

© Авторы 2022 г. Открытый доступ.
Контент доступен по лицензии Creative Commons Attribution
License 4.0 International (CC BY 4.0)



© The Authors 2022. Open access.
Content is available under Creative Commons Attribution
License 4.0 International (CC BY 4.0)

УДК 551.8: 551.793(571.63)

<https://doi.org/10.30730/gtr.2022.6.3.206-217>
<https://www.elibrary.ru/fhfcva>

Динамика растительности юга Приморья при климатической ритмике малого ледникового периода

М. С. Лящевская*, Л. А. Ганзей

*E-mail: lyshevskaya@mail.ru

Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, Россия

Реферат. Выделено шесть этапов развития растительности на основе палинологического изучения пойменных отложений р. Цукановка (южное Приморье). Первый этап является переходным от средневекового теплого периода, следующие четыре этапа сопоставимы с климатическими фазами малого ледникового периода (МЛП), шестой приходится на современное потепление в XX в., во время которого произошло становление современных ландшафтов при участии антропогенного фактора. Причиной возникновения МЛП является специфическое развитие комплекса атмосферно-гидросферных процессов, развивавшихся под непосредственным влиянием долговременных вариаций солнечной активности. Наиболее холодная фаза на территории южного Приморья пришлась на конец XVII в. и совпала с Маундеровским гранд-минимумом солнечной активности (1645–1715 гг.), для нее также характерно снижение увлажнения. Развитие лесной растительности в долине р. Цукановка зафиксировало чередование теплых и холодных эпизодов в течение МЛП. В относительно теплые фазы в составе лесной растительности южного Приморья увеличивалось участие дуба и других широколиственных, а в холодные – возрастала доля ольхи. В первой половине XVI в. на территории южного Приморья за счет роста атмосферных осадков повышается увлажнение. Корреляция палеоклиматических ритмов во время МЛП для южного Приморья, выделенных на основе результатов спорово-пыльцевого анализа, с дендрохронологическими данными по южному Сихотэ-Алиню и другим районам Северного полушария, а также с историческими свидетельствами соседнего Китая показала синхронность наступления климатических событий в регионах, что отражает их глобальную природу и масштаб.

Ключевые слова: спорово-пыльцевой анализ, растительность, Сихотэ-Алинь, Северное полушарие, малый ледниковый период, минимумы солнечной активности

Dynamics of vegetation of the southern Primorye during the climatic rhythm of the Little Ice Age

Marina S. Lyashchevskaya*, Larisa A. Ganzey

*E-mail: lyshevskaya@mail.ru

Pacific Geographical Institute, FEB RAS, Vladivostok, Russia

Abstract. Six stages of vegetation development have been identified on the basis of a palynological study of floodplain deposits of the Tsukanovka River (southern Primorye). The first stage is transitional from the medieval warm period, the next four stages are comparable with the climatic phases of the Little Ice Age. The sixth stage in the development of vegetation reflects the modern warming in the 20th century, when modern landscapes have been formed with the participation of the anthropogenic factor. The specific development of a complex of atmospheric-hydrospheric processes, which developed under the direct influence of long-term variations in solar activity, was the reason for the emergence of the Little Ice Age. The coldest phase in the territory of southern Primorye occurred at the end of the 17th century and coincided with the Maunder Grand Minimum of solar activity (1645–1715), it is also characterized by a decrease in humidity. The development of forest vegetation in the valley of the Tsukanovka River recorded alternating warm and cold episodes during the Little Ice Age. In relatively warm phases, the proportion of oak and other broad-leaved trees increased in the forest vegetation in southern Primorye, while in cold phases the proportion of alder increased. In the first half of the XVI century on the territory of southern Primorye, an increase in humidity due to an increase in precipitation is noted. The correlation of paleoclimatic rhythms identified on the basis of spore-pollen analysis results during the Little Ice Age in southern Primorye, with dendrochronological data for the southern Sikhote-Alin and other regions of the northern hemisphere, as well as with historical evidence from neighboring China, has showed the synchronism of the onset of climatic events in the regions, which reflects their global nature and global scale.

Keywords: pollen analysis, vegetation, Sikhote-Alin, Northern Hemisphere, Little Ice Age, solar activity minimum

Для цитирования: Лящевская М.С., Ганзей Л.А. Динамика растительности юга Приморья при климатической ритмике малого ледникового периода. *Геосистемы переходных зон*, 2022, т. 6, № 3, с. 206–217. <https://doi.org/10.30730/gtr.2022.6.3.206-217>; <https://www.elibrary.ru/fhfceva>

For citation: Lyashchevskaya M.S., Ganzey L.A. Dynamics of vegetation of the southern Primorye during the climatic rhythm of the Little Ice Age. *Geosistemy perehodnykh zon = Geosystems of Transition Zones*, 2022, vol. 6, no. 3, pp. 206–217. (In Russ., abstr. in Engl.). <https://doi.org/10.30730/gtr.2022.6.3.206-217>; <https://www.elibrary.ru/fhfceva>

Благодарности

Авторы выражают глубокую признательность рецензентам и Екатерине Петровне Кудрявцевой (Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток) за полезные и продуктивные комментарии, которые способствовали значительному улучшению рукописи.

Acknowledgements

Authors express their deep gratitude to the Reviewers and Ekaterina P. Kudryavtseva (Pacific Geographical Institute, FEB RAS, Vladivostok) for the useful and productive comments that contributed to the significant improvement of the manuscript.

Введение

Одной из первоочередных задач в глобальной повестке дня является изучение последствий изменения климата. Даже незначительные изменения температур могут стать причиной целого ряда опасных природных явлений [1]. Чтобы смоделировать эти последствия и дать прогноз в отношении климата в будущем, необходимо изучать влияние климата прошлых эпох на ландшафты, динамику ледников, площади их распространения.

Одним из недавних кратковременных похолоданий, имевших глобальный характер, считается малый ледниковый период (МЛП), как наиболее холодный по среднегодовым температурам за последние 2 тыс. лет [2]. Его наступление произошло после средневековой климатической аномалии (VIII–XIII вв.). Признаками похолодания явились понижение температуры воздуха, увеличение ледовитости Северной Атлантики и морей Арктики, раннее замерзание и позднее вскрытие рек, продвижение к югу многолетней мерзлоты, рост ледников [1, 3]. Период имел собственные флуктуации, похолодание не происходило постепенно год от года, а выражалось в резком увеличении числа необычных природных явлений, усилении межсезонной изменчивости, длительности особо опасных метеорологических событий [1]. Мнения ученых о времени начала и продолжительности МЛП значительно разнятся [4]. Согласно «расширенной версии», это начало–середина XIV в. – первая половина XIX в., «суженная версия» сопоставляет похолодание с Маундеровским гранд-минимум солнечной активности в период 1645–1715 гг. [5, 6].

