlyakhova A.V. Aeropalynological spectra of the South Far East and their relationship with pollen zones. *Rossiiskii immunologicheskii zhurnal*, 2008, vol. 2 (11), no. 2–3, pp. 220–221. (In Russ.)
21. Pavlyutkin B.I. The origin and age of the “brown loams” of Primorye. In *Pleistocenovoe oledenenie Vostoka Azii*
1. Aleshinskaya Z.V., Bolikhovskaya N.S., Bolikhovskii V.F. Migration of altitudinal vegetation zones of middle Sikhote-Alin in the Holocene. *Dokl. Akad. Nauk SSSR*, 1980, vol. 254, no. 4, pp. 949–963. (In Russ.)
2. *Atlas lesov Primorskogo kraya* [The Atlas of Forests in Primorskii Krai], Krasnopeev S.M., Rozenberg V.A., Eds. Vladivostok: FEB RAS Publ., 2005, 76 p.
3. Bazarova V.B., Grebennikova T.A., Orlova L.A. Natural-environment dynamics within the Amur Basin during the Neoglacial. *Geogr. and Nat. Resour.*, 2014, no. 3, pp. 275–283.
4. Bakalin V.A. Flora i fitogeografiya pechenochnikov (Marchantiophyta, Anthocerotophyta) Kamchatki i prilgayusschikh ostrovov [Heptics (Marchantiophyta, Anthocerotophyta) Flora and Phytogeography of Kamchatka and Adjacent Islands], Krestov P.V., Ed. Moscow: KMK Publ., 2009, 367 p.
5. Belyanin P.S. Development of geosystems in the Bikin River basin (the Far East) in the Middle and Late Holocene. *Geogr. i Prirodnye Resursy*, 2013, no.1, pp. 105–111. (In Russ.)
6. Belyanina N.I., Belyanin P.S. Evolution of vegetation and climate in the Late Neopleistocene and Holocene in the Bikin River basin. In *Aktual'nye problemy paleogeografii i stratigrafii pleistocena: Materialy Vserossiyskoy konferentsii "Markovskie chteniya 2015 goda"* [Actual problems of the Pleistocene paleogeography and stratigraphy: Proceeding of “The Markov Readings in 2015 year” All-Russian Conference], Moscow: Geographical Department of MSU Publ., 2015, pp. 26–28. (In Russ.)
7. Borisova O.K. Landscape-climatic changes in the Holocene. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2014, no.2, pp. 5–20. (In Russ.)

REFERENCES

- [Pleistocene glaciation of the East of Asia]. Magadan: Far East Scientific Centre Academy of Sciences USSR, 1984, pp. 193–202. (In Russ.)
22. Panichev A.M., Pikunov D.G., Bocharnikov V.N., Seredkin V.I. Natural changes in plant and animal life in the Bikin River basin, connected with climatic factors. *Uspekhi Nauk o Zhizni*, 2012, no. 5, pp. 66–76. (In Russ.)
23. Prozorov Yu.S. *Bolota Nizhneamurskikh nizmennostei* [Swamps of the Lower Amur Lowlands]. Novosibirsk: Nauka Publ., 1974, 211 p.
24. Pshennikova L.M. *Vodnye rasteniya rossijskogo Dal'nego Vostoka* [Aquatic Plants of the Russian Far East]. Vladivostok: Dalnauka Publ., 2005, 106 p.
25. Ryashchenko T.G., Ukhova N.N., Shtelmah P.I., Belyanina N.I., Belyanin P.S. Hypotheses of the brown loam formation in the Primorye region (Russian Far East): hindsight and the new view. *Tikhookeanskaya geologiya*, 2011, vol. 30, no. 3, pp. 80–92. (In Russ.)
26. Razzhigaeva N.G., Ganzey L.A., Grebennikova T.A., Mokhova L.M., Panichev A.M., Kopoteva T.A., Arslanov Kh.A., Maksimov F.E., Starikova A.A., Krupskaya V.V. Paleoclimatic and paleolandscape records of Holocene deposits in the Bikin River midstream, Primorye. *Tikhookeanskaya geologiya*, 2016, vol. 35, no. 5, pp. 86–100. (In Russ.)
27. Razzhigaeva N.G., Ganzey L.A., Panichev A.M., Grebennikova T.A., Mokhova L.M., Kopoteva T.A., Kudryavtseva E.P., Arslanov Kh.A., Maksimov F.E., Starikova A.A., Zakusin S.V. Response of landscapes of Sikhote-Alin western slopes to middle-late holocene climatic changes. *Geofizicheskie processy i biosfera*, 2016, vol. 16, no. 3, pp. 35–66. (In Russ.)
28. Starozhilov V.T. *Landshaftnaya geografiya Primor'ya* [Landscape Geography of Primorye]. Vladivostok: FEPU Publ., 2013, 276 p.
29. Urusov V.M., Lobanova I.I., Varchenko L.I. *Hvoinye Rossijskogo Dal'nego Vostoka – tsennyye ob'ekty izucheniya, ohrany, razvedeniya i ispol'zovaniya* [Conifers of the Russian Far East – Important Objects of Study, Conservation, Growing and Use]. Vladivostok: Dalnauka Publ., 2007, 400 p.
30. Khersherberg L.B., Ryazantsev A.A., Mikhailik E.V., Chudaev O.V. Development of stratigraphic base for 1:200000-scale geologic survey of shelf areas of the Russian Far East seas. *Tikhookeanskaya geologiya*, 2010, vol. 29, no. 6, pp. 90–106. (In Russ.)
31. Khersherberg L.B., Mikhailik E.V., Pushkar V.S., Vechayev B.I. Structure, material composition of the Ilistaya series, the South Primorye shelf, and its potential exploration. *Tikhookeanskaya geologiya*, 2013, vol. 32, no. 2, pp. 90–99. (In Russ.)
32. *Ekosistemy basseina reki Bikin: sreda, chelovek, upravlenie* [Ecosystems of the Bikin River Basin: Environment, Human, Management], Zolotukhin S.F., Ed. Vladivostok: DVO RAN Publ., 1997, 176 p.
33. Muhs D.R. The geologic records of dust in the Quaternary. *Aeolian Research*, 2013, vol. 9, pp. 3–48.
34. Post J.E., Bish D.L. Rietveld refinement of crystal structures using powder X-ray diffraction data. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 1989, vol. 20, pp. 277–308.