

КЛИМАТИЧЕСКИЕ СОБЫТИЯ ПОЗДНЕЛЕДНИКОВЬЯ В НИЖНЕМ ПРИАМУРЬЕ

В.Б. Базарова¹, М.А. Климин², М.С. Лящевская¹, Т.Р. Макарова¹

¹ Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, г. Владивосток

² Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, г. Хабаровск

Аннотация. Получена непрерывная запись изменения климата в центральной части Нижнего Приамурья в позднеледниковье. Выделены три стадиальных события - ранний дриас (DR I), средний дриас (DR II) и поздний дриас (DR III), два интерстадиала - бёллинг (BØ) и аллерёд (AL). Впервые для региона выявлены кратковременные климатические события - теплый эпизод сусака (16.1-15.9 тыс. л. н.), осцилляция килларни/герцензее (13.3-13.1 тыс. л. н.). Реконструированы количественные параметры климата: в DR I среднегодовая температура была на 7.5-9.0° С ниже современной, среднегодовое количество осадков на 50 мм меньше, чем в настоящее время; в AL среднегодовая температура была на 0.5-1.0° С ниже, а среднегодовое количество осадков на 100 мм меньше современной. Во время похолоданий (DR I, DR II и DR III) элементы охотской флоры проникали до 50-51° с. ш., границы растительных зон смещалась на юг на 600-700 км.

Ключевые слова: торфяные отложения, спорово-пыльцевой и диатомовый анализы, фотосинтетические пигменты, радиоуглеродное датирование, изменение климата, динамика растительности, поздний плейстоцен, Нижнее Приамурье.

CLIMATIC EVENTS OF THE END- LATE GLACIAL ON THE MIDDLE AMUR LOWLAND

V.B. Bazarova¹, M.A. Klimin², M.S. Lyashchevskaya¹, T.R. Makarova¹

¹ Pacific Geographical Institute, FEB RAS, Vladivostok,

² Institute of Aquatic and Ecological Problems, FEB RAS, Khabarovsk

Abstract. The study of the Gursky peat bog deposits provided a continuous record of the environmental development on the Middle Amur Lowland in the end of Late Glacial and Early Holocene. Three stadial events have been identified: the Early Dryas (DR I), Middle Dryas (DR II), and Younger Dryas (DR III), and two interstadials: the Bølling (BØ) and Allerød (AL). Short-term climatic events, such as the Susak Warm Episode (16.1-15.9 ka BP), the Intra- Allerød Cold Period (IACP) or the Killarney/Gerzensee Oscillation (13.3-13.1 ka BP), have been identified for the first time in the region. Quantitative climate parameters have been reconstructed based on modern plant analogues. In DR I, the average annual temperature in the study area was 7.5-9.0° C lower than today, and the average annual precipitation was approximately 50 mm less; In AL, the average annual temperature was 0.5-1.0° C lower than today, the average annual precipitation was 100 mm less. During stadial events DR I, DR II, and DR III, elements of the Okhotsk flora penetrated to 50-51° N, the boundaries of vegetation zones shifted to the south by approximately 500-700 km. Permafrost was widespread in the Middle Amur Lowland, the main landscape was birch-larch forest tundra with alder and thickets of frigid shrubs. Boreal forests were fragmentary on the mountain slopes. Oak and elm survived in small refugia. During the interstadial events BØ and AL, dark coniferous and birch forests expanded, oak and elm went beyond the refugia. About 11.8 thousand years ago a significant warming begins, marking the beginning of the Holocene. In the Middle Amur Lowland, the zonal landscape became birch forests with alder, larch and a rare admixture of elm, oak and hazel, the second most important landscape was spruce forests with dwarf pine.

Key words: peat deposits, pollen and diatom analyses, photosynthetic pigments, radiocarbon dating, climate change, vegetation dynamics, Late Pleistocene, Lower Amur region.

Введение. Позднеледниковье представляет собой наиболее динамичный этап в развитии ландшафтно-климатической обстановки на рубеже позднего плейстоцена и голоцена. Палеоэкологические реконструкции реакции природной среды на климатические колебания позднеледниковья по-прежнему ограничены доступностью высокоразрешающих наземных записей из регионов Северного полушария. В изученных континентальных осадках юга Дальнего Востока не все климатические события этого времени зафиксированы [7, 9, 10, 11, 14, 15]. Комплексное палеоэкологическое исследование разреза Гурского торфяника позволило более детально реконструировать климатические события позднеледниковья.

