

Васьковское болото как природный архив изменений среды Сихотэ-Алинского биосферного района в позднем голоцене

Надежда Глебовна РАЗЖИГАЕВА¹
доктор географических наук, главный научный сотрудник
nadyar@tigdvo.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7936-1797>

Лариса Анатольевна ГАНЗЕЙ¹
кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник
lganzev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2538-6603>

Татьяна Афанасьевна ГРЕБЕННИКОВА¹
кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник
tagrebennikova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5805-391X>

Людмила Михайловна МОХОВА¹
научный сотрудник
tigpaleo@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0396-4756>

Павел Сергеевич БЕЛЯНИН¹
кандидат географических наук, старший научный сотрудник
pavelbels@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5759-9363>

Екатерина Петровна КУДРЯВЦЕВА¹
старший научный сотрудник
katya@tigdvo.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4135-8300>

Евгений Александрович ШЕКМАН¹
научный сотрудник
shekman.e@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2298-463X>

Татьяна Андреевна КОПОТЕВА²
кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
kopoteva@ivep.as.khb.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4824-9959>

Михаил Анатольевич КЛИМИН²
кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник
m_klimin@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1329-5437>

¹ФГБУН Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, Россия

²ФГБУН Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск, Россия

Аннотация. На основе биостратиграфических анализов (ботанический, диатомовый, спорово-пыльцевой) выделены этапы развития биотических компонентов болотного массива и окружающих горных склонов за последние 5120 кал. лет. Изученный разрез находится в верхней части болотного массива пади Васькова, в истоках ручья, впадающего в оз. Васьковское, на берегу которого расположена научно-экспериментальная станция «Смычка» ТИГ ДВО РАН. Возраст палеоландшафтных смен определен по модели «глубина-возраст» на основе радиоуглеродного датирования. При оценке проявления наводнений использована величина зольности торфа. Проанализирован ход короткопериодных разнонаправленных климатических изменений, влиявших на развитие и смену растительности периферийной части биосферного района вблизи морского побережья. Большое влияние на развитие биотических компонентов оказывало изменение температурного фона, а также увлажнение, связанное с интенсивностью летнего муссона и активностью циклогенеза. Выделены периоды обводнения и относительного иссушения болотного массива, развивавшегося в условиях контрастных сезонных изменений. Установлены периоды, благоприятные для развития неморальных лесов, распространения кедра корейского и темнохвойных. Наиболее активное распространение темнохвойных лесов и кедра корейского на окружающих склонах наблюдалось в малый ледниковый период, оказавший большое влияние на становление современных ландшафтов. С 2900 кал. л.н. большую роль в развитии ландшафтов стал играть пирогенный фактор, что способствовало развитию вторичных березовых лесов. Предполагается, что пожары в основном имели антропогенную природу. Обнаружены палинологические признаки присутствия древнего человека. Отмечена тенденция к снижению увлажнения Васьковского болота и частоты наводнений за последние 200 кал. лет. Снижение доли пыльцы темнохвойных в конце XIX–XX в., вероятно, фиксирует вырубку при освоении района со времен переселенцев и организации горнорудного производства. По присутствию морских диатомей, перенесенных в виде морских биоаэрозолей, выявлены периоды усиления ветровой и штормовой активности, проявлявшиеся в похолодания.

Ключевые слова: биотические компоненты, климатические изменения, антропогенное влияние, пожары, НЭБ «Смычка»

Для цитирования: Разжигает Н.Г., Ганзей Л.А., Гребенникова Т.А., Мохова Л.М., Белянин П.С., Кудрявцева Е.П., Шекман Е.А., Копотева Т.А., Климин М.А. Васьковское болото как природный архив изменений среды Сихотэ-Алинского биосферного района в позднем голоцене // Тихоокеанская география. 2025. № 3. С. 44–64. https://doi.org/10.35735/26870509_2025_23_4.

Original article

Vaskovskoye Peatland as a natural archive of environmental changes in the Sikhote-Alin Biosphere Region in the late Holocene

Nadezhda G. RAZJIGAEVA¹

Doctor of Geographical Sciences, Chief research associate
nadyar@tigdvo.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7936-1797>

Larisa A. GANZEY¹

Candidate of Geographical Sciences, Leading research associate
lganzev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2538-6603>

Tatiana A. GREBENNIKOVA¹

Candidate of Geographical Sciences, Leading research associate
tagrebennikova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5805-391X>

Ludmila M. MOKHOVA¹
Research associate
tigpaleo@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0396-4756>

Pavel S. BELYANIN¹
Candidate of Geographical Sciences, Senior research associate
pavelbels@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5759-9363>

Ekaterina P. KUDRYAVTSEVA¹
Senior research associate
katya@tigdvo.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4135-8300>

Evgeny A. SHEKMAN¹
Research associate
shekman.e@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2298-463X>

Tatiana A. KOPOTEVA²
Candidate of Biological Sciences, Senior research associate
kopoteva@ivep.as.khb.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4824-9959>

Mikhail A. KLIMIN²
Candidate of Biological Sciences, Leading research associate
m_klimin@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1329-5437>

¹Pacific Geographical Institute FEB RAS, Vladivostok, Russia

²Institute of Water and Evological Problems FEB RAS, Vladivostok, Russia

Abstract. On the basis of biostratigraphic analyses (botanical, diatom, pollen) the stages of development of biotic components of the peatland and surrounding mountain slopes for the last 5120 cal. years have been identified. The studied section is located in the upper portion of the Vaskova Valley peatland, in the headwaters of the stream flowing into Vaskovskoye Lake, on the shore of which the Smychka Research and Experimental Station of the PGI FEB RAS is located. The age of paleolandscape shifts was determined by the depth-age model based on radiocarbon dating. The value of ash content was used to assess the occurrence of floods. The course of short-term climatic changes that influenced the development of vegetation within the peripheral part of the Biosphere Region near the sea coast was analyzed. The development of biotic components was greatly influenced by changes in the temperature background, as well as moistening associated with the intensity of the summer monsoon and the activity of cyclogenesis. Periods of watering and relative drying of the swamp massif, which developed under conditions of contrasting seasonal changes, were identified. Periods favorable for the development of nemoral forests, the spread of Korean pine and dark conifers were revealed. The most active spread of dark coniferous forests and Korean pine on the surrounding slopes was observed during the Little Ice Age, which had a great influence on the formation of modern landscapes. From 2899 cal. yr BP, the pyrogenic factor began to play a major role in the development of landscapes, which contributed to the formation of secondary birch forests. It is assumed that the fires were mainly anthropogenic. Pollen records of ancient human presence have been found. Over the last 200 cal. years, a tendency of decreasing moistening of the Vaskovskoye Peatland was noted, and the frequency of floods became lower. Reduce in the dark conifer pollen at the end of the XIX-XX century probably records felling during the development of the area since the time of settlers and the mining. The presence of marine diatoms, transported by marine bioaerosols, revealed periods of strong winds and high storm activity, manifested in coolings.

Keywords: biotic components, climatic changes, anthropogenic impact, fires, Smychka Scientific Station

For citation: Razjigaeva N.G., Ganzey L.A., Grebennikova T.A., Mokhova L.M., Belyanin P.S., Kudryavtseva E.P., Shekman E.A., Kopoteva T.A., Klimin M.A. Vaskovskoye Peatland as a natural archive of environmental changes in the Sikhote-Alin Biosphere Region in the late Holocene. *Pacific Geography*. 2025;(3):44-64. (In Russ.). https://doi.org/10.35735/26870509_2025_23_4.

Введение

При изучении современного состояния геосистем, выявлении унаследованных характеристик их биотических компонентов от прошлых эпох и оценки трансформации в ходе освоения территорий важной задачей является выяснение их развития в позднем голоцене. Одним из ведущих факторов, определяющих эволюцию геосистем в последние тысячелетия, были разнонаправленные короткопериодные климатические изменения, которые важно учитывать при разработке сценариев их развития в будущем в условиях современной климатической нестабильности с трендом в сторону потепления. Такие исследования имеют высокую актуальность для биосферных районов, где одной из задач мониторинга является оценка фоновое состояния природных компонентов [1, 2]. Выбор в качестве объекта исследований Васьковского болота, расположенного в долине ручья, впадающего в одноименное озеро, связан с расположением на его северном берегу научно-экспериментальной базы «Смычка» ТИГ ДВО РАН. Стационар находится в периферийной части Сихотэ-Алинского биосферного района, здесь более 50 лет проводятся исследования эколого-геохимического состояния разноранговых геосистем, находящихся в зоне загрязнения горнорудного производства [3]. Сихотэ-Алинь, в том числе его центральная часть, имеет высокий потенциал с позиций «зеленого развития» [4], поэтому изучение динамики биотических компонентов под действием природных факторов является одной из ступеней для понимания устойчивости геосистем и оценки уровней их допустимого изменения. Целью статьи является определение реакции биотических компонентов на разнонаправленные изменения климата, выделение этапов развития ландшафтов болотного массива и низкогорья под действием природных и антропогенных факторов. Работы такого плана выполнены для ядра биосферного района – Сихотэ-Алинского биосферного заповедника, где проведены реконструкции развития ландшафтов среднегорья (абс. высоты 500–700 м) на основе изучения отложений Солонцовских озер [5–7]. В буферной зоне изучены разрезы торфяника в приустьевой зоне р. Опричнинка [8] и палеоозера на побережье бух. Лангоу I в 17 и 8 км к северу от бух. Рудная [9]. Изучение Васьковского болота позволяет восстановить развитие биотических компонентов низкогорья, расположенного около морского побережья в непосредственной близости от НЭС «Смычка», где выполняется геосистемный мониторинг.

Материалы и методы

Изученный разрез находится ($44^{\circ}17'53.71''$ с.ш., $135^{\circ}48'33.26''$ в.д.) в верхней части болотного массива Пади Васькова (абс. высота 55 м) (рис. 1), где проведено бурение с помощью ручного бура Инсторфа. Мощность торфа составляла 135 см, органоминерального слоя – 5 см. На краю болота было также опробовано естественное обнажение этого же торфяника ($44^{\circ}17'50.83''$ с.ш., $135^{\circ}48'28.18''$ в.д.), вскрытого временным водотоком. Здесь маломощный торф (22 см) залегает на погребенной почве и суглинке с дресвой (общая мощность 85 см). Шаг опробования 5 см.

Биостратиграфические анализы (диатомовый, ботанический и спорово-пыльцевой) выполнены по стандартным методикам. Подсчитана концентрация створок диатомей в 1 г воздушно-сухого осадка. При проведении ботанического анализа фиксировались находки древесного угля и раковинных амеб. Расчет пыльцы и спор проводился по группам: древесные породы (AP), травы и кустарнички (NAP) и споры. Диаграммы построены в программе Tilia v. 2.0.41, выделение зон проведено с помощью CONISS [10]. Определена зольность торфа (ГОСТ 11306-83).