Данные дендрохронологических исследований, позволяющие значительно детализировать погодно-климатические условия, указывают, что комфортность произрастания

древостоев, зависящая от смены потеплений/похолоданий (комплексного влияния таких факторов, как инсоляция земной поверхности, влажность среды и вариации концентрации CO₂ в атмосфере), существенно менялась в течение МЛП, при этом фазы длительных похолоданий превышали продолжительность солнечных гранд-минимумов [3]. Следовательно, похолодания были обусловлены комплексом причин, из которых помимо низкой солнечной активности выделяют также пониженную активность Гольфстрима, извержения вулканов [7], ослабление субтропического тихоокеанского антициклона и другие атмосферно-гидросферные процессы [3].

Для Северного полушария, согласно дендрохронологическим данным, период 1200–1800 гг. характеризуется снижением летней инсоляции и понижением среднегодовой температуры на 1–2 °C [8]. По сравнению с максимумом последнего оледенения, когда средняя температура воздуха понижалась на 8 °C, МЛП не привел к существенному изменению ландшафтов, но стал причиной демографического, социального и хозяйственного кризисов. Так, уменьшение суммы активных температур сократило сроки вегетации культивируемых растений, что снизило урожайность, поголовье скота и привело к голоду среди бедных слоев населения [1, 9].

Таким образом, изучение природных условий МЛП в разных регионах Северного полушария приобретает особое значение. Сводного исследования природных условий Приморского края в МЛП нет, данные вопросы в литературе по региону освещены фрагментарно [10–13]. В связи с этим с целью реконструкции природно-климатических условий в южном Приморье в течение МЛП с помощью спорово-пыльцевого и радиоуглеродного анализов были изучены пойменные отложения

р. Цукановка (южное Приморье) и проведено сравнение с данными по дендрохронологии для южного Сихотэ-Алиня [10] и Северного полушария между 40° и 75° с.ш. [8] (далее под Северным полушарием имеем в виду этот район), а также с историческими свидетельствами соседнего Китая [9, 14].

Краткая характеристика района

Река Цукановка берет начало в Черных горах, которые образуют естественную границу между Россией (Хасанский район, Приморье) и КНР и относятся к системе Восточно-Маньчжурских гор. В нижнем течении р. Цукановка протекает по слабонаклонной аккумулятивной равнине и впадает в мелководную обширную бухту Экспедиции зал. Посыет (Японское море) (рис. 1). Основные элементы рельефа в береговой зоне бухты Экспедиции сформировались во время максимальных фаз трансгрессий позднего плейстоцена и голоцена, а также и в течение последующих разноамплитудных колебаний уровня Японского моря. Лугово-болотные почвы на аккумулятивной рав-

нине образовались после падения уровня моря в среднем голоцене на месте бывшей лагуны с илистым дном в условиях длительного переувлажнения. В отдельные годы переувлажнение могло наблюдаться в течение почти всего вегетационного периода [15]. В формировании верхней части террасы принимали участие паводковые (аллювиальные) наносы.

Климат района – умеренный муссонный. Зимой преобладает малооблачная погода, ветер с материка приносит с северо-запада холодные воздушные массы. В первой половине лета преобладает пасмурная погода, во второй – облачная и ясная. Летом дуют ветры восточных и южных направлений, несущие влажный воздух с океана. Среднегодовая температура воздуха +6.7 °С, средняя температура января –9.5 °С, самого теплого месяца августа +22.6 °С. Вегетационный период достигает 200 дней в году и является одним из самых длинных в Приморье. Среднегодовое количество осадков колеблется в пределах 600–800 мм, подавляющее большинство их приходится на теплую половину года [16, 17].



Рис. 1. Район работ на юге Приморья и Сихотэ-Алине. (а) расположение мест сравниваемых палеореконов: 1 – местоположение изученного разреза (9214), 2 – южный Сихотэ-Алинь [10], 3 – центральный Сихотэ-Алинь [11]; (б) местоположение разреза в долине р. Цукановка; (с) долина р. Цукановка в нижнем течении.

Fig. 1. Study area in the southern Primorye and Sikhote-Alin mountain range. (a) location of the compared paleoconstructions: 1 – location of the studied section (9214), 2 – Southern Sikhote-Alin [10], 3 – Central Sikhote-Alin [11]; (b) location of the section in the Tsukanovka River valley; (c) Tsukanovka River valley low course.

Благодаря своеобразному климату юго-западная часть южного Приморья является одним из наиболее богатых и своеобразных во флористическом отношении районов [18]. Так, в верховьях р. Цукановка выявлен наиболее сохранившийся участок природного ландшафта с редкими и реликтовыми видами растений, представленный дубняком рододендровым из *Quercus dentate* с рододендром Шлиппенбаха *Rhododendron schlippenbachii* и леспедецей плотнокистевой *Lespedeza cyrtobotrya*. Подобный ландшафт встречается в Приморье только на крайнем юге юго-западного Приморья [19].

В настоящее время здесь наблюдается значительная антропогенная трансформация растительного покрова. Под влиянием вырубок и пожаров леса останцовых возвышенностей и придолинных увалов деградируют, превращаясь в бедные видами, малоценные вторичные дубняки, и далее – в безлесные пустоши. В составе древесного яруса дубового леса присутствуют липы, береза даурская *Betula dahurica*, клен мелколистный *Acer mono*, маакия амурская *Maackia amurensis*. Хорошо развит подлесок и травяной ярус. Средний возраст насаждений составляет 50–60 лет. Отмечены следы многократных низовых пожаров. На равнинных участках (нижнее течение Цукановки) в местах интенсивного освоения территории развит кустарниковый тип растительности. На луговой террасе р. Цукановка произрастает пойменный лес. На участке, образованном на месте залива, существовавшего на пике голоценовой трансгрессии, днище реки заболочено. Здесь развиты сырые и периодически переувлажненные луга с вейником, осокой и злаками.

Материалы и методы

В нижнем течении р. Цукановка по левому берегу в обнажениях берегового обрыва был зачищен разрез 9214, координаты: 42°41'48.18 с.ш., 130°46'04.32 в.д., абсолютная высота над уровнем моря – 5 м. (рис. 1). Мощность разреза составила 195 см. С шагом в 5 см были отобраны образцы на спорово-пыльцевой анализ, в интервале 135–140 см – на радиоуглеродный. Ниже приводится описание разреза:

0–10 см супесь светло-коричневая, слабо гумусированная, с примесью мелко- и среднезернистого песка;

10–34 см супесь светло-коричневая, с примесью мелкозернистого песка;

34–90 см переслаивание супеси светло-коричневой с суглинком;

90–120 см переслаивание слабо гумусированного суглинка с супесью и песком;

120–135 см суглинок коричневый, слабо гумусированный, плотный;

135–155 см суглинок темно-коричневый, гумусированный, плотный с затеками более светлого суглинка, граница волнистая с языками;

155–195 см переслаивание линз коричневых суглинков и светло-коричневых, желтоватых песков, граница волнистая, с языками.

Изучались также субфоссильные спорово-пыльцевые спектры наилок р. Цукановка. Образцы для пыльцевого анализа обрабатывали по сепарационному методу Гричука [20]. Микроскопические исследования выполнены с помощью биологического микроскопа Zeiss Axio Imager.A2. Определение пыльцы и спор проводилось по их морфологическим особенностям с использованием палинологической базы данных [21], атласов и определителей [22–24]. В образцах было подсчитано не менее 300 пыльцевых зерен и спор. При подсчете процентов за 100 % принималась сумма пыльцы древовидных и травянистых растений, а содержание споровых считали от общей суммы. Для построения диаграмм было использовано программное обеспечение Tilia v. 2-0-41 [25].