Район исследования. Гурский торфяно-болотный массив находится в северо-восточной части Среднеамурской низменности, расположенной в пределах России и являющейся частью более крупной географической целостности, которая включает равнину Саньцзян (северо-восточная часть провинции Хэйлунцзян, КНР). Низменность занимает впадину между хребтом Сихотэ-Алинь на востоке, Хингано-Буреинскими горами на северо-западе и Восточно-Маньчжурскими горами на юге. Большая часть низменности расположена на террасе среднечетвертичного возраста высотой от 35 до 80 м над уровнем моря, на которой широкое распространение получили торфяники [13].

Согласно климатическому районированию Хабаровского края, северо-восточная часть Среднеамурской низменности относится к Среднеамурской климатической провинции, характеризующейся среднегодовыми температурами $-1.0...-1.5^{\circ}\text{C}$, средними январскими $-25...-28^{\circ}\text{C}$, средними июльскими $+18-20^{\circ}\text{C}$ и многолетними среднегодовыми количествами осадков 670-750 мм [8].

Хвойно-широколиственные леса тянутся широкой полосой по долине Амура, их северная граница достигает 51° с. ш. На широкой пойме Амура распространена луговая растительность, представленная осоково-вейниковыми лугами.

Материалы и методы. Разрез Гур 2-01 (координаты: $49^{\circ}59'$ с. ш., $137^{\circ}04'$ в. д., абсолютная высота 35 м) заложен зачисткой стенки дренажной канавы на осушенной части болотного массива (рис. 1). Мощность торфяных и озерных отложений составляет 394 см. В данной работе рассматриваются и обсуждаются отложения в интервале 210-394 см, которые формировались в основном позднеледниковье. Ниже приводится стратиграфическое описание исследуемой части разреза (сверху вниз):

	Интервал, см
Торф сильно разложившийся, красновато-коричневый, с остатками кустарников и небольшими фрагментами лиственницы	210-225
Торф сильно разложившийся, темно-коричневый	225-280
Торф сильно разложившийся, коричневый, плотный, слоистый	280-346
Сапропель оторфованный, серо-коричневый, рыхлый, грубый .	346-394
Сапропель светло-серый.	394 и ниже

Изучение осадков проводилось с шагом 2 см с применением спорово-пыльцевого и диатомового анализов, с определением состава сохранившихся фотосинтетических пигментов, были получены три радиоуглеродные даты (табл. 1).

Таблица 1

Радиоуглеродные даты

Лабораторный № образца	Глубина (см)	Материал	Возраст	
			Радиоуглеродный (л. н.)	Калиброванный (кал. л. н.), 2σ
СОАН-4712	220-225	торф	10390 ± 80	12535-11941
СОАН-4713	260-265	торф	10730 ± 165	13087-12429
СОАН-4714	328-335	торф	11530 ± 155	13618-13154

Обсуждение результатов. В статье последовательность перечисленных климатических событий отождествляется с основными хронозонами GICC05, описанными на основании результатов изучения ледовых кернов Гренландии GRIP, GISP2, NGRIP [17] (рис. 2).