Возраст палеоландшафтных смен определен согласно возрастной модели, построенной по программе Bacon 2.2 [11] на основе данных радиоуглеродного датирования (Институт наук о Земле СПбГУ, г. Санкт-Петербург). Модель построена на основании четы-

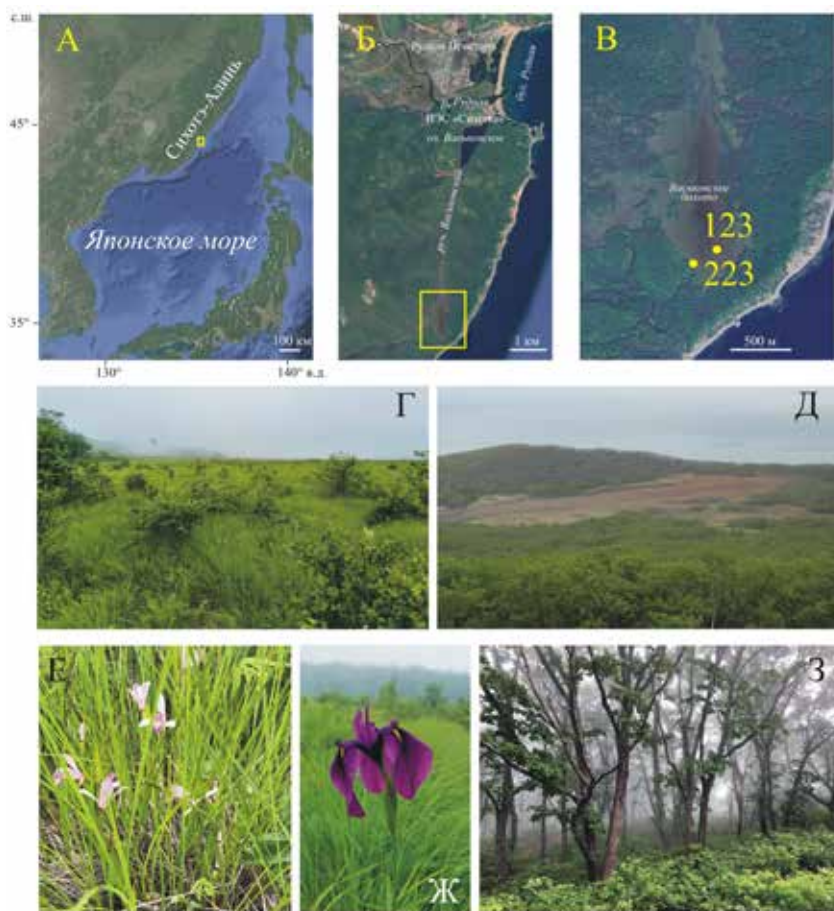


Рис. 1. Район работ: А – положение участка работ в Япономорском регионе, Б – район работ и положение НЭС «Смычка», В – Васьковское болото и положение изученных разрезов; Г, Д – Васьковское болото; Е – погония японская (*Pogonia japonica*); Ж – касатик мечевидный (*Iris ensata*); 3 – дубовый лес в обрамлении болота (правый борт пади Васькова)

Fig. 1. Study area: А – location of the study area within Japan Sea region; Б – the study area and location of Smychka Scientific Station; В – Vaskovskoye Peatland and location of the studied sections; Г, Д – Vaskovskoye Peatland; Е – *Pogonia japonica*; , Ж – *Iris ensata*; 3 – oak forest near the peatland (right side of the Vaskov Valley)

Таблица 1

Радиоуглеродный и календарный возраст отложений Васьковского болота
Table 1. Radiocarbon and calendar age of Vaskovskoye Peatland sequence

Номер пробы	Глубина, м	Материал	Радиоуглеродный возраст, лет	Календарный возраст, кал. лет (2σ)	Лаб. номер, ЛУ-
9/123	0.40–0.45	Торф	1520 ± 70	1420 ± 70	11290
16/123	0.75–0.80	– “ –	1260 ± 60	1180 ± 70	11291
19/123	0.90–0.95	– “ –	2000 ± 70	1940 ± 100	11292
23/123	1.10–1.15	– “ –	3280 ± 80	3520 ± 90	11293
3/223	0.42–0.47	Почва	4240 ± 60	4760 ± 90	11294

рех ^{14}C -датировок, включая дату из разреза 223 из погребенной почвы (рис. 2). Верхняя ^{14}C -дата (ЛУ-11290) рассматривается как удревленная, возможно, за счет переноса по водоносному горизонту вод, обогащенных древним углеродом. Такая ситуация могла наблюдаться в малый ледниковый период на контакте сезонно-мерзлого слоя с нижележащим. По модели возраст датированного слоя торфа оценивается 650–560 кал. л.н. Калибровка радиоуглеродных дат (табл. 1) проведена по программе OxCal 4.4.1 с использованием калибровочной кривой “IntCal 20” [12]. Возраст приведен в календарных значениях.

Краткая характеристика района исследований

Болото расположено в верховьях пади Васькова на уплощенной поверхности, слабонаклонной к северу (уклон 0.65°), где берет начало ручей. Ширина болотного массива до 430 м, длина около 900 м, площадь водосбора 2.99 км². На этом участке при абразионном подрезании побережья произошла перестройка речной сети меридионального направления за счет перехвата стока субширотным низкопорядковым водотоком, впадающим в море южнее [13]. На болоте в осевой части хорошо выражены более обводненные зоны стока, которые дают начало ручью в пади Васькова. В верхней краевой части болота происходит сток вод с обводненного торфянистого горизонта через временный водоток в долину ручья Быстрый, подрезавшего болотный массив с юго-запада. В гидрологическом режиме пади Васькова установлена роль «дрен» – линейных форм организации подповерхностного склонового стока в рыхлом субстрате [14]. Такие формы в отсутствии постоянных и временных водотоков, стекающих со склонов, могут играть большую роль в водном питании болота. Хребет, который отделяет болото от моря, имеет высоту до 256 м, с запада примыкает среднегорье с высотами до 535.8 м (г. Камни).

Климат муссонный с чертами континентальности, среднегодовая t составляет 3.8°C , средняя t января -11.6°C , августа $+18.4^\circ\text{C}$. Абсолютный максимум $+37.8^\circ$ наблюдался в июле 1958 г., минимум (-30.1°C) – в декабре 1937 г. Среднегодовое количество осадков 785 мм, наибольшее (до 132 мм) выпадает в сентябре, минимум наблюдается в январе–феврале (14 мм), максимум 174.5 мм зарегистрирован в августе 1972 г. Преобладающее направление ветра западное (повторяемость 42 %) (www.primgidromet.ru/rudnaya-pristan/?ysclid=m8dy08fjgl75944698).

Современная растительность Васьковского болота характеризуется богатым видовым составом. Болото травяное, с кустарниками и участками сфагновых мхов, относится к низинному типу. Группы невысоких деревьев (до 3 м высотой) сочетаются с мокрыми осоковыми кочкарными участками. Из деревьев преобладает ольха пушистая (*Alnus hirsuta*) – отмечается ее сухостой, местами до 10 %, встречается береза белая (*Betula plathyphylla*), а по краю – ясень маньчжурский (*Fraxinus mandshurica*). Разнообразен видовой состав кустарников, они с небольшим обилием встречаются на болоте повсеместно: береза овальнолистная (*Betula ovalifolia*), ивы черничная и коротконожковая (*Salix myrtilloides*, *S. brachypoda*), голубика (*Vaccinium uliginosum*), распростертой формы не выше 15–20 см, плодоносящая, редко встречается среди осоковых кочек. По краю болота изредка встречается жимолость голубая (*Lonicera caerulea*). Основной фон дают осоки, доминирующей является осока дернистая (*Carex cespitosa*) при участии осоки Мейера (*Carex meyeriana*) преимущественно по краям болота. Отмечаются другие болотные виды с разной степенью обилия: зюзник блестящий (*Lycopus lucidus*), белокрыльник болотный (*Calla palustris*), триостренник болотный (*Triglochin palustre*), дербенник иволистный (*Lytrum salicaria*), белозор болотный (*Parnassia palustri*), соссурея амурская (*Saussurea amurensis*), лабазник дланевидный (*Filipendula palmate*), кровохлебка мелкоцветковая (*Sanguisorba parviflora*), лобелия сидячелистная (*Lobelia sessilifolia*), телиптерис телиптерисовидный (*Thelypteris palustris*), вахта трехлистная (*Menyanthes trifoliata*), росянка круглолистная (*Drosera rotundifolia*), пузырчатка малая (*Utricularia minor*), омфалотрикс длинноножковый (*Omphalotrix longipes*),

пушица Комарова (*Eriophorum komarovii*), хвощи полевой и лесной (*Equisetum arvense*, *E. sylvaticum*), мытник крупноцветковый (*Pedicularis grandiflora*), наумбургия (кизляк) кистецветковая (*Naumburgia thyrsofolia*), не редкость дерен шведский (*Chamaepericlymenum suecicum*), единично тростник южный (*Phragmites australis*) и вех ядовитый (*Cicuta virosa*). Обнаружены краснокнижные виды: погония японская (*Pogonia japonica*) и касатик мечевидный (*Iris ensata*) (см. рис. 1, Е, Ж). В межкочечных понижениях развиты мхи: обычными являются *Polytrichum commune*, *P. strictum*, *Climacium dendroides*, *Callierginella cuspidata*. Выявлено 3 вида сфагновых мхов: *Sphagnum inundatum*, *S. squarrosum*, *S. subtile*. Васьковское болото находится в окружении дубовых и вторичных белоберезовых лесов. С восточной стороны, более сухой, преобладают дубовые лесопедецевые леса. С западной стороны, более увлажненной, наблюдается чередование полос дубовых папоротниковых и белоберезовых папоротниковых лесов с покровом из орляка и осмунды.

Результаты

Возрастная модель, скорости торфонакопления, зольность торфа. Согласно модели «возраст-глубина» палеоландшафтная запись, запечатленная в разрезе Васьковского болота, охватывает ~5120 кал. лет (рис. 2). Торф начал накапливаться с 4870 кал. л.н. в условиях перехода к потеплению и увеличению увлажнения [15]. Скорости торфонакопления на начальном этапе были низкими (0.13–0.17 мм/год), в период с 1850 по 1160 кал. л.н. возросли от 0.20–0.22 до 0.38 мм/год, а со средневекового климатического оптимума достигли 0.56–0.59 мм/год, максимальные (1.7 мм/год) наблюдались с начала XX в.

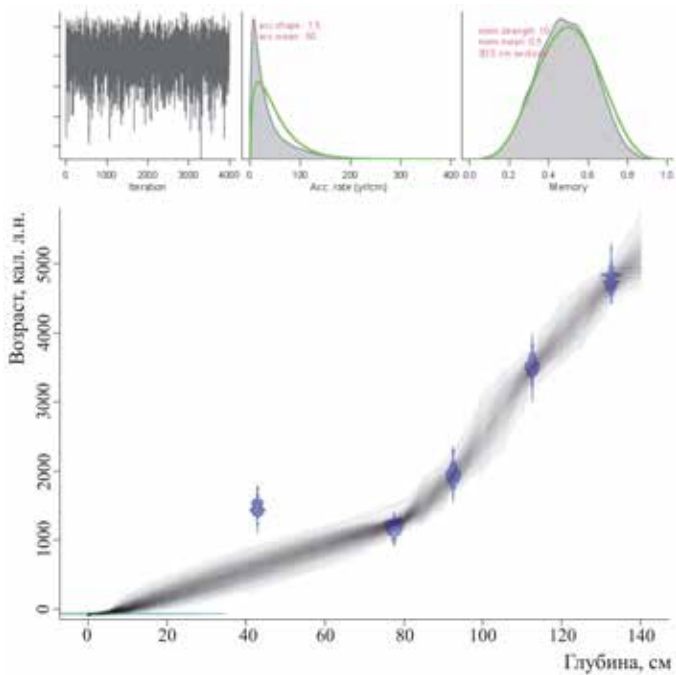


Рис. 2. Возрастная модель для разреза Васьковского болота. Голубым цветом показаны ¹⁴C-даты со стандартными отклонениями, серая кривая отражает 95 % доверительный интервал

Fig. 2. Age-depth model for Vaskovskoye Peatland section. ¹⁴C dates with standard deviations are shown in blue, the gray curve shows the 95 % confidence interval

Величина зольности торфа в основном отражает поступление минеральной примеси за счет плоскостного смыва во время сильных ливней. В основании разреза зольность торфа более высокая. Максимум терригенной примеси (35.3 %) отмечен в торфе, который накапливался 3970–3660 кал. л.н. После 3130 кал. л.н. ее поступление снижалось, минимальные содержания наблюдаются в торфе, образованном 2750–880 кал. л.н. и с 255 кал. л.н. – до второй половины XX в. В конце средневекового оптимума и в малом ледниковом периоде (790–340 кал. л.н.) вынос терригенного материала на болото был более интенсивным (зольность 16–18 %).