Радиоуглеродная датировка для палинокомплекса 2 получена в лаборатории геоморфологических и палеогеографических исследований полярных регионов и Мирового океана Санкт-Петербургского государственного университета по стандартной методике [26].

Результаты

Палиноспектры из современных наилок р. Цукановка с преобладанием пыльцы травянистых (58 %) отвечают развитию луговой растительности. Содержание пыльцы осок (Cyperaceae) до 27 %, полыни (*Artemisia* sp.) до 14 %. Присутствует большое количество аллохтонной пыльцы, представленной в основном (до 23 %) сосной густоцветковой *Pinus densiflora*, насаждения которой сохранились как в естественных ценозах Хасанского района Приморского края, так и в посадках, вы-

полненных в 1900–1910 гг. в пос. Безверхово, в бухте Витязь и в районе п-ова Гамова [27]. Небольшое содержание пыльцы черемухи обыкновенной *Prunus padus* (до 5 %), ольхи волосистой *Alnus hirsuta* (до 2 %) и ивовых (*Salicaceae*) (до 1 %) отражает развитие куртин долинных лесов. Наличие пыльцы берез: маньчжурской *Betula mandshurica* (до 3 %) и даурской *B. dahurica* (до 1 %), дуба (до 2 %), ореха маньчжурского *Juglans mandshurica* и граба сердцелистного *Carpinus cordata* (по 1 %) говорит о присутствии широколиственных лесов (без участия хвойных пород), представленных в основном дубняками на склонах возвышенностей и увалах. Состав субфоссильных спорово-пыльцевых спектров территории, прилегающей к разрезу 9214, хорошо согласуется со спорово-пыльцевыми спектрами современных отложений побережья юго-западного Приморья [28], для которых также характерно высокое, намного превышающее степень участия в растительном покрове содержание пыльцы сосны густоцветковой – высокопродуктивной ветроопыляемой породы.

Палинокомплекс 1 (интервал 155–195 см) характеризуется доминированием пыльцы трав и кустарничков (до 57 %) и соответствует луговой растительности. В нижней части (интервал 185–195 см) преобладание спор папоротников (до 52 %) указывает на влияние паводковых вод в формировании отложений. Количество пыльцы деревьев и кустарников в спектрах постепенно увеличивается снизу вверх до 18 %. Среди древесных пород доминирует пыльца ольхи волосистой (до 13 %), в меньшем количестве содержится пыльца дуба и черемухи обыкновенной *Prunus padus* (до 7 %), березы маньчжурской (до 5 %), ели (*Picea* sp.) (до 4 %), сосны густоцветковой (до 3 %), лещины (*Corylus* sp.) (до 2 %), количество других таксонов не превышает 1 %. Среди травянистой пыльцы преобладает пыльца полыни (до 40 %), содержание остальных составляет: кровохлебка мелкоцветковая *Sanguisorba parviflora* до 18 % в нижней части отложений, тростник южный *Phragmites australis* и василистник (*Thalictrum* sp.) до 11 %, лютиковые (*Ranunculaceae*) до 10 %, астровые (*Asteraceae*) до 8 %, осоковые (*Cyperaceae*) до 7 % маревые (*Chenopodiaceae*) до 5 %, норичниковые (*Scrophulariaceae*) до 4 %, зонтичные (*Apiaceae*) до 3 %, гречишные (*Polygonaceae*)

и чина волосистая *Lathyrus pilosus* до 2 %, доля остальных таксонов не превышает 1 %.

Палинокомплекс 2 (интервал 95–155 см): увеличение содержания пыльцы трав до 71 % и уменьшение доли спор до 11 %. Максимальное количество древесной пыльцы составляет 38 %, в ней доминирует пыльца ольхи (от 5 до 41 % от суммы всей пыльцы). Доля других пород: березы маньчжурской до 6 %, березы даурской до 3 %, дуба и черемухи до 5 %, сосны густоцветковой до 4 %, остальные – ≤ 1 %. В группе трав преобладает пыльца полыни (до 40 %), ее количество снижается в верхней толще отложений. Содержание других: тростника до 12 %, василистника до 11 %, осок до 10 % с постепенным увеличением, снизу вверх, лютиковых до 9 %, астровых до 8 %, чины до 6 %, норичниковых до 3 %, герани (*Geranium* sp.), кровохлебки, гречишных и маревых до 2 %, остальные – ≤ 1 %. Из слоя отложений (135–140 см) была получена радиоуглеродная дата: 410 ± 80 ^{14}C л.н., 1521 ± 81 AD (ЛУ-8035).

Палинокомплекс 3 (интервал 85–95 см): увеличение количества древесной пыльцы (до 32 %) и значительное сокращение доли пыльцы дуба – до <1 %. В составе спектров резко возрастает содержание пыльцы ольхи (до 35 %), уменьшается количество пыльцы березы маньчжурской до 2 %, доля сосны могильной и черемухи – до 3 %, до 2 % увеличивается содержание пыльцы ореха маньчжурского, количество остальных пород – ≤ 1 %. В группе трав и кустарничков (до 47 %) доминирует пыльца полыни (до 27 %), в меньшем объеме присутствует пыльца василистника (до 9 %), тростника (до 7 %), астровых и лютиковых (до 6 %), осок (до 4 %), гречишных и чины (до 3 %), кровохлебки и колокольника уссурийского *Codonopsis ussuriensis* (до 2 %), остальные – ≤ 1 %. Среди споровых (до 25 %) преобладают папоротники (*Polypodiaceae*).

Палинокомплекс 4 (интервал 45–85 см): уменьшение доли пыльцы деревьев и кустарников до 19 %. Доминирует пыльца ольхи, причем ее содержание варьирует от 5 до 24 %. Постепенно увеличивается снизу вверх количество пыльцы березы маньчжурской (до 7 %) и, наоборот, постепенно снижается процент пыльцы сосны густоцветковой. Доля пыльцы березы даурской – до 4 %, дуба до 9 %, черемухи до 4 %. Возрастает содержание пыльцы ши-

роколиственных: лещины, ореха маньчжурского и липы (*Tilia* sp.) – до 2 % каждого таксона, появляется пыльца аралии (*Aralia* sp.) (до 2 %). В группе трав и кустарничков (до 50 %) преобладает пыльца полыни (до 33 %). Количество других: пыльца осок постепенно уменьшается снизу вверх до 6 %, тростника до 10 %, лютиковых до 9 %, василистника до 8 %, астровых и маревых до 7 %, гречишных до 6 %, норичниковых до 4 %, кровохлебки, зонтичных, чины и черноголовки азиатской *Prunella asiatica* – до 2 %, остальных ≤ 1 %. Среди спор лидируют папоротники (до 40 %).