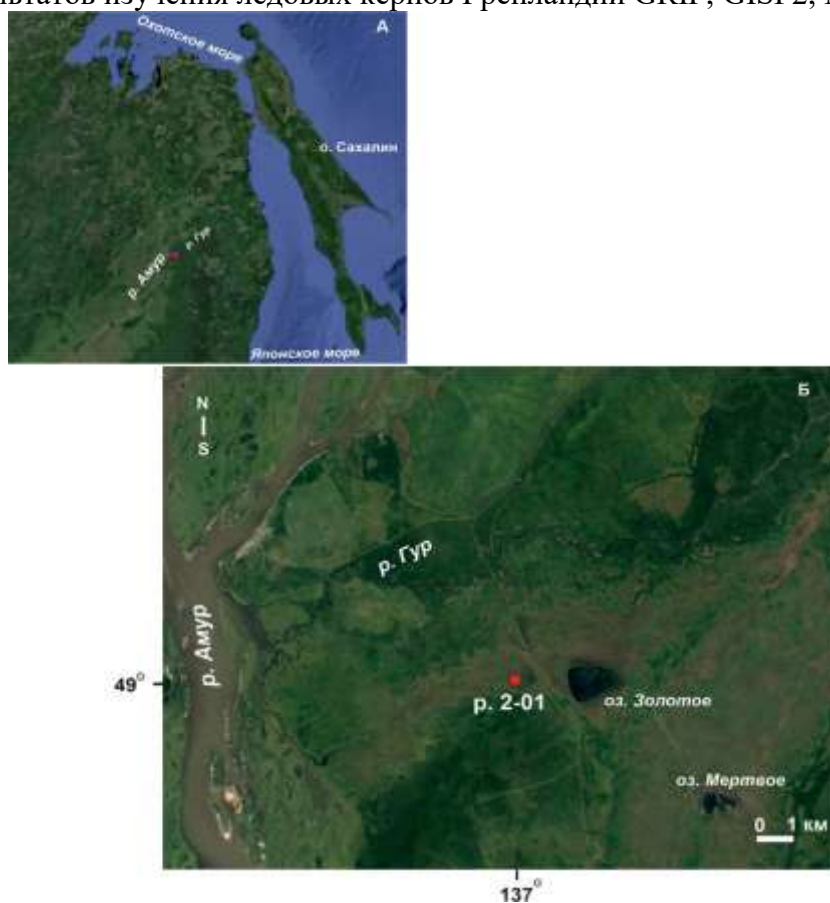


Рис 1. Карта региона исследования (А) и расположение разреза Гур 2-01 (Б)

Позднеледниковье. Во время климатических событий DR I, BØ и DR II на месте современного торфяного массива существовало обширное мелководное озеро. Около 14.0 тыс. л. н. оно было подрезано р. Гур, и вода из озера постепенно была спущена в р. Амур. Современными остатками палеоозера являются озера Золотое и Мертвое (рис. 1). Озерные осадки, представленные сапропелем, начали замещаться торфом. Об умеренно заболоченном мелководном водоеме свидетельствует и комплекс диатомей из подошвы торфяника, в котором преобладают донные виды *Pinnularia viridis*, *Stauroneis phoenisenteron* и высоко содержание *Eunotia praerupta*, характерного для олиготрофно-дистрофных водоемов. Постепенное уменьшение зольности отложений с 85% до 60% также свидетельствует о заторфовывании озерных отложений. Оторфованный сапропель начал осаждаться около 16.2 тыс. л. н. и по хронологии совпадает со стадиями DR I, холодным событием Хайнриха (H1) (16.8-15.4 тыс. л. н.). В это время на исследуемой территории повсеместно была развита многолетняя мерзлота, была распространена лесотундра с березово-лиственничным редколесьем и фригидными кустарниками. Надпойменные террасы были покрыты заболоченными лиственничными редины с ерниковыми зарослями из *Betula* sect. *Fruticosae* и *B* sect. *Nanae*.

Локальный максимум пигментов, минимум пыльцы фригидных кустарников, сокращение арктобореальных видов диатомей в толще торфа возрастом около 16.2 тыс. л. н. характеризуют незначительное кратковременное потепление, сопоставимое с теплым эпизодом сусака внутри DR I (16.6-15.8 тыс. л. н.), которое было выделено в 60-е гг. прошлого столетия в Северной Америке и Европе [5].

Современным аналогом растительных ландшафтов в стадиал DR I являются ландшафты западного Приохотья. В течение стадиала DR I элементы охотской флоры проникали до 50° с.

ш., может быть и немного южнее. Границы растительных зон смещались на юг примерно на 600-700 км. Современный климат Приохотской климатической провинции характеризуется среднегодовой температурой от -8.5° до -10.3° С, многолетним среднегодовым количеством осадков до 700 мм [8]. Разница значений климатических параметров предполагает, что 16.2-14.7 тыс. л. н., среднегодовые температуры в северной части Среднеамурской низменности были ниже современных на $7.5-9.0^{\circ}$ С, а среднегодовое количество осадков ниже примерно на 50 мм. На GICC05 отмечается стадиал GS-2.1a (17480-14690 л. н.), который соответствует похолоданию DR I [17].