Фазы развития болота. Залежь осокового болота низинного типа

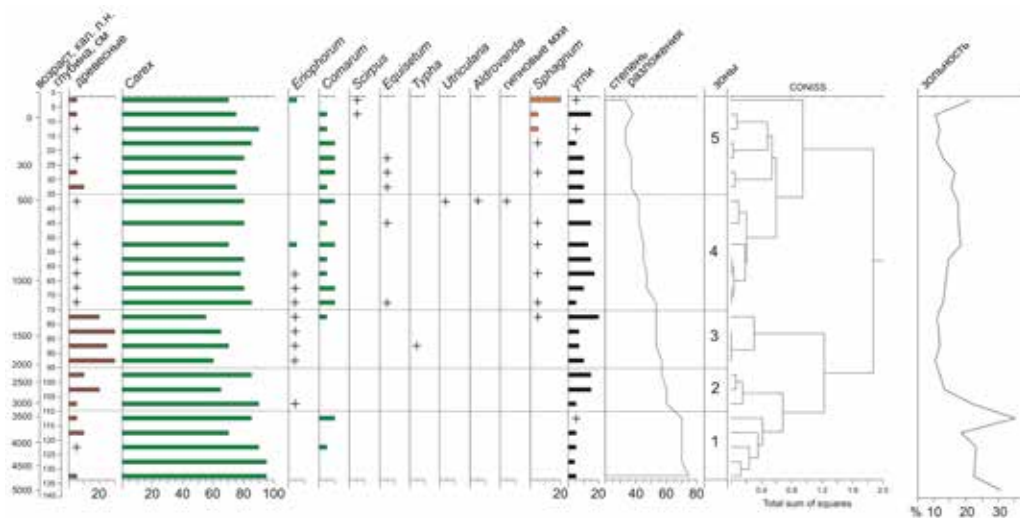


Рис. 3. Ботанический состав, степень разложения и зольность торфа, наличие углей в разрезе Васьковского болота

Fig. 3. Botanical composition, decomposition rate, and ash content of peat and the presence of coals in the Vaskovskoye Peatland section

(рис. 3) развивалась в условиях избыточного слабоминерализованного грунтового питания с переменным режимом. На протяжении всего развития основным доминантом и, следовательно, основным торфообразующим видом являлась осока дернистая (*Carex cespitosa*), кочкообразующий вид (до 50 см), обладающий большой подземной продуктивностью и весьма широкой экологической пластичностью. Ботанический анализ растительных остатков позволил выделить 5 стадий развития болота:

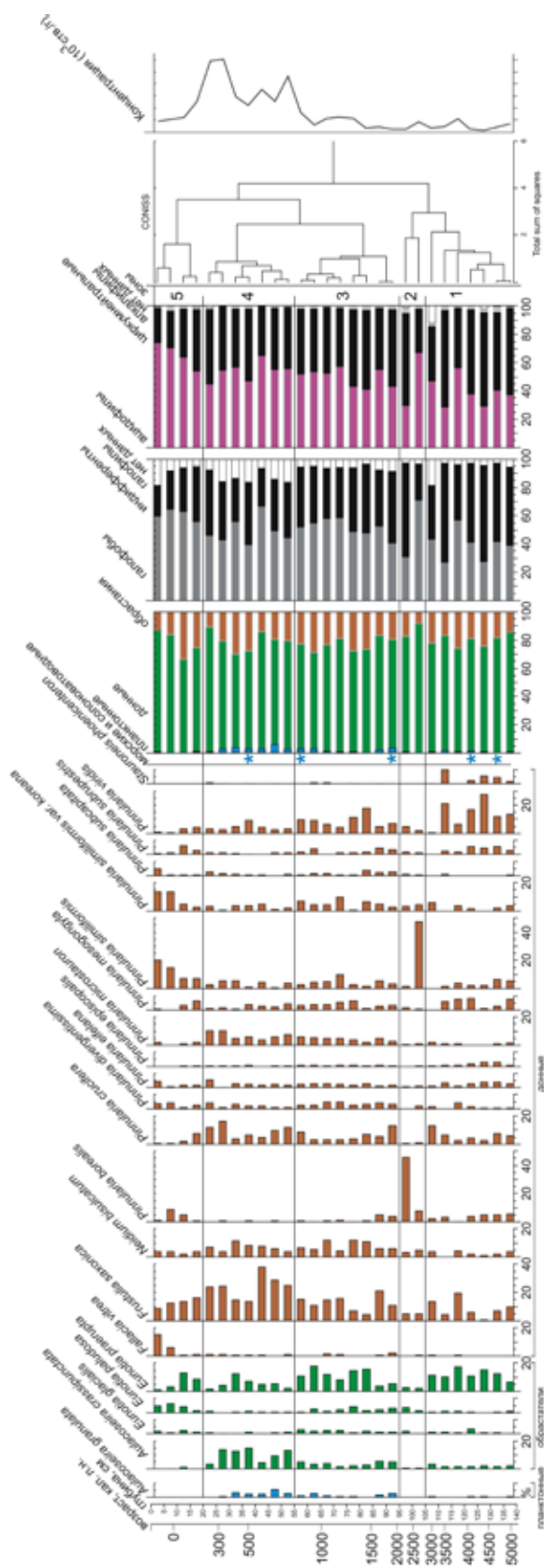
4870–3290 кал. л.н. существовало осоковое болото, наряду с *Carex cespitosa* (до 80 %) среди основных торфообразующих видов были *C. vesicata* (до 20 %), *C. tenuiflora* (единично) и сабельник болотный (*Comarum palustre*). Древесно-кустарниковый ярус был представлен ольхой и кустарниковой березой (*Betula ovalifolia*). В каждой пробе отмечены угли (до 5 %).

3290–2120 кал. л.н. среди осок появляется осока придатковая (*C. appendiculata*) и пушица, которая является признаком пирогенных сукцессий [16]. Повышается и количество угля (до 15 %). С 2900 кал. л.н. начинается зарастание болота. Увеличивается количество древесных остатков, преобладает кустарниковая береза. Возможно, стало суше.

2120–1180 кал. л.н. начал накапливаться древесно-осоковый торф. Болото стало зарастать преимущественно березами (*Betula ovalifolia*, *B. platyphylla*) и ольхой. В травяном ярусе появляется рогоз (1780–1540 кал. л.н.). Пожары происходили постоянно, наиболее сильные были 1310–1180 кал. л.н. Появление в верхней части гигрофильного сфагнума (*Sphagnum orientale*), характерного для влажных или погруженных в воду местообитаний, говорит об увеличении увлажнения ~1310 кал. л.н. Среди трав вновь появился сабельник болотный.

1180–470 кал. л.н. Гидрологический режим стал более контрастным. Об этом свидетельствует периодическое появление/отсутствие следов сфагнума, а также присутствие гидрофитов: пузырчатки средней (*Utricularia intermedia*), альдрованды пузырчатой (семя *Aldrovanda vesiculosa*) и зеленого мха. Увеличивается участие сабельника болотного. Степень разложения торфа снижается, торф становится более рыхлым.

В последние 470 кал. л. стал более развит древесный ярус (березы, ольха), среди трав появился хвощ речной (*Equisetum fluviatile*). В последние десятилетия на болоте получила распространение пушица рыжеватая (*Eriophorum russeolum*) и камыш озерный (*Scirpus*



lacustris). С середины XIX в. появилось много сфагновых мхов: *S. orientale*, распространенного дальневосточного вида мокрых низинных болот со слабо минерализованным питанием, также найдены остатки *S. palustre* и *S. divinum*. В кровле торфяника встречена раковинная амеба – сфагнофил *Centropyxis aculeata*.

Динамика обстановок осадконакопления по данным диатомового анализа. В отложениях разреза определено 129 таксонов пресноводных диатомей. По количеству видов (69) и содержанию створок преобладают донные формы, встречено 55 таксонов обрастателей (до 28.9 %) и в небольшом количестве (≤ 5.6 %) планктонные (4 таксона). По отношению к местообитанию преобладают озерно-болотные виды, наиболее богато представлены роды *Pinnularia* (34 таксона) и *Eunotia* (26). Выделено 5 стадий развития болотных обстановок (рис. 4).

5120–2900 кал. л.н.
(зона 1) развитие болота происходило в хорошо увлажненных условиях. Доминируют населяющие, главным образом, мелководные дистрофные водоемы и мхи: обрастатель *Eunotia praerupta* [17], донные *Frustulia saxonica* и *Pinnularia viridis*. Из донных первый вид характерен для омбротрофных торфяников [18] и распространен в северных регионах и в Центральной Европе [19]; второй – населяет олиго- и мезотрофные водоемы с пониженным и средним

содержанием электролитов и близкой к нейтральной pH [20]. Наиболее высокое содержание *Pinnularia viridis* (до 27.8 %) фиксируется на глубинах 125–130 и 110–115 см (4570–4270; 3660–3290 кал. л.н.). Здесь же повышается содержание литорального *Stauroneis phoenicenteron*, характерного для олиготрофно-мезотрофных водоемов, *Rhopalodia gibberula* [20] и обычных для проточных вод *Epithemia turgida*, *Ulnaria ulna* и др., что указывает на прохождение частых наводнений. Максимальное их количество (до 11.9 %) отмечено в слое торфа с высокой зольностью (3660–3290 кал. л.н.). Концентрация створок диатомей в этих отложениях менее 900 тыс./г сухого осадка, тогда как в подстилающем и перекрывающем торфе более 1–2 млн/г. В кровле слоя значительно повышается содержание характерного для мелководных олиготрофных водоемов донного *Pinnularia crucifera* [21]. Доля почвенных видов снижается вверх по разрезу от 7.9 (5120–3970 кал. л.н.) до 1 % (3970–2900 кал. л.н.). Подобные изменения в составе руководящих видов диатомей показывают небольшие вариации увлажнения болотного массива. Встречены солоноватоводный бентосный *Cocconeis scutellum* (4870–4570 кал. л.н.) и фрагмент пелагического *Coscinodiscus* sp. (4170–3970 кал. л.н.), которые заносились с морскими аэрозолями в сильные шторма.

2900–2120 кал. л.н. (зона 2) произошло значительное снижение увлажненности болота и развитие почвенных процессов. В подошве слоя (2900–2520 кал. л.н.) доминирует аэрофил *Pinnularia similiformis*, характерный для олиготрофных, богатых кислородом болотных вод [21]. В кровле (2520–2120 кал. л.н.) отмечен пик содержания характерного для почв *P. borealis*. Концентрация диатомей снижается до 450 тыс./г.