Палинокомплекс 5 (интервал 20–45 см): постепенное увеличение содержания пыльцы деревьев и кустарников до 42 %. На долю трав приходится до 48 %, споровых – до 34 % с постепенным понижением снизу вверх до 18 %. Среди древесной пыльцы доминирует пыльца ольхи, причем ее количество возрастает снизу вверх до 42 % от суммы всей пыльцы. Содержание остальных пород составляет: березы маньчжурской до 6 %, березы даурской до 2 %, дуба и черемухи до 4 %, липы до 2 %, сосны густоцветковой до 3 %, остальных – ≤ 1 %. В группе трав и кустарничков преобладает пыльца полыни (до 40 % с постепенным снижением до 18 %). В меньшем объеме присутствует пыльца осок (до 12 %), лютиковых (до 8 %), тростника (до 7 %), кровохлебки (до 6 %), астровых, василистника и чины (до 5 %), колокольника (до 4 %), зонтичных, гречишных и норичниковых (до 2 %), остальных ≤ 1 %.

Палинокомплекс 6 (интервал 0–20 см): увеличение доли трав до 59 % в общем составе спектров. Количество древесной пыльцы сначала уменьшается до 14 %, а потом возрастает в два раза. Содержание спор увеличивается до 32 %, затем постепенно снижается до 12 %. В группе деревьев и кустарников доминирует пыльца сосны густоцветковой (до 29 %). В меньшем количестве присутствует пыльца черемухи (до 5 %), дуба (до 4 %), березы маньчжурской (до 3 %), березы даурской, ели и сосны корейской *Pinus koraiensis* (до 2 %), остальные ≤ 1 %. Среди травянистой пыльцы преобладает пыльца осок (до 27 %) и полыни (постепенно снижается снизу вверх с 26 до 14 %). Доля других составляет: астровых до 10 %, лютиковых до 7 %, тростника уменьшается снизу вверх до 2 %, норичниковых

до 4 %, остальные ≤ 1 %. В группе споровых до 4 % возрастает содержание спор чистотела азиатского *Osmunda asiatica*.

Обсуждение

Разрез 9214 содержит подробную информацию об изменении природной среды начиная с XIV в. по настоящее время. Анализ пыльцевых данных позволил выделить 6 фаз развития растительности, соответствующих климатическим колебаниям.

Фаза 1 относительно теплая, относится к XIV в. и оканчивается в первой половине XV в. Считается, что в этот период средневековые температуры были ниже, чем во время средневековой климатической аномалии (VIII–XIII вв.). В составе растительности долинных сообществ постепенно возрастает участие широколиственных пород и особенно дуба (ПК 1, рис. 2). Данные по реконструкции летней температуры воздуха суши Северного полушария между 40° и 75° с.ш. на основе годовых колец свидетельствуют о теплой аномалии с 1425 по 1434 г. [8]. Результаты, полученные при изучении отложений оз. Нижнее в центральном Сихотэ-Алине, также зафиксировали теплый эпизод 530–500 кал. л.н. по увеличению доли фитопланктона и понижению доли арктобореальных диатомей [11]. Комплексное изучение отложений юго-западного побережья Приморья зафиксировало климатические условия немного прохладнее и влажнее современных в интервале с XIII по XV в. Распространялись дубовые леса и березняки, осоковые и разнотравные луга, в горах – кедрово-широколиственные леса [21].

Фазу 2 характеризует общий тренд похолодания на территории южного Приморья. В составе окружающей растительности уменьшается доля дуба (ПК 2, рис. 2). Возможно, что ухудшение климатических условий произошло во время минимума солнечной активности Шпёрера, 1450–1540 гг. [2], после окончания теплой аномалии (1425–1434 гг.), зафиксированной в Северном полушарии по данным дендрохронологии. Холодные температурные аномалии в Северном полушарии, по данным дендроклиматологов, имели место с 1452 по 1461 г. и с 1462 по 1471 г. [8]. Анализ исторического материала по Китаю также показывает, что холодный период начался в XV в. [9].

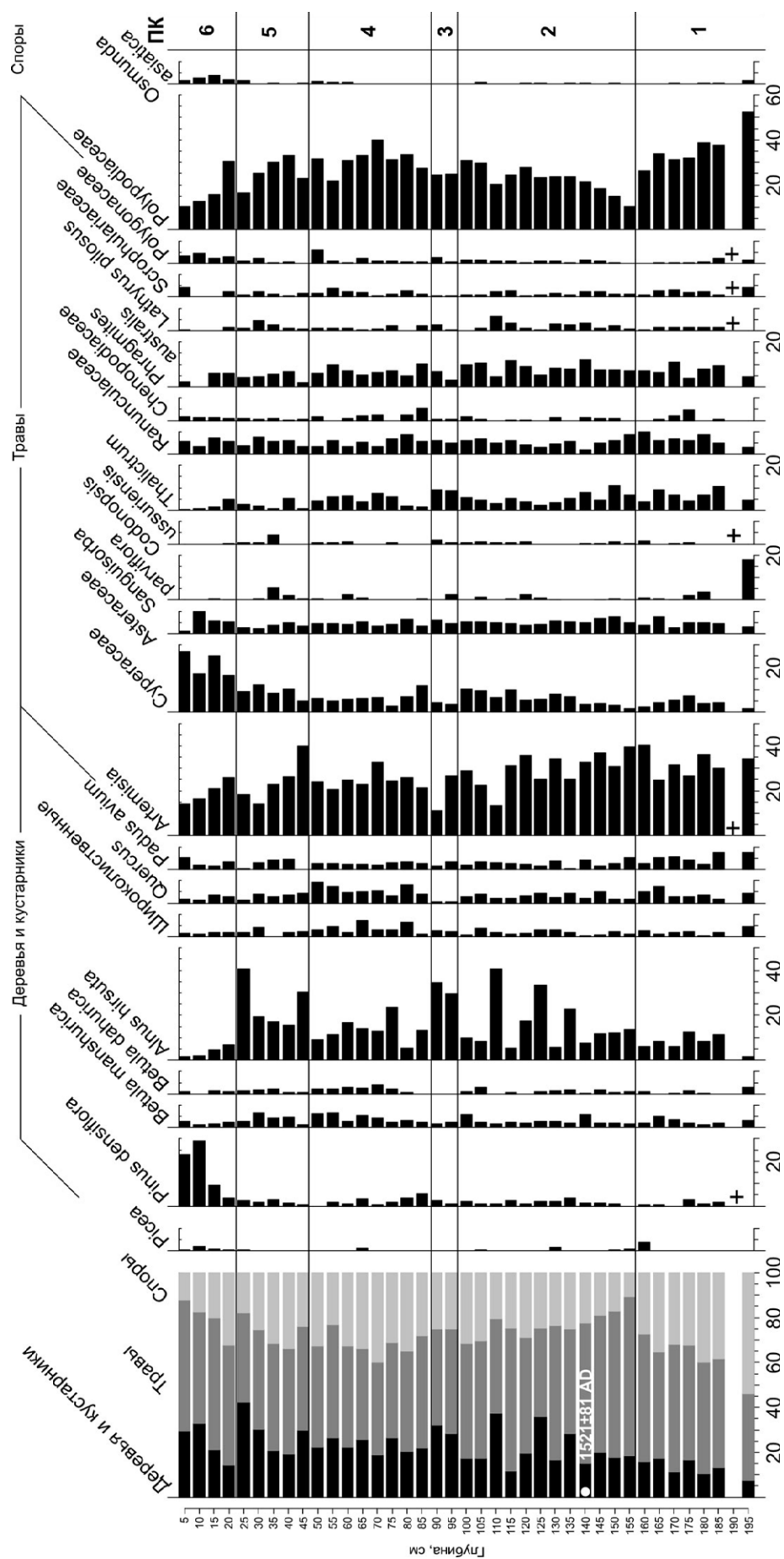


Рис. 2. Спорно-пыльцевая диаграмма пойменных отложений р. Цукановка (разрез 9214). ПК – пыльцевой комплекс; + – единично.
 Fig. 2. Pollen diagram of floodplain deposits of the Tsukanovka River (section 9214). ПК – pollen complex; + – singly.