Верхняя часть темно-коричневого торфа с серым сапропелем в инт. 346-376 см формировалась 15.2-14.3 тыс. л. н. в интерстадиал ВØ. Уменьшение значений зольности торфа свидетельствует об усилении трофности. Климат становится теплее. В середине ВØ в результате увеличения испарения торфяник становится более сухим. В отложениях возрастом 14.3 тыс. л. н. возрастает доля ацидофилов (до 51%), что указывает на заболачивание водоема. На исследуемой территории происходит расширение еловых лесов по речным долинам с неглубоко промерзающим почвенным покровом. Расширяются березовые леса, сокращаются заросли ерников и ольховника. Единичное присутствие пыльцы дуба монгольского (*Quercus mongolica*) предполагает существование небольших рефугиумов на горных склонах южной экспозиции Сихотэ-Алиня [6]. На GICC05 отмечается интерстадиал GI-1 14.7-12.9 тыс. л. н., который соответствует потеплению бёллинг-аллерёд (ВØ+AL) [17] и совпадает с событием 1 Дансгора-Эшгера (DO1, 14630 л. н.), характеризующего начало быстрого потепления. В это же время отмечено усиление влияния муссона на восточноазиатский регион (рис. 2) [19].

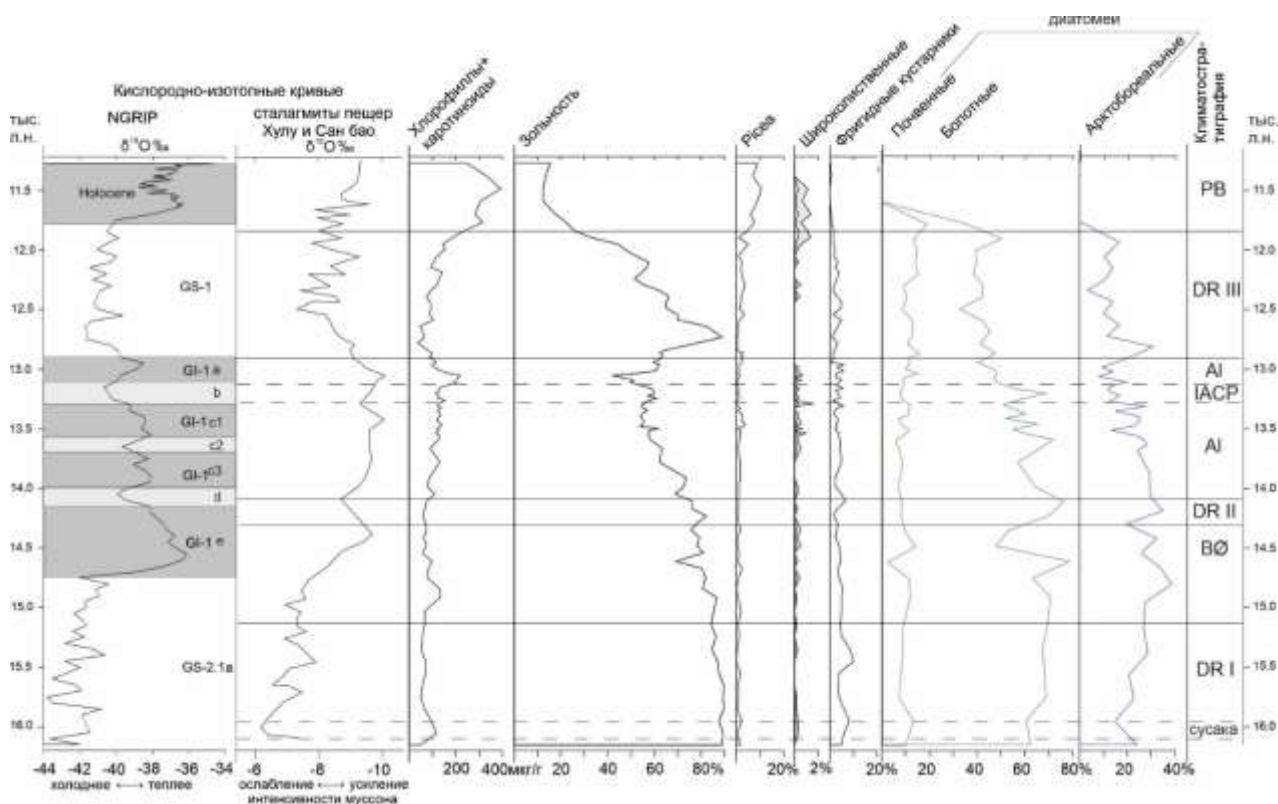


Рис. 2. Сопоставление выборочных прокси-записей из отложений разреза Гур 2-01 с GICC05 и кислородно-изотопной кривой NGRIP [17], динамикой восточноазиатского муссона [19]. Климатостратиграфия отложений разреза 2-01: DR I – ранний дриас, ВØ – бёллинг, DR II – средний дриас, AL – аллерёд, IACP – холодный эпизод внутри AL, DR III – поздний дриас, PB – пребореал.