2120–830 кал. л.н. (зона 3) состав диатомей показывает постепенное повышение обводненности болота. Вверх по разрезу уменьшается доля диатомей (от 36 до 18 %), способных обитать на сухих местах. Концентрация диатомей увеличивается от 466–813 тыс./г до 2.5–3.3 млн/г. В основании зоны 3 (2120–1540 кал. л.н.) доминируют *Frustulia saxonica*, *Pinnularia crucifera*, заметно участие эпифита *Aulacoseira crassipunctata*, характерного для мелководных олиготрофных кислых водоемов с высокой концентрацией питательных веществ и гуминовых кислот [22]. Выше по разрезу (1540–1180 кал. л.н.) доминируют *Frustulia saxonica*, *Eunotia praeurupta*, *Pinnularia viridis* и *Neidium bisulcatum*, космополит, распространенный в северных и горных водоемах [19]. В подошве и кровле интервала регулярно встречаются озерно-реофильные планктонные виды (*Aulacoseira italica*, *A. subarctica*), обрастатели (*Epithemia adnata*, *Ulnaria ulna*, *Rhopalodia gibberula* и др.), указывающие на влияние проточных вод. Их содержание резко снижается в инт. 65–85 см (1540–1010 кал. л.н.), что говорит о снижении повторяемости наводнений. Встречены *Cocconeis californica* (2120–1780 кал. л.н.) и солоноватоводные *Cocconeis scutellum*, *Cosmioneis pussila* (920–830 кал. л.н.).

830–200 кал. л.н. (зона 4) существовало хорошо обводненное болото. Доля диатомей, населяющих слабо влажные или временно сухие места снижается до 10.4 %, а концентрация створок повышается до 12.2 млн/г. Ядро зоны представляют *Frustulia saxonica*, *Aulacoseira crassipunctata*, *Neidium bisulcatum*, *Pinnularia crucifera* и *P. microstauron*, характерный для олиготрофных болот и свидетельствующий об усилении атмосферного питания. Существенно повышается содержание видов, обитающих в проточных водах (*Aulacoseira italica*, *A. subarctica*, *Epithemia adnata*, *Cymbella aspera*, *Cymboplectra naviculiformis* и др.). Максимум зафиксирован в инт. 45–50 см (730–650 кал. л.н.), в кровле их количество снижается. С 650 кал. л.н. увеличилось количество арктобореальных диатомей. Встречен солоноватоводный бентосный *Mastogloia lacustris* (560–470 кал. л.н.).

Последние 200 лет (зона 5) развивалось умеренно увлажненное болото с тенденцией к снижению увлажнения. Об этом свидетельствует падение концентраций створок от 5.1 до 1.8 млн/г. В нижней части интервала появляются *Cavinula variostrata*, *Eunotia lapponica*, характерные для дистрофных болот со сфагновыми мхами. Доля диатомей, способных обитать на временно сухих местах вверх по разрезу повышается от 25.2 до 68.1 %. В XIX–XX вв. произошла смена доминант (*Pinnularia similiformis*, *P. similiformis* var. *koreana*) и

увеличилась доля почвенных видов: *P. borealis*, *Humidophila contenta* и *P. obscura*, толерантных к низкой степени увлажнения, а также *Eunotia paludosa*, вида, хорошо переносящего высыхание поверхности [18, 23]. Эти признаки указывают на развитие почвенных процессов. Последние десятилетия в состав доминирующих видов входит *Fallacia vitrea*, населяющий дистрофные сфагновые болота, появляется *Chamaepinnularia mediocris*, оба вида характерны для сильно кислых условий [19]. Резко повышается количество ацидофилов (до 74 %).

Динамика растительности по данным спорово-пыльцевого анализа. Палиноспектры включают большое количество пыльцы трав и древесных, что отражает развитие как местной болотной растительности, так и лесной на окружающих склонах. Обращает внимание высокое содержание пыльцы хвойных (в сумме 32.6 %) в поверхностной пробе, ближайшие посадки расположены на хребтах в ~20 км от болота, это следует учитывать при реконструкциях. В отдельных слоях торфа и в кровле встречено много спор, количество их сильно возрастает в слоях с обилием угля. Выделено 8 фаз развития растительности (рис. 5).

5120–4270 кал. л.н. (зона 1). В низкогорье были распространены полидоминантные широколиственные леса с преобладанием дуба, участием лещины, липы, берез. В долинных лесах было много ильма и ореха. Пыльца граба и сосны густоцветковой рассматривается как аллохтонная, занесенная с юга. В начале позднего голоцена граб принимал участие в лесах в районе бух. Кит и устья р. Киевка (оз. Латвия) в 170–240 км южнее [24, 25]. Пыльца кедра корейского и темнохвойных видов в основном заносилась со среднегорья,

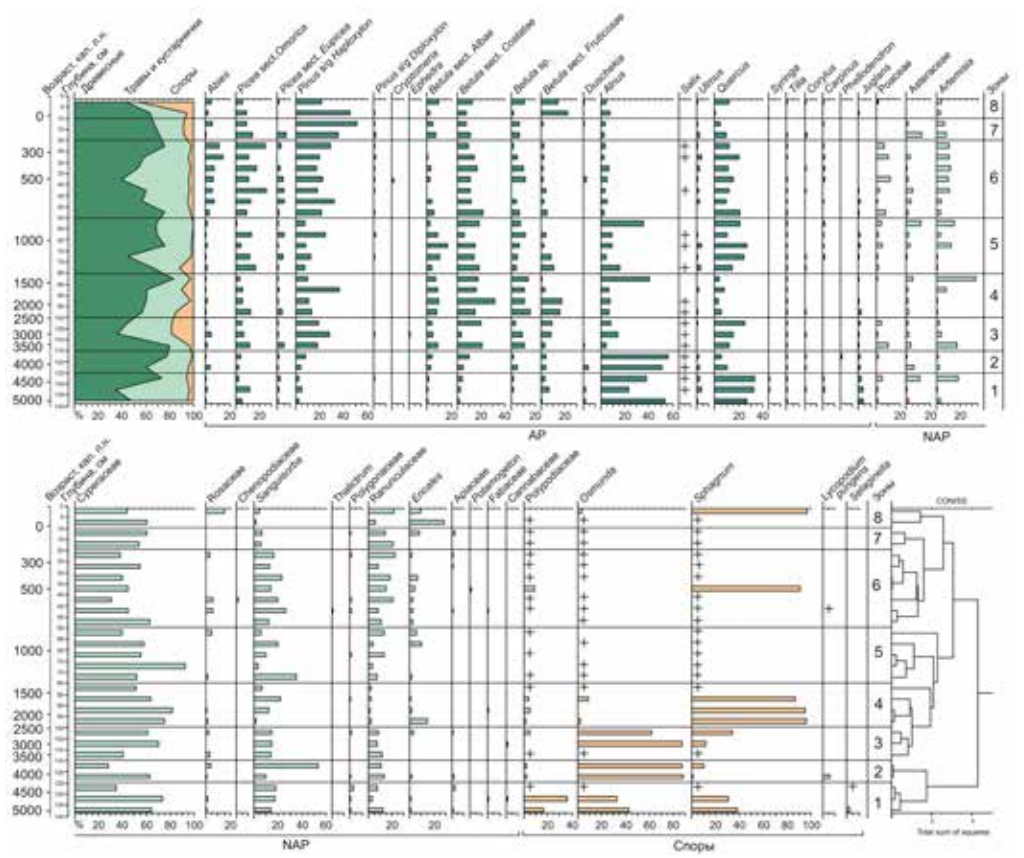


Рис. 5. Спорово-пыльцевая диаграмма для отложений Васьковского болота

Fig. 5. Pollen diagram for Vaskovskoye Peatland section

удаленного от побережья, возможно, с главного водораздела Сихотэ-Алиня. В краевой части болотного массива было много ольхи (встречаются пыльники) и росли папоротники. На болоте получили распространение сфагновые мхи. Разнотравье было представлено кровохлебкой, лютиковыми, зонтичными, гречишными, розоцветными, астровыми и злаками. Возможно, часть пыльцы разнотравья переносится с лесного покрова склонов. На скалах был развит плаунок наскальный. Находка пыльцы конопли (4870–4570 кал. л.н.) в сочетании с бобовыми, возможно, является свидетельством антропогенного влияния.

4270–3620 кал. л.н. (зона 2) началось зарастание болота ольхой. В лесной растительности на склонах к концу этапа увеличилась роль кедра корейского и берез. Количество пыльцы широколиственных снизилось, появилась пыльца бархата. Находка спор плауна сомнительного (*Lycopodium pungens*), лесного вида, растущего в северных регионах, возможно, является сигналом похолодания 4270–3970 кал. л.н.

3660–2520 кал. л.н. (зона 3) в условиях прогрессирующего похолодания в лесах стало больше кедр корейского и ели. На ближайших склонах стали распространены кедрово-широколиственные леса. Пик пыльцы *Picea* показывает, что ельники расширили площади в условиях повышения увлажнения в начале фазы (3660–3290 кал. л.н.). В палиноспектрах увеличилось количество спор – в обрамлении болота образовались густые заросли чистотела (*Osmunda*), моховой ярус был представлен сфагновыми мхами. В инт. 105–110 см обнаружена пыльца *Ephedra* (3290–2900 кал. л.н.), которая является аллохтонной. Маловероятно, что ее источником могли быть малые по площади насаждения в Приморье [26]. Находки пыльцы конопли (3290–2900 кал. л.н.) могут быть сигналом присутствия человека.

2520–1310 кал. л.н. (зона 4). Частые пожары привели к распространению берез на близлежащих склонах. Разнообразие пыльцы широколиственных снизилось, меньше переносилось и пыльцы граба. Пик содержаний пыльцы *Pinus s/g Haploxylon* отражает более широкое развитие кедрово-широколиственных лесов в первую половину похолодания 1780–1540 кал. л.н. На болоте стала более распространена береза овальнолистная и сфагновые мхи. В основании интервала найдены спорангии *Lycopodium pungens*. О зарастании болота кустарниками в более сухой период (1540–1310 кал. л.н.) свидетельствует резкое увеличение доли пыльцы ольхи и обилие пыльцы полыни.

1310–830 кал. л.н. (зона 5). При увеличении увлажнения в горах более широкое распространение получили темнохвойные, а с 1009 кал. л.н. и кедрово-широколиственные леса. Низкогорье в средневековый климатический оптимум занимали преимущественно дубовые леса. В конце периода (920–830 кал. л.н.) стало суше – в палиноспектрах появилось много пыльцы ольхи и полыни, болото стало зарастать вересковыми кустарниками.

830–200 кал. л.н. (зона 6) в растительности низкогорья существенно увеличивалась роль кедр корейского и темнохвойных, включая пихту. Причем участие кедр в горной растительности возросло (до 32.5 %) на рубеже средневекового оптимума и малого ледникового периода (790–700 кал. л.н.), а пихты резко увеличилось (до 14.8 %) во второй половине малого ледникового периода (380–290 кал. л.н.), возможно, она росла на ближайших склонах. Количество пыльцы широколиственных резко снижается в торфе, образовавшемся в малом ледниковом периоде (с 730 кал. л.н.). Наличие пыльцы рдеста (*Potamogeton*), водного растения, позволяет говорить, что 560–470 кал. л.н. на болоте существовали небольшие озера. Увеличилось количество аллохтонной пыльцы граба, найдена также пыльца криптомерии (560–470 кал. л.н.) и подокарпуса, которая переносилась с юга Японских островов или Южного Китая.

200 кал. л.н. – начало XX в. (зона 7) несколько снижается участие темнохвойных видов на ближайшем горном обрамлении, возможно, за счет вырубок. Широкое распространение получил кедр корейский, ближайшие склоны покрывали кедрово-широколиственные леса с разнотравным покровом. В начале XX в. (зона 8) в горах было много кедр, роль которого в последние десятилетия существенно снизилась. В кровле увеличилось количество пыльцы дуба, что отвечает широкому развитию вторичных дубняков с участками, занятыми березой.