В центральном Сихотэ-Алине при изучении отложений оз. Нижнее (470–440 кал. л.н.) также был зафиксирован пик содержания арктобореальных диатомей, свидетельствующий о холодных условиях [11]. Для южного Сихотэ-Алиня О.Н. Ухваткина с соавторами [10] на основе исследования годичных колец и минимальной температуры августа выделила следующие холодные периоды, сопоставимые с фазой 2: 1535–1540, 1550–1555, 1643–1649, 1659–1667, 1675–1689 гг., и следующие теплые температурные аномалии: 1560–1585, 1600–1610, 1614–1618 гг. Теплые эпизоды в этот временной интервал, если они имели место, на составе растительности долины р. Цукановка не отразились (ПК 2, рис. 2). Изучение отложений юго-западного побережья Приморья зафиксировало наступление наиболее холодных условий МЛП со второй половины XVI в., когда распространялись ольхово-березовые леса, осоковые и разнотравно-злаковые луга [12]. Самый холодный период фазы 2, во время которого резко сокращалось участие дуба и других широколиственных и так же резко увеличивалась доля ольхи, наступил в середине XVII в., что совпадает с выделенным для южного Сихотэ-Алиня холодным периодом 1643–1649 гг. [10]. После этого происходит некоторое улучшение теплообеспеченности и укрепление позиций дуба, липы. Примерно с 1521 г. на территории южного Приморья повышается увлажнение, в составе луговой растительности возрастает участие осок (ПК 2, рис. 2).

Фаза 3. Максимум похолодания наступает в конце XVII в. и совпадает с Маундеровским гранд-минимумом солнечной активности (1645–1715 гг.). В составе растительности до минимальных значений сокращается распространение дуба и других широколиственных и резко возрастает участие ольхи, в то же время увеличивается разнотравье, что может свидетельствовать о снижении увлажнения (ПК 3, рис. 2). В Северном полушарии, по данным дендрохронологии, холодная температурная аномалия зафиксирована в 1695–1704 гг. [8], а для южного Сихотэ-Алиня в 1675–1689 гг. [10]. Предположительно, в южном Приморье холодный эпизод мог начаться около 1680 г. и закончиться после 1704 г. Анализ исторических документов для Северо-Китайской равнины и реконструкция

зимних полугодовых (с октября по апрель следующего года) рядов температур показал, что наиболее холодная фаза малого ледникового периода с 1651 по 1700 г. имела аномалию -0.83°C [14].

В XVII в. похолодание малого ледникового периода приобрело глобальный характер, когда на наиболее низкий после V в. до н. э. уровень солнечной активности (Маундеровский минимум) наложилась пониженная активность Гольфстрима. В это время расширялись ледники в Северной Америке, Европе, замерзало Балтийское море, датские проливы и прол. Босфор. Косвенным свидетельством ухудшения климатических условий и роста ледовитости Северной Атлантики является исчезновение поселений викингов [1, 29].

Фаза 4. В изученном разрезе зафиксирован тренд повышения температуры в начале XVIII в. В составе растительности южного Приморья увеличивается количество дуба и других широколиственных, а также березы, в долинных сообществах снижается доля ольхи (ПК 4, рис. 2). Дендрохронологические данные для Северного полушария не зафиксировали в этот период теплых температурных аномалий, в отличие от результатов по южному Сихотэ-Алиню, для которого исследователи выделили следующие теплые эпизоды: 1738–1743, 1756–1759, 1776–1781 гг. [10]. Материалы по реконструкции температуры на Северо-Китайской равнине свидетельствуют об относительно теплой фазе с 1701 по 1780 г. с небольшой аномалией холода -0.36°C относительно среднего значения 1951–1980 гг. [14].

В период 5 фазы произошло ухудшение климатических условий на территории южного Приморья, что могло быть обусловлено Далтоновским минимумом солнечной активности (1790–1830 гг.). В лесной растительности уменьшается количество дуба и других широколиственных и увеличивается доля ольхи (ПК 5, рис. 2). Для Северного полушария по данным дендрохронологии зафиксированы холодные периоды в интервалах 1812–1821 и 1832–1841 гг. [8], для южного Сихотэ-Алиня в 1791–1801, 1807–1818, 1822–1827, 1836–1852, 1868–1887, 1911–1925 гг. [10]. Результаты анализа изменения температуры на Северо-Китайской равнине показывают, что во время холодной фазы 1781–1900 гг. аномалия составила -0.60°C [14].

Фаза 6. Потепление в южном Приморье началось в середине XX в. В составе долинных сообществ значительно уменьшается количество ольхи и берез. В результате антропогенного воздействия сокращаются площади древесной растительности и повышается увлажнение, широко распространяются сырые осоковые луга. Признаком антропогенной трансформации растительности можно также считать появление в начале XX в. посадок сосны густоцветковой в Хасанском районе [27], пыльца которой в значительных количествах появляется в ПК 6 (рис. 2). Данные дендрохронологов по Северному полушарию выделяют 3 теплые климатические аномалии в XX в.: 1946–1955, 1980–1989, 1994–2003 гг. [8], а для южного Сихотэ-Алиня одну, но достаточно длительную – с 1944 по 2014 г. [10]. Инструментальные наблюдения за температурой на Северо-Китайской равнине показывают, что после 1900 г. климат вошел в теплую фазу. Средняя температура 1901–2010 гг. была на 0.11 °C выше, чем средняя температура 1951–1980 гг. А 1996–2000 гг. были самыми теплыми в XX в., с аномалией тепла на 1.25 °C выше, чем у базового периода 1951–1980 гг., с которым проводилось сравнение [14].