На GICC05 отмечено холодное событие GI-1d (14.1-13.9 тыс. л. н.). Оно характеризуется падением значений $\delta^{18}\text{O}$, хотя и не достигает стадийных величин [17]. В разрезе Гур 2-01

похолодание зафиксировано в торфе на глубине 342-346 см возрастом 14.3-14.1 тыс. л. н. В осадках пропадает сапропель, что свидетельствует об окончательном исчезновении водоема и дальнейшем развитии торфяного болота. В осадках, накопившихся в этот период, отмечается пик содержания арктобореальных и болотных диатомей. Похолодание отождествляется со стадиями DR II. Это событие, скорее всего, было кратковременным. По разным оценкам оно длилось от 200 [1, 2, 4, 12, 16, 18] до 600 лет [18].

В интервале 282-342 см торф накапливался в течение 14.1-12.8 тыс. л. н. в теплых климатических условиях, которые соответствуют интерстадиалу AL. Потепление сопровождалось увеличением атмосферного увлажнения. Для этого времени наблюдаются самые высокие скорости торфонакопления, до 1.0 мм/год. Максимальное количество ацидофилов (*Eunotia praeurupta*, *E. monodon*, *E. diodon*) в диатомовых комплексах отложений этого периода свидетельствует об активном заболачивании территории. На региональном уровне произошло расширение лесной растительности с распространением еловых лесов, лиственничных марей, белоберезовых и каменноберезовых лесов. Из рефугиумов начали «выходить» дуб монгольский и ильм.

Современным аналогом растительных ландшафтов центральной части Нижнего Приамурья в AL могут быть ландшафты юго-восточного Приохотья, включая приустьевую зону Амура, где распространены темнохвойные елово-пихтовые и березово-ольховые леса с подлеском из кустарниковых берез, изредка орешника и дуба. Понижения заняты лиственничными марями и торфяниками. Эта обширная территория относится к Нижнеамурскому району Амгунь-Нижнеамурской климатической провинции, где среднегодовая температура $-1.5^{\circ}\dots-2.5^{\circ}\text{C}$, среднегодовая сумма осадков 470-700 мм [8]. По разнице климатических показателей этих провинций рассчитаны количественные характеристики климата 12.8-13.9 тыс. л. н. - среднегодовая температура в центральной части Нижнего Приамурья была ниже современной на $0.5-1^{\circ}\text{C}$, среднегодовое количество осадков было меньше примерно на 100 мм. Климат в AL был прохладнее и менее влажным, чем в настоящее время.

В интервале 292-310 см слой торфа возрастом 13.3-13.1 тыс. л. н. формировался в холодных климатических условиях. На GICC05 выделен холодный эпизод GI-1b Intra Allerød Cold Period (IACP) или осцилляция килларни/герцензее продолжительностью до 250 лет. По интенсивности похолодания его сравнивают с DR III. IACP охватил все Северное полушарие [4 и др.]. После завершения IACP на Среднеамурской низменности продолжился теплый период 13.1-12.8 тыс. л. н., которым завершается AL. Он коррелируется со стадией GI-1a 13.1-12.9 тыс. л. н. на GICC05 [17].

На GICC05 отмечен стадиал GS-1 (12.8-11.7 тыс. л. н.) [17], эквивалентный европейскому Younger Dryas (DR III) [3]. Он фиксируется в отложениях возрастом 12.8-11.8 тыс. л. н. Начало стадиала DR III ознаменовалось сильным похолоданием, которое привело к значительному сокращению березово-лиственничных и темнохвойных лесов на исследуемой территории. В составе лесной растительности исчезают единичные широколиственные. В отложениях наблюдается пик арктобореальных диатомей и минимум содержания фотосинтетических пигментов, что свидетельствует о снижении атмосферного увлажнения и иссушении поверхности торфяника, на котором широкое распространение получили фригидные кустарники и вересковые сообщества. Около 12.0-12.1 тыс. л. н. похолодание начало ослабевать, что привело к расширению березовых и темнохвойных лесов, появлению единичных представителей широколиственных (дуб и ильм) и сокращению зарослей фригидных кустарников. В конце DR III усилился тренд на потепление. Анализ полученных данных свидетельствует о том, что в DR III климат был менее холодным, чем DR I. Если в DR I среднегодовая температура была на $7,5-9.0^{\circ}\text{C}$, чем в настоящее время, то в DR III она могла быть на $5-7^{\circ}\text{C}$ ниже современной.