Обсуждение результатов

Реакция биотических компонентов на климатические изменения. Полученные данные показывают, что биотические компоненты ландшафтов периферийной зоны Сихотэ-Алинского биосферного района чутко реагировали на короткопериодные разнонаправленные климатические изменения за последние 5120 кал. лет. Наряду с температурными колебаниями большое влияние на их развитие оказывало изменение увлажнения. Свидетельствами обводнения болота в позднем голоцене является увеличение концентраций створок диатомей, рост содержания планктона, а прохождения частых сильных ливней и наводнений – высокая зольность торфа и наличие видов, характерных для текущих вод (рис. 6). «Сухие» периоды фиксируются в разрезе торфяника увеличением остатков древесных пород и ростом содержания пыльцы полыни, ольхи и других кустарников, показателей зарастания болота, а также появления и развития почвенных и других видов диатомей, толерантных к осушению поверхности.

Многопородные широколиственные леса, реликты лесной растительности оптимума голоцена [15], существовали здесь и в потепление в начале позднего голоцена. Кедр корейский и темнохвойные леса, скорее всего, находились на главном водоразделе Сихотэ-Алиния в поясе среднегорья на большом удалении от побережья. Распространение кедра корейского и ели произошло при снижении температурного фона ~3660 кал. л.н. (рис. 6) и последующем прогрессирующем похолодании, сопоставимым с глобальным событием 2800–2600 кал. л.н. [27], хорошо проявившемся на юге Дальнего Востока [28]. Около 3650–3310 кал. л.н. в среднегорье в «ядре» биосферного района снизилось участие широколиственных, холодный сигнал – пик содержания арктобореальных диатомей – выделен в развитии оз. Изюбриное [6].

Фаза активизации наводнений 3660–3290 кал. л.н., зафиксированная в разрезе изученного торфяника по резкому увеличению зольности и пику содержания диатомей, типичных для текущих вод, не имеет палеоаналогов на юге Приморья. Возможно, повышение связано с активизацией «ныряющих» и западных циклонов [29]. В начале фазы увеличивалась активность теплых течений, что могло сыграть определенную роль в перемещении воздушных масс, обогащенных влагой, с моря на континент. Возможно, увеличивалась интенсивность внутритропического циклогенеза.

Как и на северо-востоке Китая [30], в Приморье похолодание началось около 2900 кал. л.н. [28]. На Японских островах выделяется latest Jomon Stage (2820–2350 кал. л.н.), в начале которой климат был самым холодным с оптимума голоцена [31]. Временные границы глобального похолодания совпадают с хорошо выраженным длительным минимумом солнечной активности [32]. Понижение среднегодовой температуры оценивается на 1.5–2 °C ниже современной, уменьшение годовых сумм осадков – на 50–100 мм [33]. Похолодание сопровождалось снижением интенсивности летнего муссона [34, 35]. Именно в это время, с 2900 кал. л.н., начинается активное зарастание Васьковского болота кустарниками, в том числе березой овалолистной. В лесной растительности увеличилась роль берез. Большую роль в снижении увлажнения играло уменьшение интенсивности циклогенеза, связанного с падением температуры поверхности Тихого океана в западной части тропической зоны [36], а также активизация Эль-Ниньо [37].

Данные по Гренландии показывают, что в это похолодание влияние Сибирского антициклона усиливалось [38], но его мода смещалась на запад, и влияние на Дальний Восток снижалось [28]. Обычно в таких условиях повторяемость циклонов возрастает, но их интенсивность снижается [39]. В это время струйное течение (Westerly Jet) смещалось к северу [40], в этих условиях при перестройке зимней циркуляции к летней континентальные циклоны стали более активными. Это объясняет привнос пыльцы хвойника из внутренних частей континента, что зафиксировано в разрезе торфяника Васьковского болота 3290–2900 кал. л.н. Пыльца хвойника заносилась 2960–2200 кал. л.н. и на Южные Курилы.

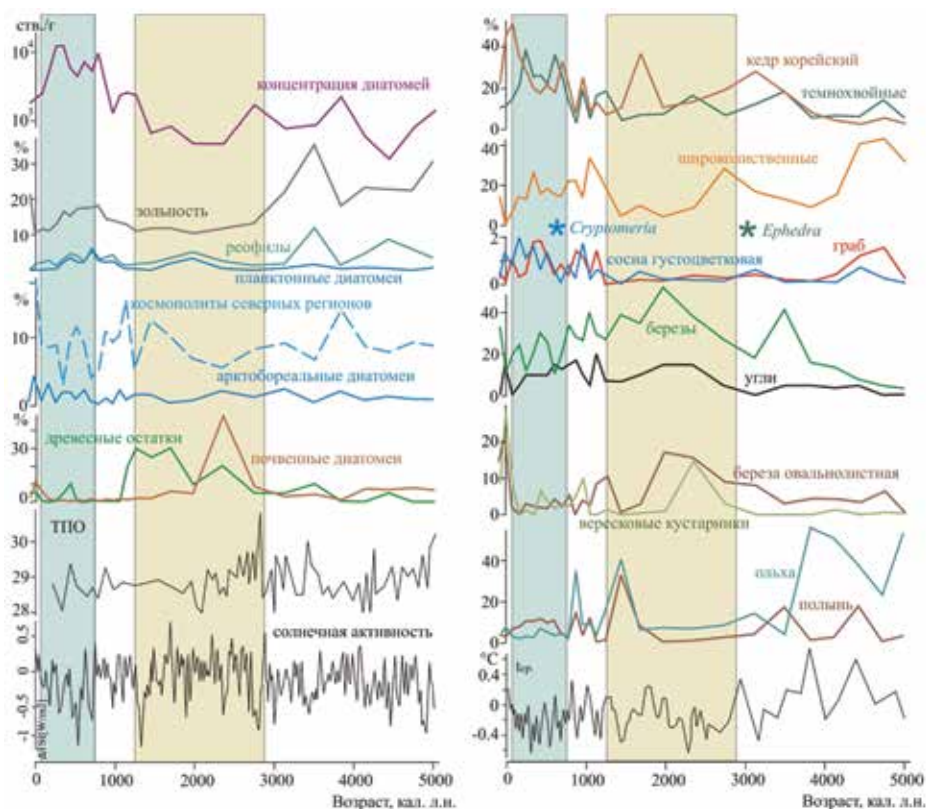


Рис. 6. Изменение биотических компонентов геосистем в районе Васьковского болота в позднем голоцене (данные диатомового, спорово-пыльцевого и ботанического анализов) в сравнении с данными по Солнечной активности [32], изменениям ТПО в тропической зоне Тихого океана [36] и аномалиями температуры северного полушария (от средней за 1951–1980 гг.) [33]. Желтым полем показан период снижения интенсивности летнего муссона, синим – малый ледниковый период

Fig. 6. Change of biotic geosystem components of Vaskovskoe peatland area at Late Holocene (diatom, pollen and botanical data) in comparison with data on solar activity [32], SST in the tropical Pacific Ocean [36], and Northern Hemisphere temperature anomalies (from the average for 1951–1980) [33]. The yellow field shows the period of low intensity of the summer monsoon, while the blue field shows the Little Ice Age

По данным, полученным для бух. Лангоу I, реконструируемые температуры достигли минимума (~1 °C ниже современного) около 2280 кал. л.н. [9]. Для изученного разреза Васьковского болота ~2356 кал. л.н. зафиксирован пик содержаний арктобореальных диатомей.

Относительно сухие условия на Васьковском болоте наблюдались вплоть до малого средневекового климатического оптимума. На болоте стал хорошо развит кустарниковый ярус. Пик содержания почвенных диатомей говорит о развитии длительных сухих сезонов в низкогорье 2520–2120 кал. л.н. (рис. 6). В это время снизился поток солнечной радиации [32] и резко уменьшилась температура поверхности океана (ТПО) на западе тропической зоны Пацифики [36], снизилась интенсивность тропических циклонов. С 2270 кал. л.н. произошли резкие изменения в развитии Солонцовских озер (обмеление, сокращение площади, зарастание) [6].

В периферийной зоне района постоянно происходили пожары, особенно активизировавшиеся в сухие сезоны 2520–1780 кал. л.н., с чем связано и развитие березовых лесов на ближайших склонах. Поэтому в разрезе Васьковского болота не зафиксирована реакция биотических компонентов на короткопериодную климатическую ритмику, например, кратковременное потепление ~2280–2110 кал. л.н., проявленное в «ядре» биосферного рай-

она, где в лесной растительности отмечено более широкое развитие неморальных видов [5].

В среднегорье смена хвойно-широколиственного леса кедровниками произошла ~2050 кал. л.н. [5]. В низкогорье в районе бух. Лангоу I более широкое развитие кедра отмечено с 2100 кал. л.н. В районе Васьковского болота более позднее распространение кедра (1780–1540 кал. л.н.) произошло при снижении интенсивности пожаров (рис. 6).

В районе Солонцовских озер наиболее ярко похолодание, сопровождавшееся сокращением количества атмосферных осадков, проявилось ~1500–1440 кал. л.н. [7], что сопоставляется с окончанием глобального холодного события (1650–1450 кал. л.н.), характеризовавшегося в Азии иссушением [27, 33]. В это время (1600–1300 кал. л.н.) зафиксировано ослабление летнего муссона [41].

Данные по Васьковскому торфянику показали, что увеличение увлажнения началось ~1310 кал. л.н. при перестройке климатической системы на потепление. В этих условиях на болоте образовался сфагновый покров, несмотря на то, что его развитию препятствовали частые пожары. Увеличились скорости торфонакопления. Полученные данные хорошо совпадают с ранее полученными результатами: обводнение оз. Изюбрины Солонцы произошло 1280 кал. л.н. [6]. Усиление речного стока 1100–700 кал. л.н. отмечено и при изучении берегового озера на побережье бух. Лангоу I [9].

С ростом увлажнения связано распространение в периферийной зоне биосферного района еловых, кедрово-еловых, а на более низких уровнях – кедрово-широколиственных лесов. Современным аналогом кедрово-еловых лесов является лесной массив Китовое Ребро, сохранившийся в районе одноименного перевала вплоть до среднего течения р. Опричинка [2]. Более низкие уровни рельефа занимали дубовые леса. Доля пыльцы широколиственных резко возросла 1260–790 кал. л.н., наиболее теплым был период 1170–1050 кал. л.н. Реконструированные температуры были выше современных на ~1.5 °C [9].

Рост количества атмосферных осадков связан в первую очередь с увеличением активности южных циклонов, о чем свидетельствует увеличение содержания в палиноспектрах аллохтонной пыльцы граба, перенесенной с юга, где его участие в лесах увеличилось [42]. Более активным был занос и пыльцы сосны густоцветковой, произраставшей на крайнем юге Приморья. Судя по количеству планктонных диатомей, в первой половине периода частота наводнений увеличилась после 1090 кал. л.н. Такая же тенденция наблюдалась и на побережье зал. Находка, где влажно стало во вторую половину средневекового потепления [42]. Возможно, с увеличением увлажнения связано более широкое распространение во второй половине потепления кедра корейского как в периферийной зоне, так и в ядре биосферного района [5, 6].

«Сухое» событие 920–830 кал. л.н., зафиксированное в изученном разрезе, сопоставляется с минимумом Оорта (910–870 кал. л.н.) [43]. Реакцией на снижение количества атмосферных осадков было кратковременное сокращение площадей ельников, плохо переносящих иссушение [26]. Снижение обводнения отмечено и для Солонцовских озер [7].

В малый ледниковый период в лесной растительности района работ снизилось участие широколиственных, исключение составляет период 380–290 кал. л.н., когда наблюдался расцвет дубняков в низкогорье. Эта же тенденция отмечена и в развитии растительности в среднегорье [5]. В это время повышался поток солнечной радиации между минимумами Шпёрера и Маундера (1570–1660 гг.) [43].