За последние 100 лет (1901–2000 гг.) приземная температура воздуха Северного полушария увеличилась на 0.6 ± 0.2 °C [30, 31]. Потепление в XX в. было наибольшим за последнее тысячелетие. Есть инструментальные наблюдения о сильном потеплении в 20-е годы XX в. в Арктике. Так, в Баренцевом море с 1910 по 1928 г. температура воды увеличилась почти на 2 °C. В Северном полушарии с 1950-х годов площадь морских льдов в весенний и летний период сократилась на 10–15 %, а их толщина в конце лета – начале осени уменьшилась на 40 %. Уровень моря в XX в. повысился на 10–20 см в основном за счет теплового расширения и таяния морского льда. Начиная с 1950-х годов теплосодержание океанов повышалось. По спутниковым данным, в Северном полушарии с конца 1960-х годов площадь снежного покрова уменьшилась примерно на 10 %. По наземным данным, продолжительность ледового покрова на реках и озерах средних и высоких широт за тот же период сократилась на две недели. Повсеместно в течение XX в. наблюдалась деградация горных ледников в неполярных районах. Во второй

половине XX в. уменьшилась повторяемость экстремально низких температур и несколько увеличилась повторяемость экстремально высоких температур [32].

Потепление с конца 1970-х годов по начало 2000-х годов отмечено и для морской акватории Японского моря, температура вод в центральной части Японского моря возросла на ~4 °C. Усиление адвекции субтропических вод Восточно-Корейского течения в район южного Приморья обусловило тренд к повышению численности тропических и субтропических животных и рыб в северо-западной части Японского моря и повышению температуры вод в зал. Петра Великого в ноябре–декабре [33, 34].

Заключение

В результате палинологического изучения пойменных отложений р. Цукановка было выделено 6 фаз развития растительности, соответствующих климатическим колебаниям, начиная с XIV в. н.э. по настоящее время. На территории южного Приморья ухудшение климата, связанное с наступлением малого ледникового периода, началось в первой половине XV в. и длилось по начало XX в. Короткопериодическая климатическая ритмика проявилась двумя фазами похолодания: 1) первая половина XV в. – начало XVIII в., с максимумом похолодания в конце XVII в.; 2) конец XVIII в. – начало XX в., и фазой относительного потепления между ними в XVIII в. В холодные периоды в составе лесной растительности южного Приморья возрастала доля ольхи, а в относительно теплые эпизоды – дуба и других широколиственных. В первой половине XVI в. на территории южного Приморья повышалось увлажнение за счет роста атмосферных осадков. Во время максимальной фазы похолодания увлажнение снижалось.

В XX в. температурный тренд устремился на повышение и сопровождался потеплением атмосферы и океана, уменьшением массы снега и льда, повышением уровня моря и увеличением концентраций парниковых газов. В составе долинных сообществ юга Приморья значительно сократилось количество ольхи и берез.

Корреляция палеоклиматических ритмов в южном Приморье во время малого ледникового периода, выделенных на основе пыльцевых данных, с дендрохронологическими дан-

ными по южному Сихотэ-Алиню и Северному полушарию, а также с историческими свидетельствами соседнего Китая показала синхронность наступления климатических событий в регионах, что отражает их глобальную природу и масштаб.

Результаты нашего исследования важны для изучения климатических процессов, происходивших в изучаемом регионе и во всей северо-восточной Азии в последние столетия, и их роли в масштабных глобальных климатических изменениях.

Список литературы

- Борисенков Е.П., Пасецкий В.М. **1983.** Экстремальные природные явления в русских летописях XI–XVII вв. Л.: Гидрометеиздат, 240 с.
- Леви К.Г., Задонина Н.В., Язев С.А., Воронин В.И., Наурзбаев М.М., Хантемиров Р.М. **2012.** Гелиогеодинамика: Природные аспекты глобальных солнечных минимумов: в 3 т. Т. 1. Иркутск: Изд-во ИГУ, 511 с.
- Леви К.Г., Воронин В.И., Задонина Н.В., Язев С.А. **2014.** Малый ледниковый период. Ч. 2. Гелиофизические и природно-климатические аспекты. *Изв. Иркутского государственного университета. Серия: Геоархеология. Этнология. Антропология*, 9: 2–33.
- Полозова Л.Г. **1988.** Климатические условия Малого ледникового периода, восстановленные по дендрохронологии. В кн.: *Колебания климата за последнее тысячелетие*. Л.: Гидрометеиздат, 168–176.
- Eddy J.A. **1976.** The Maunder Minimum. *Science*, 192(4245): 1189–1202. <https://doi.org/10.1126/science.192.4245.1189>
- Eddy J.A. **1977.** The Case of the Missing Sunspots. *Scientific American*, 236(5): 80–88. <https://doi.org/10.1038/scientificamerican0577-80>
- Crowley T.J., Zielinski G., Vinther B., Udisti R., Kreutz K., Cole-Dai J., Castellano E. **2008.** Volcanism and the Little Ice Age. *PAGES News*, 16(2): 22–23. <https://doi.org/10.22498/pages.16.2.22>
- Wilson R., Anchukaitis K., Briffa K.R., Büntgen U., Cook E., D'Arrigo R., Davi N., Esper J., Frank J., Gunnarson B. et al. **2016.** Last millennium northern hemisphere summer temperatures from tree rings. Pt I: The long term context. *Quaternary Science Reviews*, 134: 1–18. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2015.12.005>
- Кренке А.Н., Чернавская М.М. **1991.** Исследования климата исторического прошлого Китая. *Известия АН СССР. Серия географическая*, 5: 108–116.
- Ukhvatkina O.N., Omelko A.M., Zhmerenetsky A.A., Petrenko T.Y. **2018.** Autumn–winter minimum temperature changes in the southern Sikhote-Alin mountain range of northeastern Asia since 1529 AD. *Climate of the Past*, 14: 57–71. <https://doi.org/10.5194/cp-14-57-2018>
- Разжигасева 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. **2021.** Развитие Солонцовских озер как показатель динамики увлажнения в Центральном Сихотэ-Алине в позднем голоцене. *Геосистемы переходных зон*, 5(3): 287–304. <https://doi.org/10.30730/gtrz.2021.5.3.287-304>
- Микишин Ю.А., Петренко Т.И., Гвоздева И.Г., Попов А.Н., Кузьмин Я.В., Раков В.А., Горбаренко С.А. **2008.** Голоцен побережья юго-западного Приморья. *Научное обозрение*, 1: 8–27.
- Микишин Ю.А., Гвоздева И.Г. **2014.** Палеосреда о. Русский (южное Приморье) в среднем-позднем голоцене. *Фундаментальные исследования*, 3: 516–522. <https://doi.org/10.17513/fr.33706>
- Yan J., Ge Q., Liu H., Zheng J., Fu H. **2014.** Reconstruction of sub-decadal winter half-year temperature during 1651–2010 for the North China Plain using records of frost date. *Atmospheric and Climate Sciences*, 4(2): 211–218. <https://doi.org/10.4236/acs.2014.42024>
- Иванов Г.И. **1966.** Классификация почв равнин Приморья и Приамурья. Владивосток: Дальневост. кн. изд-во, 47 с.
- Ластовецкий Е.И. (ред.) **1976.** Гидрометеорологические условия шельфовой зоны Японского моря. Владивосток, 794 с. (Тр. ДВНИИГМИ; вып. 27).
- Ластовецкий Е.И., Якунин Л.П. **1981.** Гидрометеорологическая характеристика Дальневосточного государственного морского заповедника. В кн.: *Цветковые растения островов Дальневосточного морского заповедника*. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, с. 18–33.
- Кожевников А.Е., Кожевникова З.В., Коркишко Р.И. **2000.** Голубиный Утес как рефугиум западнопацифических теплоумеренных реликтовых элементов флоры на юге российского Дальнего Востока. В кн.: *Растения муссонного климата*. Владивосток: Дальнаука, с. 91–92.
- Кожевников А.Е., Коркишко Р.И., Кожевникова З.В. **2005.** Состояние и проблемы охраны флоры юго-западной части Приморского края. *Комаровские чтения*, 51: 101–123.
- Покровская И.М. (ред.) **1950.** Пыльцевой анализ. М.: Гос. изд-во геол. лит., 571 с.
- PalDat – Palynological Database. URL: <https://www.paldat.org/>
- Nakamura J., **1980.** *Diagnostic Characters of Pollen Grains of Japan*. Osaka: Osaka Museum of Natural History, 91 p.
- Бобров А.Е., Куприянова Л.А., Литвинцева М.В., Тарасевич В.Ф. **1983.** Споры папоротникообразных и пыльца голосеменных и однодольных растений флоры европейской части СССР. Л.: Наука, 208 с.
- Мячина, А.И., Казачихина Л.Л., Мамонтова, И.Б., Калинина В.С. **1971.** Атлас спор и пыльцы некоторых современных растений Дальнего Востока. Хабаровск: ДВНЦ АН СССР, 85 с.
- Grimm E. **2004.** *Tilia software 2.0.2*. Springfield: Illinois State Museum Research and Collection Center.
- Арсланов Х.А. **1987.** Радиоуглерод. Геохимия и геохронология. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 300 с.
- Озеленение городов Приморского края. 1987.* Авт.: Васильюк В.К., Вриш Д.Л., Журавков А.Ф. и др. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 515 с.
- Микишин Ю.А., Гвоздева И.Г., Петренко Т.И. **2002.** Спорно-пыльцевые спектры современных отложений побережья юго-западного Приморья. В кн.: *Методические аспекты палинологии: Материалы X Всерос. палинологической конф.* Москва: ИГиРГИ, с. 154–156.
- Jackson R., Arneborg J., Dugmore A., Madsen C., McGovern, Smiarowski K., Streeter R. **2018.** Disequilibrium, adaptation, and the Norse Settlement of Greenland. *Human Ecology*, 46: 665–684. <https://doi.org/10.1007/s10745-018-0020-0>
- Груза Г.В., Ранькова Э.Я. **2003.** Колебания и изменения климата на территории России. *Известия, Физика атмосферы и океана*, 39(2): 166–185.