Ранний голоцен. Согласно GICC05 голоцен начался 11703 ± 4 л. н. [17]. Около 11.8 тыс. л. н. на Среднеамурской низменности происходит постепенное улучшение климатических условий, о чем свидетельствуют спорово-пыльцевые данные и увеличение содержания

фотосинтетических пигментов (рис. 2). Постепенное и необратимое увеличение теплообеспеченности вызвало направленную динамику расширения древесной растительности. Тундровая растительность начинала деградировать, расширялись площади лесной растительности. Активно распространялись еловые и березовые леса, ивняки занимали приречные поймы, на заболоченных лугах доминировали хвощево-осоковые ассоциации. Несмотря на общее повышение атмосферного увлажнения, увлажненность болот в этот период была слабой из-за увеличившегося испарения. Нахождение древесных остатков кустарников и лиственницы в отложениях инт. 210-225 см, а также высокий процент пыльцы вересковых свидетельствует о том, что поверхностный слой торфяника был сухим.

Заключение.

По данным, полученным при исследовании торфяника, выделены три стадийных события - DR I, DR II и DR III, когда климат был наиболее холодным и сухим, и два интерстадиала - BØ и AL, во время которых становилось теплее и влажнее. Впервые для региона выявлены кратковременные климатические события: теплый эпизод сусака (16.1-15.9 тыс. л. н.), холодный эпизод IACP или осцилляция килларни/герцензее (13.3-13.1 тыс. л. н.).

Реконструкция количественных параметров климата предполагает, что в DR I среднегодовая температура в северной части Среднеамурской низменности была на 7.5-9.0° С ниже современной, среднегодовое количество осадков примерно на 50 мм меньше; возможно, в DR III среднегодовая температура была на 5-7° С ниже, чем в настоящее время. В AL среднегодовая температура была на 0.5-1° С ниже современной, среднегодовое количество осадков на 100 мм меньше. Во время похолоданий DR I, DR II и DR III элементы охотской флоры проникали до 50-51° с. ш., границы растительных зон смещались на юг на 600-700 км.

Около 11.8 тыс. кал. л. н. начинается направленный тренд на потепление, ознаменовавший начало голоцена, но климат еще был прохладнее современного. На Среднеамурской низменности зональным ландшафтом стали березовые леса с ольхой, лиственницей и редкой примесью ильма, дуба и лещины, вторым по значимости ландшафтом были еловые леса с кедровым стлаником, древесными березами и редким участием широколиственных.

Климато- и хроностратиграфия позднеледниковья на Среднеамурской низменности хорошо коррелируется с аналогичными событиями из других регионов Северного полушария, что свидетельствует о глобальном характере их проявления.

Литература

1. Артемова А.В., Горбаренко С.А., Ковалева Г.В., Кузьмина В.А. Эволюция среды, климата и продуктивности Северо-Западной Пацифики в позднем плейстоцене-голоцене (на основе диатомового анализа) // Геосистемы Северо-Восточной Азии: природные и социально-экономические факторы и структуры. Владивосток: ФГБУН Тихоокеанский институт географии ДВО РАН. 2024. С. 488-494.
2. Безрукова Е.В., Тарасов П.Е., Кулагина Н.В., Абзаева А.А., Летунова П.П. Кострова С.С. Палинологическое исследование донных отложений озера Котокель (район оз. Байкал) // Геология и геофизика. 2011. Т. 52, № 4. С. 586-595.
3. Борисова О.К. Климат позднего дриаса внетропической области Северного полушария // Известия АН СССР. Сер. геогр. 1990, № 3. С. 66-74.
4. Величко А.А., Фаустова М.А., Писарева В.В., Карпухина Н.В. История Скандинавского ледникового покрова и окружающих ландшафтов в валдайскую ледниковую эпоху и начале голоцена // Лед и снег. 2017. Т.57, № 3. С. 391-416.
5. Кинд Н.В. Геохронология позднего антропогена по изотопным данным. М.: Наука, 1974. 256 с.