Малый ледниковый период был наиболее благоприятным временем для распространения темнохвойных лесов и кедра корейского. Наряду с елью одной из основных лесобразующих пород в периферийной зоне стала пихта белокорая. Ее развитию могли способствовать высокая влажность и более устойчивый снежный покров, зона оптимума этого вида находится в пределах активных температур от 1400 до 1800 °C [26].

В малом ледниковом периоде на Васьковском болоте в составе диатомей возросло количество арктобореальных видов. В условиях обводнения торфяника повысились концентрации створок (рис. 6). Увеличение плоскостного смыва при сильных ливнях привело

к повышению зольности торфа. Особенно частые наводнения происходили 730–660 и 470–380 кал. л.н.

На активизацию циклогенеза и меридионального переноса воздушных масс, насыщенных влагой, указывает усиление переноса с юга пыльцы граба и сосны густоцветковой (рис. 6). А находки пыльцы криптомерии японской (560–470 кал. л.н.) и подокарпуса являются свидетельством проявления глубоких весенних циклонов необычных траекторий, приходивших с территории Японии. В настоящее время повторяемость южных циклонов весной низкая, а восточные – крайне редко регистрируются в феврале и весенние месяцы [29], когда идет цветение криптомерии японской (февраль–март) [44].

Особенности атмосферной циркуляции в малый ледниковый период определяли очень интенсивный Сибирский антициклон [38], мода которого была сдвинута на восток, и Алеутский минимум, центр которого был смещен на запад [28]. Как показывает анализ современных многолетних наблюдений, при таких условиях в теплый сезон формируется активный Охотский антициклон, расширяется площадь и углубляется Дальневосточная депрессия, что сильно влияет на характер циклогенеза над дальневосточными морями и способствует образованию субтропических вихрей высокой интенсивности [39].

Некоторое снижение увлажнения Васьковского болота проявилось последние 200 кал. лет. Летние температуры, реконструированные по хирономидным сообществам палеоозера на берегу бух. Лангоу I, показывают тенденцию к потеплению в это время [9]. Судя по зольности торфа и количеству диатомей-реофилов в изученном разрезе, частота наводнений снизилась. Торфяник начал активно зарастать с начала XX в. Причинами могут быть как климатические изменения, так и эндогенное развитие: увеличение мощности торфа и выхода поверхности выше уровня болотных вод в сухие сезоны. О возможности периодического затопления поверхности говорят находки раковинной амебы *Centropyxis aculeata*, обитающей в пресных водах в дренированных местообитаниях при уровне болотных вод на 8–17 см ниже поверхности [45].

Шторма, морские аэрозоли. Створки морских и солоноватоводных диатомей в разрезе Васьковского болота могли заноситься на расстояние более 370 м от берега моря только с морскими аэрозолями во время экстремальных штормов. Эти находки позволяют выделить пять периодов повышенной штормовой активности: 4870–4570, 4170–3970, 2120–1780, 920–830, 560–470 кал. л.н. Хронологические рамки событий совпадают с короткопериодными похолоданиями, при которых усиливался ветровой и штормовой режим. Такие же заключения были сделаны нами при анализе распределения материала морских аэрозолей в разрезах торфяников, расположенных на высоких поверхностях вне зоны досягаемости волн, на Шантарских и Центральных Курильских островах. Васьковское болото может рассматриваться, как информативный объект для исследования интенсивности выноса вещества с морской поверхности в наземные геосистемы.

Влияние антропогенного фактора. На начальном этапе Васьковское болото развивалось эндогенно, но с 2900 кал. л.н. сильным преобразующим фактором стало пирогенное воздействие. Пожары происходили постоянно. Этому способствовали не только климатические условия, но и антропогенное воздействие на ландшафты, окружавшие бух. Рудная. Активное заселение этой территории началось со среднего голоцена. Результаты раскопок многослойного археологического памятника «Рудная Пристань» [46] показывают, что здесь находились поселения представителей руднинской (5–6 тыс. лет до н.э.), зайсановской (3–2 тыс. лет до н.э.), лидовской (X в. до н.э.–I–II вв. н.э.) археологических культур, а также были распространены стоянки раннего Средневековья – племен мохэ и Бохая, поселения которого находились и на месте пос. Смычка [47]. Особенно быстрое освоение территории шло в эпоху бронзы – стоянки представителей лидовской культуры на побережье этой части восточного Приморья весьма многочисленны [46]. Следы присутствия человека в эпоху освоения территории зайсановцами и лидовцами зафиксированы и в палиноспектрах из отложений Васьковского болота (4870–4570, 3290–2900 кал. л.н.). Во время заселения территории лидовцами происходили частые пожары (2520–1780 кал.

л.н.), охватывавшие болотный массив и ближайшие леса на склонах. Судя по содержанию угля, наиболее сильные пожары проходили во времена бохайцев (1310–1180 кал. л.н.), когда были заселены территория пос. Смычка (археологический памятник «Смычка I») и долина р. Монастырка (Васьковское городище) [47]. Следствием частых палов на Васьковском болоте стало развитие пушицы и кустарниковой березы, толерантных к воздействию пирогенного фактора [16]. Возможно, на окраинах болота развивался и багульник, индикатор пирогенных смен [16], пыльца которого входит в группу вересковых кустарников.

Можно предположить, что вторичные леса на ближайших склонах около Васьковского болота – довольно древние образования: дубняки появились около 2900 кал. л.н., а вторичные березовые леса стали распространены с 2520 кал. л.н. Снижение доли пыльцы темнохвойных в конце XIX и в XX в., вероятно, фиксирует вырубки при освоении района со времен переселенцев и организации горнорудного производства (конец XIX–начало XX в.). Добыча руды на руднике «Верхний» началась в 1902 г. В 1910 г. П. Правдин, старший таксатор, проводивший исследование лесов Тетюхинского урочища Ольгинского лесничества, отмечал широкое распространение производных лесов и гарей [48]. Интенсивные пожары прошли в 1960–1970-х гг. Именно пожары и вырубки были основными причинами снижения участия в лесной растительности кедр корейского и темнохвойных в последние десятилетия. С 1910 до 1970 г. доля елово-пихтовых лесов в Дальнегорском лесхозе уменьшилась на 11 % [49]. Гари и лесосеки различного возраста занимали до 10 % периферийной зоны биосферного района в 1970–1980 гг. [1].

Заключение

Биостратиграфическое изучение разреза Васьковского торфяника позволило установить специфику развития биотических компонентов в периферийной зоне Сихотэ-Алинского биосферного района за последние 5120 кал. лет. Основным фактором, приводящим к изменению лесной и болотной растительности, были короткопериодные разнонаправленные климатические колебания, на фоне которых определенное воздействие оказывали пожары, скорее всего, антропогенной природы. При разном уровне теплообеспеченности большое влияние на развитие биотических компонентов оказывали вариации увлажнения, связанные с изменением интенсивности летнего муссона и активностью циклогенеза. Большое влияние на становление ландшафтов оказало увеличение увлажнения с 1310 кал. л.н., влажно было в средневековый климатический оптимум и малый ледниковый период, который был наиболее благоприятным для распространения темнохвойных лесов и кедра корейского. Выделены периоды с усилением частоты наводнений и более сухие фазы. Наиболее сильные пожары происходили во время освоения территории представителями лидовской культуры и Бохая. Проведенные исследования имеют важность для выявления унаследованных реликтовых состояний природных компонентов, что является одной из задач геосистемного мониторинга.

Благодарности. Авторы выражают признательность А.П. Копцеву, возглавляющему НЭБ «Смычка», за помощь в организации работ. Исследование выполнено при поддержке гранта Минобрнауки РФ (Соглашение № 075-15-2024-554 от 24.04.2024), а также в рамках тем государственных заданий ТИГ ДВО РАН № 125021302113-3 и ИВЭП ДВО РАН № 121021500060-4. При подготовке и просмотре проб использовалось оборудование ЦКП ТИГ ДВО РАН.

Acknowledgments. The authors are grateful to A.P. Koptsev, head of the Smychka Research and Experimental Station, for his assistance in organizing the work. The studies were supported by grant of the Ministry of Science and Higher Education of Russian Federation (agreement № 075-15-2024-554 of 24.04.2024) and was performed in the framework of the state budget theme №125021302113-3 (Pacific Geographical Institute FEB RAS) and №121021500060-4 (Institute of Water and Ecological Problems FEB RAS).

Литература

1. Баденков Ю.П., Пузаченко Ю.Г. Принципы организации региональных биосферных станций (из опыта работы Сихотэ-Алинского стационара) // Сихотэ-Алинский биосферный район: принципы и методы экологического мониторинга. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1981. С. 6–17.
2. Киселев А.Н., Кудрявцева Е.П. Об организации сети охраняемых лесных территорий в среднем Сихотэ-Алине // Сихотэ-Алинский биосферный район: фоновое состояние природных компонентов. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1978. С. 9–16.
3. Баденков Ю.П., Качур А.Н., Копцев А.П., Кудрявцева Е.П., Шулькин В.М., Христофорова Н.К. Полвека географических исследований и мониторинга в Сихотэ-Алинском биосферном районе (к 50-летию научно-экспериментальной станции «Смычка» // Тихоокеанская география. 2022. № 4. С. 60–71. DOI: 10.35735/26870509_2022_12_6.
4. Бакланов П.Я., Мошков А.В., Баденков Ю.П., Бочарников В.Н., Базаров К.Ю., Каракин В.П. Сихотэ-Алинь – горная территория с уникальным потенциалом зеленого развития // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2023. Т. 87, № 7. С. 1005–1018. DOI: 10.31857/S258755662307004X.
5. Лящевская М.С., Паничев А.М. Влияние позднеголоценовых изменений климата на лесные экосистемы Сихотэ-Алинского биосферного заповедника по данным спорово-пыльцевого анализа озерных отложений // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2024. № 5. С. 65–77. DOI: 10.55959/MSU0579-9414.5.79.5.6.
6. Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А., Гребенникова Т.А., Копотева Т.А., Мохова Л.М., Паничев А.М., Кудрявцева Е.П., Арсланов Х.А., Максимов Ф.Е., Петров А.Ю., Климин М.А. Изменения природной среды в позднем голоцене, зафиксированные в отложениях озера Изюбринные Солонцы, Сихотэ-Алинь // Сибирский экологический журн. 2017. № 4. С. 512–527. DOI: 10.15372/SEJ2017041.
7. Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А., Гребенникова Т.А., Копотева Т.А., Климин М.А., Лящевская М.С., Паничев А.М., Арсланов Х.А., Максимов Ф.Е., Петров А.Ю. Развитие Солонцовских озер как показатель динамики увлажнения в Центральном Сихотэ-Алине в позднем голоцене // Геосистемы переходных зон. 2021. Т. 5, № 3. С. 287–304. DOI: 10.30730/gtr.2021.5.3.287-304.
8. Лящевская М.С. Отражение климатических изменений и аномальных процессов в разрезе береговой низменности залива Опричник (Восточное Приморье) в голоцене // Динамика современных экосистем в голоцене. Казань: Отечество, 2013. С. 235–238.
9. Назарова Л.Б., Разжигаева Н.Г., Головатюк Л.В., Бискаборн Б.К., Гребенникова Т.А., Ганзей Л.А., Мохова Л.М., Дикман Б. Развитие экологических условий позднего голоцена в Восточном Приморье (Дальний Восток, Россия) // Сибирский экологический журн. 2021. № 3. С. 274–290. DOI: 10.15372/SEJ20210302.
10. Grimm E. Tilia software 2.0.2. Illinois State Museum Research and Collection Center, Springfield, 2004.
11. Blaauw M., Christen J.A. Flexible paleoclimate age-depth models using an 601 autoregressive gamma process // Bayesian Analysis. 2011. V. 6. P. 457–474. <https://doi.org/10.1214/11-BA618>.
12. Reimer P., Austin W.E.N., Bard E., Bayliss A., Blackwell P.G., Ramsey B.C., Butzin M., Cheng H., Edwards R.L., Friedrich M., Grootes P.M., Guilderson T.P., Hajdas I., Heaton T., Hogg A.G. The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0–55 cal kBP) // Radiocarbon. 2020. Vol. 62. P. 725–757. DOI: 10.1017/RDC.2020.41.
13. Короткий А.М. Перестройки речной сети в Приморье: причины, механизмы и влияние на геоморфологические процессы // Геоморфология. 2010. № 2. С. 78–91. DOI: 10.15356/0435-4281-2010-2-78-91.
14. Гарцман Б.И., Губарева Т.С., Лупаков С.Ю., Орляковский А.В., Тарбеева А.М., Шамоу В.В., Шекман Е.А. Формы линейной организации склонового стока в среднегорье (на примере Сихотэ-Алиня) // Водные ресурсы. 2020. Т. 47. № 2. С. 123–132. DOI: 10.31857/S0321059620020042.
15. Короткий А.М., Гребенникова Т.А., Пушкар В.С., Разжигаева Н.Г., Волков В.Г., Ганзей Л.А., Мохова Л.М., Базарова В.Б., Макарова Т.Р. Климатические смены на территории юга Дальнего Востока в позднем плейстоцене–голоцене // Вестн. ДВО РАН. 1997. № 3. С. 121–143.
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. Liu Y., Wang O., Fu C. Taxonomy and distribution of diatoms in the genus Eunotia from the Da'erbin Lake and Surrounding Bogs in the Great Xing'an Mountains, China // Nova Hedwigia. 2011. Vol. 92, N 1–2. P. 205–232. DOI: 10.1127/0029-5035/2011/0092-0205.
18. Pouličková A., Kubišová Z., Novotná Z., Rutová Z., Czudková M., Baťková R., Čopjanová K., Boček M., Hnilica R., Bergová K., Hašler P. Recent and subrecent diatom flora of the udeten mountains: The Jeseníky Mts and The Jizerské hory Mts. // Acta Mus. Siles. Sci. Natur. 2014. Vol. 63. P. 39–51.
19. Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae. Naviculaceae. Jena: VEB Gustav Fischer Verlag, 1986. Teil 1. 876 p.
20. Харитонов В.Г. Конспект флоры диатомовых водорослей (Bacillariophyceae) Северного Охотоморья. Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 2010. 189 с.
21. Krammer K. Pinnularia: eine Monographie der Europäischen Taxa // Bibliotheca Diatomologica. 1992. Vol. 26. 353 p.
22. Bahls L., Potapova M., Fallu M.-A., Pienitz R. Aulacoseira canadensis and Aulacoseira crassipunctata (Bacillariophyta) in North America // Nova Hedwigia. 2009. Vol. 135. P. 167–184.