31. Ранькова Э.Я. **2005.** *Климатическая изменчивость и изменения климата за период инструментальных наблюдений*: автореф. дис. ... д-ра физ.-мат. наук. Москва, Ин-т глобального климата и экологии Росгидромета и РАН.
 32. Борисова Е.А. **2013.** Эволюция взглядов на изменение климата в Центральной Азии. *История и современность*, 1: 110–124.
 33. Андреев А.Г. **2010.** Межгодовая изменчивость расхода вод через Корейский (Цусимский) пролив и ее влияние на содержание растворенного кислорода в водах Японского моря. *Метеорология и гидрология*, 9: 74–85.
 34. Лобанов В.Б., Данченков М.А., Лучин Е.В., Мезенцева Л.И., Пономарев В.И., Соколов О.В., Трусенкова О.О., Устинова Е.И., Ушакова Р.Н., Хен Г.В. **2014.** Раздел 5.4. Дальневосточные моря России. В кн.: *Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации*. М.: Росгидромет, с. 684–743.
- ## References
1. Borisenkov E.P., Pasetskiy V.M. **1983.** *Ekstremalnye prirodnye yavleniya v russkikh letopisyah XI-XVII vekov* [Extreme natural phenomena in Russian chronicles of the 11th–17th centuries]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 240 p. (In Russ.).
 2. Levi K.G., Zidonina N.V., Yazev S.A., Voronin V.I., Naurzbaev M.M., Khantemirov R.M. **2012.** [Heliogeodynamics: Natural Aspects of Global Solar Minima]: in 3 vol. Vol. 1. Irkutsk: Publ. House of Irkutsk State Univ., 511 p. (In Russ.).
 3. Levi K.G., Voronin V.I., Zidonina N.V., Yazev S.A. **2014.** [Little Glacial Age. Pt 2. Heliophysical and climatic aspects]. *Izv. Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geoarkeologiya. Etnologiya. Antropologiya = Bulletin of the Irkutsk State University. Geoarchaeology, Ethnology, and Anthropology Series*, 9: 2–33. (In Russ.).
 4. Polozova L.G. **1988.** [Climatic conditions of the Little Ice Age, reconstructed from dendrochronology]. In: *Kolebaniya klimata za poslednee tysyacheletie* [Climate fluctuations over the last millennium]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 168–176. (In Russ.).
 5. Eddy J.A. **1976.** The Maunder Minimum. *Science*, 192(4245): 1189–1202. <https://doi.org/10.1126/science.192.4245.1189>
 6. Eddy J.A. **1977.** The Case of the Missing Sunspots. *Scientific American*, 236(5): 80–88. <https://doi.org/10.1038/scientificamerican0577-80>
 7. Crowley T.J., Zielinski G., Vinther B., Udisti R., Kreutz K., Cole-Dai J., Castellano E. **2008.** Volcanism and the Little Ice Age. *PAGES News*, 16(2): 22–23. <https://doi.org/10.22498/pages.16.2.22>
 8. Wilson R., Anchukaitis K., Briffa K.R., Büntgen U., Cook E., D'Arrigo R., Davi N., Esper J., Frank J., Gunnarson B. et al. **2016.** Last millennium northern hemisphere summer temperatures from tree rings. Pt I: The long term context. *Quaternary Science Reviews*, 134: 1–18. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2015.12.005>
 9. Krenke A.N., Chernavskaya M.M. **1991.** The study of the climate of historical past in China. *Izv. AN SSR, Seriya Geograficheskaya*, 5: 108–116. (In Russ.).
 10. Ukhvatkina O.N., Omelko A.M., Zhmerenetsky A.A., Petrenko T.Y. **2018.** Autumn–winter minimum temperature changes in the southern Sikhote-Alin mountain range of northeastern Asia since 1529 AD. *Climate of the Past*, 14: 57–71. <https://doi.org/10.5194/cp-14-57-2018>
 11. Razjigaeva 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. **2021.** Development of Solontsovskie Lakes as indicator of humidity within Central Sikhote-Alin in the Late Holocene. *Geosistemy perehodnykh zon = Geosystems of Transition Zones*, 5(3): 287–304. (In Russ.). <https://doi.org/10.30730/grtz.2021.5.3.287-304>
 12. Mikishin Yu.A., Petrenko T.I., Gvozdeva I.G., Popov A.N., Kuzmin Ya.V., Rakov V.A., Gorbarenko S.A. **2008.** Holocene of the coast of southwestern Primorye. *Scientific Review*, 1: 8–27. (In Russ.).
 13. Mikishin Yu.A., Gvozdeva I.G. **2014.** Mid to Late Holocene of Russkyi Island (Southern Primorye). *Fundamental research*, 3: 516–522. (In Russ.). <https://doi.org/10.17513/fr.33706>
 14. Yan J., Ge Q., Liu H., Zheng J., Fu H. **2014.** Reconstruction of sub-decadal winter half-year temperature during 1651–2010 for the North China Plain using records of frost date. *Atmospheric and Climate Sciences*, 4(2): 211–218. <https://doi.org/10.4236/acs.2014.42024>
 15. Ivanov G.I. **1966.** *Klassifikatsiya pochv ravnin Primor'ya i Priamur'ya* [Classification of soils of the plains of Primorye and Amur region]. Vladivostok: Dal'nevostochnoe knizhnoe izdatel'stvo, 47 p. (In Russ.).
 16. Lastovetskiy E.I. (ed.) **1976.** *Gidrometeorologicheskie usloviya shel'fovoy zony Yaponskogo morya* [Hydrometeorological conditions of the shelf zone of the Sea of Japan]. Vladivostok, 794 p. (Trudy DVNIIGMI; Iss. 27). (In Russ.).
 17. Lastovetskiy E.I., Yakunin L.P. **1981.** [Hydrometeorological characteristics of the Far East State Marine Reserve]. In: *Tsvetkovye rasteniya ostrovov Dal'nevostochnogo morskogo zapovednika* [Flowering plants of the islands of the Far Eastern Marine Reserve]. Vladivostok: DVNTs AN SSSR, p. 18–33. (In Russ.).
 18. Kozhevnikov A.E., Kozhevnikova Z.V., Korkishko R.I. **2000.** [Golubiny Utes as a refugium of West-Pacific warm-temperate relict flora elements in the south of the Russian Far East]. In: *Rasteniya mussonnogo klimata* [Monsoon climate plants]. Vladivostok: Dal'nauka, p. 91–92. (In Russ.).
 19. Kozhevnikov A.E., Korkishko R.I., Kozhevnikova Z.V. **2005.** Status and problems of flora protection in the southwestern part of Primorsky Krai. *V.L. Komarovskie chteniya*, 51: 101–123. (In Russ.).
 20. Pokrovskaya I.M. (ed.) **1950.** *Pyl'tsevoy analiz* [Pollen analysis]. Moscow: Gosudarstvennoe izdatel'stvo geologicheskoy literatury, 571 p. (In Russ.).
 21. *PalDat – Palynological Database*. URL: <https://www.paldat.org/>
 22. Nakamura J., **1980.** *Diagnostic Characters of Pollen Grains of Japan*. Osaka: Osaka Museum of Natural History, 91 p.
 23. Bobrov A.E., Kupriyanova L.A., Litvintseva M.V., Tarasevich V.F. **1983.** *Spory paprotnikoobraznykh i pyl'tsa golosemennyykh i odnodol'nykh rasteniy flory evropeyskoy chasti SSSR* [Spores of ferns and pollen of gymnosperms and monocots of the flora of the European part of the USSR]. Leningrad: Nauka, 208 p. (In Russ.).
 24. Myachina A.I., Kazachikhina L.L., Mamontova I.B., Kalinina V.S. **1971.** *Atlas spor i pyl'tsy nekotorykh sovremennykh rasteniy Dal'nego Vostoka*. [Atlas of spores and pollen of some modern plants of the Far East]. Khabarovsk: DVNTs AN SSSR, 85 p.
 25. Grimm E. **2004.** *Tilia software 2.0.2*. Springfield: Illinois State Museum Research and Collection Center.
 26. Arslanov Kh.A. **1987.** [Radiocarbon. Geochemistry and geochronology]. Leningrad: Izdatel'stvo Leningradskogo universiteta, 300 p. (In Russ.).