6. Крестов П.В., Баркалов В.Ю., Омелько А.М., Якубов В.В., Накамура Ю., Сато К. Реликтовые комплексы растительности современных рефугиумов Северо-Восточной Азии // Комаровские чтения. 2009. № 56. С. 5-63.
7. Микишин Ю.А., Гвоздева И.Г. Следы похолоданий на юге Сахалина в позднеледниковье и атлантическом периоде голоцена // Успехи современного естествознания. № 3. 2018. С. 107-116.
8. Петров Е.С., Новороцкий П.В., Леншин В.Т. Климат Хабаровского края и Еврейской автономной области. Владивосток-Хабаровск: Дальнаука, 2000. 174 с.
9. Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А., Белянина Н.И. Первые данные о развитии ландшафтов на юге Курильских островов на рубеже плейстоцена-голоцена // Докл. АН. 2010. Т. 430, № 1. С. 108–113.
10. Разжигаева Н. Г., Ганзей Л. А., Мохова Л. М., Гребенникова Т. А., Паничев А. М., Копотева Т. А., Кудрявцева Е. П., Арсланов Х. А., Максимов Ф. Е., Старикова А. А., Петров А. Ю. Этапы развития ландшафтов западного макросклона Сихотэ-Алиня на рубеже плейстоцена-голоцена (бассейн реки Бикин) // География и природные ресурсы. 2017. № 3. С. 127–138.
11. Разжигаева Н.Г., Гребенникова Т.А., Ганзей Л.А., Чаков В.В., Климин М.А., Мохова Л.М., Захарченко Е.Н. Стратиграфия водораздельного торфяника и развитие природной среды острова Большой Шантар в позднеледниковье-голоцене // Тихоокеанская геология. 2021. Т. 40, № 3. С. 85–102.
12. Садоков Д.О., Сапелко Т.В., Бобров Н.Ю., Меллес М., Федоров Г.Б. Позднеледниковая и раннеголоценовая история озерного осадконакопления на севере Молого-Шекснинской низменности на примере озера Белого (Северо-Запад России) // Вестник СПбГУ. Науки о Земле. 2022. Т. 67. Вып. 2. С. 266-298.
13. Чемяков Ю. Ф. Средне-Амурская впадина. В кн.: Геология СССР, т. XIX, Хабаровский край и Амурская обл. М., «Недра», 1966.
14. Bazarova V.B., Klimin M.A., Mokhova L.M., Orlova L.A. New pollen records of Late Pleistocene and Holocene changes of environment and climate in the Lower Amur River basin, NE Eurasia // Quaternary International. 2008. V. 179. P. 9–19.
15. Belyanin P.S., Belyanina N.I. The First Pollen Record of the Younger Dryas in the South of the Russian Far East // Doklady Earth Sciences, 2024. V. 516, N1. P. 866-871.
16. Bezrukova E.V., Abzaeva A.A., Letunova P.P., Kulagina N.V., Orlova L.A. Evidence of Environmental Instability of the Lake Baikal Area After the Last Glaciation (Based on Pollen Records from Peatlands) // Archaeology Ethnology and Anthropology of Eurasia. 2009. V. 37, N 3. P. 17–25.
17. Rasmussen O., Bigler M., Blockley S.P., Blunier T., Buchardt S.L., Clausen H.B., Cvijanovic I., Dahl-Jensen D., Johnsen S.J., Fischer H., Gkinis V., Guillevic M., Hoek W.Z., Lowe J.J., Pedro J.B., Popp T., Seierstad I.K., Steffensen J.P., Svensson A.M., Vallelonga P., Vinther B.M., Walker M.J.C., Wheatley J.J., and Winstrup M. A stratigraphic framework for abrupt climatic changes during the Last Glacial period based on three synchronized Greenland ice-core records: refining and extending the INTIMATE event stratigraphy // Quaternary Science Reviews. 2014. V. 106. P. 14–28.
18. Takahara H., Igarashi Y., Hayashi R., Kumon F., Liew P.-M., Yamamoto M., Kawai S., Oba T., Irino T. Millennial-scale variability in vegetation records from the East Asian Islands: Taiwan, Japan and Sakhalin // Quaternary Science Reviews. 2010. V. 29. P 2900–2917.
19. Zhang W., Fan B., Li Y., Xu Q., Li B., Ding G., Zhang J. Pollen record of precipitation changes during the Younger Dryas and Early Holocene in the North China Plain // Quaternary International. 2019. V. 532. P. 116–125.