23. Van Dam H., Mertens A., Sinkeldam J. A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from The Netherlands // *Netherlands J. of Aquatic Ecology*. 1994. Vol. 28. P. 117–133.
24. Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А., Гребенникова Т.А., Мохова Л.М., Кудрявцева Е.П., Арсланов Х.А., Максимов Ф.Е., Старикова А.А. Изменения ландшафтов побережья и горного обрамления бухты Кит (восточное Приморье) в среднем–позднем голоцене // *География и природные ресурсы*. 2016. № 3. С. 141–151.
25. Lozhkin A.V., Anderson P.M., Brown T.A., Grebennikova T.A., Korzun J.A., Tsigankova V.I. Lake development and vegetation history in coastal Primor'ye: implications for Holocene climate of the southeastern Russian Far East // *Boreas*. 2021. Vol. 50. P. 983–997. DOI: 10.1111/bor.12477.
26. 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.
27. Wanner H., Solomina O., Grosjean M., Ritz S.P., Jetel M. Structure and origin of Holocene cold events // *Quaternary Sci. Rev.* 2011. Vol. 30. P. 3109–3123. DOI: 10.1016/j.quascirev.2011.07.010.
28. Razjigaeva N., Ganzey L., Grebennikova T., Ponomarev V. “Cold-Dry” and “Cold-Wet” Events in the Late Holocene, Southern Russian Far East // *Climate*. 2023. Vol. 11. P. 91. DOI: 10.3390/cli11040091.
29. Мезенцева М.И., Гришина М.А., Кондратьев И.И. Траектории и глубина циклонов, выходящих на территорию Приморского края // *Вестн. ДВО РАН*. 2019. № 4. С. 29–38.
30. Stebich M., Rehfeld K., Schlütz F., Tarasov P.E., Liu J., Mingram J. Holocene vegetation and climate dynamic of NE China based on the pollen record from Sihailongwan Maar Lake // *Quaternary Science Reviews*. 2015. Vol. 124. P. 275–289. DOI: 10.1016/j.quascirev.2015.07.021.
31. Sakaguchi Y. Warm and cold stages in the past 7600 years in Japan and their global correlation // *Bulletin of the Department of Geography. University of Tokyo*. 1983. Vol. 15. P. 1–31.
32. Steinhilber F., Beer J., Fröhlich C. Total solar irradiance during the Holocene // *Geophysical Research Lett.* 2009. Vol. 36. P. L19704.
33. Клименко В.В. Климат: непрочитанная глава истории. М.: МЭИ, 2009. 408 с.
34. Chen R., Shen J., Li C., Zhang E., Sun W., Ji M. Mid- to late-Holocene East Asian summer monsoon variability recorded in lacustrine sediments from Jingpo Lake, Northeastern China // *Holocene*. 2015. Vol. 25. P. 454–468.
35. Park J., Park J., Yi S., Kim J.C., Lee E., Choi J. Abrupt Holocene climate shifts in coastal East Asia, including the 8.2 ka, 4.2 ka, and 2.8 ka BP events, and societal responses on the Korean Peninsula // *Scientific Reports*. 2019. Vol. 9. P. 10806. DOI: 10.1038/s41598-019-47264-8.
36. Stott L., Cannariato K., Thunell R., Haug G.H., Koutavas A., Lund S. Decline of surface temperature and salinity in the western tropical Pacific Ocean in the Holocene epoch // *Nature*. 2004. Vol. 431 (7004). P. 56–59.
37. Moy C.M., Seltzer G., Rodbell D.T., Anderson D.M. Variability of El Niño/Southern Oscillation activity at millennial timescales during the Holocene epoch // *Nature*. 2002. Vol. 420 (6912). P. 162–165. DOI: 10.1038/nature01194.
38. Mayewski P.A., Rohling E.E., Stager J.C., Karle W., Maasch K.A., Meeker L.D., Meyerson E.A., Gasse F., Shirley van Kreveld, Karin Holmgren, Lee-Thorp J., Rosqvist G., Rack F., Staubwasser M., Schneider R.R., Steig E.J. Holocene climate variability // *Quaternary Research*. 2004. Vol. 62. P. 243–255.
39. Глебова С.Ю. Сибирский антициклон как важный фактор развития циклонической деятельности в Дальневосточном регионе в зимний, весенний и летний сезоны // *Изв. ТИНРО*. 2021. Т. 221, вып. 4. С. 879–894. DOI: 10.26428/1606-9919-2021-201-879-894.
40. Nagashima K., Tada R., Toyoda S. Westerly Jet – East Asian summer monsoon connection during the Holocene // *Geochem. Geophys. Geosyst.* 2013. Vol. 14. P. 5041–5053.
41. Li C., Wu Ya., Hou X. Holocene vegetation and climate in Northeast China revealed from Jingbo Lake sediment // *Quaternary International*. 2011. Vol. 229. P. 67–73. DOI: 10.1016/j.quaint.2009.12.015.
42. Лящевская М.С., Базарова В.Б., Макарова Т.Р. Развитие природной среды и эволюция озера Гнилое (юго-восточное Приморье) за последние 3300 лет // *Геоморфология и палеогеография*. 2023. Т. 54, № 3. С. 108–123. DOI: 10.31857/S2949178923030064.
43. Wanner H., Pfister C., Neukom R. The variable European Little Ice Age // *Quaternary Science Reviews*. 2022. Vol. 287. P. 107531.
44. Yoshii E., Taira H., Teranishi H., Kenda Y., Fujisaki Y., Saito M. Observations of airborne *Cryptomeria japonica* pollen in the summer // *Allergology International*. 2001. Vol. 50. P. 171–177. DOI: 10.1016/j.quascirev.2022.107531.
45. Цыганов А.Н., Бабешко К.В., Новенко Е.Ю., Малышева Е.А., Пейн Р.Д., Мазей Ю.А. Количественная реконструкция гидрологического режима болот по ископаемым сообществам раковинных амёб // *Экология*. 2017. № 2. С. 147–155.
46. Дьяков В.И. Многослойное поселение Рудная Пристань и периодизация неолитических культур Приморья. Владивосток: Дальнаука, 1992. 140 с.
47. Крупянко А.А., Дряхлов А.Г. Комплексное гео-археологическое изучение локальной геосистемы на морском побережье восточного Сихотэ-Алиня // *Геосистемы Северо-Восточной Азии: природа, население, хозяйство территории*. Владивосток, 2021. С. 108–114. DOI: 10.35735/tig.2021.84.21.019.
48. Правдин П. Отчет по исследованию урочища Тетюхе Ольгинского лесничества Прим. Обл. 1911. Рукопись, фонды Дальневосточного лесхоза. 6 с.
49. Петропавловский Б.С. Антропогенное изменение структуры лесного фонда восточного макросклона среднего Сихотэ-Алиня // *Ботанические исследования на Дальнем Востоке*. 1978. Т. 51 (154). С. 116–119.