27. *Ozelenenie gorodov Primorskogo kraja [Urban greening of Primorsky Krai]*. 1987. Authors: Vasilyuk V.K., Vrishch D.L., Zhuravkov A.F. et al. Vladivostok: DVNTs AN SSSR, 515 p. (In Russ.).
28. Mikishin Yu.A., Gvozdeva I.G., Petrenko T.I. 2002. [Spore-pollen spectra of modern deposits of the coast of the southwestern Primorye]. In: *Methodical aspects of palynology: Materialy X Vseros. palinologicheskoy konf.* Moscow: IGIRGI, p. 154–156. (In Russ.).
29. Jackson R., Arneborg J., Dugmore A., Madsen C., McGovern, Smiarowski K., Streeter R. 2018. Disequilibrium, adaptation, and the Norse Settlement of Greenland. *Human Ecology*, 46: 665–684. <https://doi.org/10.1007/s10745-018-0020-0>
30. Gruza G.V., Ran'kova E.Ya. 2003. Climate oscillations and changes over Russia. *Izv. Atmospheric and Oceanic Physics*, 39(2): 145–162.
31. Ran'kova E.Ya. 2005. *Klimaticheskaya izmenchivost' i izmeneniya klimata za period instrumental'nykh nablyudeniy [Climate variability and climate change over the period of instrumental observations]*: extended abstr. of diss. ... doctor of Phys. and Math. Moscow, IGKE = IGCE. (In Russ.).
32. Borisova E.A. 2013. Evolution of views on climate change in Central Asia. *Istoriya i sovremennost'*, 1: 110–124. (In Russ.).
33. Andreev A.G. 2010. Interannual variability of water discharge through the Korea (Tsushima) Strait and its influence on the dissolved oxygen content in the Sea of Japan. *Russian Meteorology and Hydrology*, 35(9): 633–640.
34. Lobanov V.B., Danchenkov M.A., Luchin E.V., Mezentseva L.I., Ponomarev V.I., Sokolov O.V., Trusenкова O.O., Ustinova E.I., Ushakova R.N., Khen G.V. 2014. [Section 5.4. Far Eastern seas of Russia]. In: *Vtoroy otsenochnyy doklad Rosgidrometa ob izmeneniyakh klimata i ikh posledstviyakh na territorii Rossiyskoy Federatsii [The second assessment report of Roshydromet on climate change and its consequences on the territory of the Russian Federation]*. Moscow: Rosgidromet, 684–743. (In Russ.).

Об авторах

Сотрудники лаборатории палеогеографии и геоморфологии, Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток:

Ляшевская Марина Сергеевна (<https://orcid.org/0000-0002-5624-3015>), кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник, lyshevskaya@mail.ru

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

About the Authors

Employees of the Laboratory of paleogeography and geomorphology, Pacific Geographical Institute of the Far Eastern Branch of RAS, Vladivostok:

Lyashchevskaya, Marina S. (<https://orcid.org/0000-0002-5624-3015>), Cand. Sci. (Geography), Leading Researcher, lyshevskaya@mail.ru

Ganzev, Larisa A. (<https://orcid.org/0000-0002-2538-6603>), Cand. Sci. (Geography), Leading Researcher, lganzev@mail.ru

Поступила 2.06.2022

После доработки 19.08.2022

Принята к печати 23.08.2022

Received 2 June 2022

Revised 19 August 2022

Accepted 23 August 2022