References

1. Badenkov, Yu.P.; Puzachenko, Yu.G. Principles of organization of regional biosphere stations (from the experience of the Sikhote-Alin station). In *Sikhote-Alinsky biosphere region: principles and methods of ecological monitoring*. Far Eastern Scientific Center USSR Academy of Sciences: Vladivostok, Russia, 1981, 6-17 (In Russian)
2. Kiselev, A.N.; Kudryavtseva, E.P. About organization of a network protected forest areas in the middle Sikhote-Alin. In *Sikhote-Alinsky biosphere region: background condition of natural components*. Far Eastern Scientific Center USSR Academy of Sciences: Vladivostok, Russia, 1978, 9-16 (In Russian)
3. Badenkov, Yu.P.; Kachur, A.N.; Koptsev, A.P.; Kudryavtseva, E.P.; Shulkin, V.M.; Khristoforova, N.K. Half a century of geographical research and monitoring in the Sikhote-Alin biosphere region (To the 50th anniversary of the Scientific Experimental Station "Smychka"). *Pacific Geography*. 2022, 4, 60-71 (In Russian)
4. Baklanov, P.Ya.; Moshkov, A.V.; Badenkov, Yu.P.; Bocharnikov, V.N.; Bazarov, K.Yu.; Karakin, V.P. Sikhote-Alin: A Mountain Territory with Unique Potential for the Green Development. *Izvestiya RAS. Geographical Series*. 2023, 87, 7, 1005-1008. (In Russian)
5. Lyashchevskaya, M.S.; Panichev, A.M. Influence of the late Holocene climate changes on forest ecosystems of the Sikhote-Alin Biosphere Reserve from the data of pollen analysis of lake sediments. *Vestnik of the Moscow University*. 2024, 5, 65-77. (In Russian)
6. Razzhigaeva, N.G.; Ganzey, L.A.; Grebennikova, T.A.; Kopoteva, T.A.; Mokhova, L.M.; Panichev, A.M.; Kudryavtseva, E.P.; Arslanov, Kh.A.; Maksimov, F.E.; Petrov, A.Yu.; Klimin, M.A. Environmental changes recorded in deposits of the Izuybrinye Solontsi Lake, Sikhote-Alin. *Contemporary problems of ecology*. 2017, 10, 4, 441-453.
7. Razzhigaeva, N.G.; Ganzey, L.A.; Grebennikova, T.A.; Kopoteva, T.A.; Klimin, M.A.; Lyashchevskaya, M.S.; Panichev, A.M.; Arslanov Kh.A.; Maksimov, F.E.; Petrov, A.Yu. Development of Solontsovskie Lakes as indicator of humidity within Central Sikhote-Alin in the Late Holocene. *Geosystems of Transition Zones*. 2021, 5, 3, 287-304. (In Russian)
8. Lyashchevskaya, M.S. Reflection of climatic changes and anomalous processes in the Holocene section of the coastal lowland of Oprichnik Bay (Eastern Primorye). In *Dynamic of modern ecosystems in the Holocene*. Otechestvo, Kazan, Russia, 2013, 235-238. (In Russian)
9. Nazarova, L.B.; Razzhigaeva, N.G.; Golovatyuk, L.V.; Biskaborn, B.C.; Grebennikova, T.A.; Ganzey, L.A.; Mokhova, L.M.; Diekmann, B. Reconstruction of environmental conditions in the Eastern Part of Primorsky Krai (Russian Far East) in the Late Holocene. *Contemporary problems of ecology*. 2021, 3, 218-230.
10. Grimm, E. Tilia software 2.0.2. Illinois State Museum Research and Collection Center, Springfield, 2004.
11. Blaauw, M.; Christen, J.A. Flexible paleoclimate age-depth models using an 601 autoregressive gamma process. *Bayesian Analysis*. 2011, 6, 457-474.
12. Reimer, P.; Austin, W.E.N.; Bard, E.; Bayliss, A.; Blackwell, P.G.; Ramsey, B.C.; Butzin, M.; Cheng, H.; Edwards, R.L.; Friedrich, M.; Grootes, P.M.; Guilderson, T.P.; Hajdas, I.; Heaton, T.; Hogg, A.G. The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0-55 cal BP). *Radiocarbon*. 2020, 62, 725-757.
13. Korotky, A.M. Reconfiguration of the river system in the Primorye: causes, mechanisms, influence on geomorphologic processes. *Geomorphologiya*. 2010, 2, 78-91. (In Russian)
14. Gartsman, B.I.; Gubareva, T.S.; Lupakov, S.Y.; Shamov, V.V.; Shekman, E.A.; Orlyakovskii, A.V.; Tarbeeva, A.M. The forms of linear structure of overland flow in medium-height mountain regions: case study of the Sikhote Alin. *Water Resources*. 2020, 47, 2, 179-188. (In Russian)
15. Korotkii, 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 on south Far East in the late Pleistocene-Holocene. *Vestnik FEB RAS*, 199, 3, 121-143. (In Russian)
16. Kopoteva, T.A.; Kuptsova, V.A. Pyrogenic factor on mare swamp of Priamurie. *Vestnik NESF FEB RAS*. 2011, 3, 37-41. (In Russian)
17. Liu, Y.; Wang, O.; Fu, C. Taxonomy and distribution of diatoms in the genus Eunotia from the Da'erbin Lake and Surrounding Bogs in the Great Xing'an Mountains, China. *Nova Hedwigia*. 2011, 92, 1-2, 205-232.
18. Pouličková, A.; Kubišová, Z.; Novotná, Z.; Rutová, Z.; Czudková, M.; Bařková, R.; Čopjanová, K.; Boček, M.; Hnilica, R.; Bergová, K.; Hařler, P. Recent and subrecent diatom flora of the udeten mountains: the Jeseníky Mts and the Jizerské hory Mts. *Acta Mus. Siles. Sci. Natur*. 2014, 63, 39-51.
19. Krammer, K.; Lange-Bertalot, H. Bacillariophyceae. Naviculaceae. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena, 1986, 1, 876 p.
20. Kharitonov, V.G. Synopsis of diatom flora (Bacillariophyceae) of Northern Okhotsk Region. NESF FEB RAS: Magadan, Russia, 2010; 189 p. (In Russian)
21. Krammer K. Pinnularia: eine Monographie der Europäischen Taxa. *Bibliotheca Diatomologica*. 1992, 26, 353 p.
22. Bahls, L.; Potapova, M.; Fallu, M.-A.; Pienitz, R. Aulacoseira canadensis and Aulacoseira crassipunctata (Bacillariophyta) in North America. *Nova Hedwigia*. 2009, 135, 167-184.
23. Van Dam, H.; Mertens, A.; Sinkeldam, J. A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from The Netherlands. *Netherlands J. of Aquatic Ecology*. 1994, 28, 117-133.
24. Razzhigaeva, N.G.; Ganzey, L.A.; Grebennikova, T.A.; Mokhova, L.M.; Kudryavtsev, E.P.; Arslanov, Kh.A.; Maksimov F.E.; Starikova, A.A. Landscape changes of marine coast and mountain areas around the Kit Bay (Eastern Primorye) in middle-late Holocene. *Geography and Natural Resources*. 2016, 3, 141-151. (In Russian)

25. Lozhkin, A.V.; Anderson, P.M.; Brown, T.A.; Grebennikova, T.A.; Korzun, J.A.; Tsigankova, V.I. Lake development and vegetation history in coastal Primor'ye: implications for Holocene climate of the southeastern Russian Far East. *Boreas*. 2021, 50, 983-997.
26. Urusov, V.M.; Lobanova, I.I.; Varchenko, L.I. Coniferous of the Russian Far East – impotent objects of study, conservation, growing and use. Dalnauka: Vladivostok, Russia, 2007; 440 p. (in Russian)
27. Wanner, H.; Solomina, O.; Grosjean, M.; Ritz, S.P.; Jetel, M. Structure and origin of Holocene cold events. *Quaternary Sci. Rev.* 2011, 30, 3109-3123.
28. Razjigaeva, N.; Ganzey, L.; Grebennikova, T.; Ponomarev, V. “Cold-Dry” and “Cold-Wet” Events in the Late Holocene, Southern Russian Far East. *Climate*. 2023, 11, 91.
29. Mezentseva, L.I.; Grishimna, M.A.; Kondrat'ev, I.I. Trajectories and depth of cyclones entering Primorsky Krai. *Vestnik FEB RAS*. 2019, 4, 29-38. (in Russian)
30. Stebich, M.; Rehfeld, K.; Schlütz, F.; Tarasov, P.E.; Liu, J.; Mingram, J. Holocene vegetation and climate dynamic of NE China based on the pollen record from Sihailongwan Maar Lake. *Quaternary Science Reviews*. 2015, 124, 275-289.
31. Sakaguchi, Y. Warm and cold stages in the past 7600 years in Japan and their global correlation. *Bulletin of the Department of Geography. University of Tokyo*, 1983, 15, 1-31.
32. Steinhilber, F.; Beer, J.; Fröhlich, C. Total solar irradiance during the Holocene. *Geophysical Research Lett.* 2009, 36, L19704.
33. Klimenko, V.V. Climate: unread chapter of the history. MEI: Moscow, Russia, 2009; 408 p. (In Russian)
34. Chen, R.; Shen, J.; Li, C.; Zhang, E.; Sun, W.; Ji, M. Mid- to late-Holocene East Asian summer monsoon variability recorded in lacustrine sediments from Jingpo Lake, Northeastern China. *The Holocene*. 2015, 25, 454-468.
35. Park, J.; Park, J.; Yi, S.; Kim, J.C.; Lee, E.; Choi, J. Abrupt Holocene climate shifts in coastal East Asia, including the 8.2 ka, 4.2 ka, and 2.8 ka BP events, and societal responses on the Korean Peninsula. *Scientific Reports*. 2019, 9, 10806.
36. Stott, L.; Cannariato, K.; Thunell, R.; Haug, G.H.; Koutavas, A.; Lund, S. Decline of surface temperature and salinity in the western tropical Pacific Ocean in the Holocene epoch. *Nature*. 2004, 431(7004), 56-59.
37. Moy, C.M.; Seltzer, G.; Rodbell, D.T.; Anderson, D.M. Variability of El Niño/Southern Oscillation activity at millennial timescales during the Holocene epoch. *Nature*. 2002, 420(6912), 162-165.
38. Mayewski, P.A.; Rohling, E.E.; Stager, J.C.; Karle, W.; Maasch, K.A.; Meeker, L.D.; Meyerson, E.A.; Gasse, F.; Shirley van Krevelde; Holmgren, K.; Lee-Thorp, J.; Rosqvist, G.; Rack, F.; Staubwasser, M.; Schneider, R.R.; Steig, E.J. Holocene climate variability. *Quaternary Research*. 2004, 62, 243-255.
39. Glebova, S.Yu. Siberian High as an important factor for development of cyclonic activity in the Far Eastern region in winter, spring and summer seasons. *Izvetiya TINRO*. 2021, 221, 4, 879-894. (In Russian)
40. Nagashima, K.; Tada, R.; Toyoda, S. Westerly Jet – East Asian summer monsoon connection during the Holocene. *Geochem. Geophys. Geosyst.* 2013, 14, 5041-5053.
41. Li, C.; Wu, Ya.; Hou, X. Holocene vegetation and climate in Northeast China revealed from Jingbo Lake sediment. *Quaternary International*. 2011, 229, 67-73.
42. Lyashchevskaya, M.S.; Bazarova, V.B.; Makarova, T.R. Environment development and the evolution of Gniloe Lake (south-eastern Primorye) during the last 3300 years. *Geomorfologiya i Paleogeografiya*. 2023, 54(3), 108-123. (In Russian)
43. Wanner, H.; Pfister, C.; Neukom, R. The variable European Little Ice Age. *Quaternary Science Review*. 2022, 287, 107531.
44. Yoshii, E.; Taira, H.; Teranishi, H.; Kenda, Y.; Fujisaki, Y.; Saito, M. Observations of airborne *Cryptomeria japonica* pollen in the summer. *Allergology International*, 2001, 50, 171-177.
45. Tsyganov, A.N.; Babeshko, K.V.; Malysheva, E.A.; Payne, R.J.; Mazei, Y.A.; Novenko, E.Y. Quantitative reconstruction of peatland hydrological regime with fossil testate amoebae communities. *Russian Journal of Ecology*. 2017, 48, 2, 191-198. (In Russian)
46. D'yakov, V.I. Multilayer settlement Rudnaya Prystan' and periodization of Neolithic cultures of Primorsky region. Dalnauka: Vladivostok, Russia, 1992; 140 p. (In Russian)
47. Krupyanko, A.A.; Dryakhlov, A.G. Comprehensive geo-archaeological study of the local geosystem on the seashore of Eastern Sikhote-Alin. In *Geosystems of North-East Asia: the nature, population, economy of territories*. PGI FEB RAS: Vladivostok, Russia, 2021, 108-114. (In Russian)
48. Pravdin, P. Report on the study of the Tetyukhe tract of the Olginskoye Forestry in Primorye Region. Manuscript, funds of Far Eastern Forestry, 2011, 7 p. (In Russian)
49. Petropavlovsky, B.S. Anthropogenic change in the structure of the forest fund of the eastern macro-slope of the middle Sikhote Alin. *Botanical Researches on the Far East*, 1978, 51(154), 116-119. (In Russian)

Статья поступила в редакцию 2.04.2025; одобрена после рецензирования 21.04.2025; принята к публикации 30.04.2025.

The article was submitted on 2.04.2025; approved after reviewing on 21.04.2025; accepted for publication on 30.04.2025.