

УДК 551.79(571.63)

ПЕРВАЯ ПЫЛЬЦЕВАЯ ЛЕТОПИСЬ РАННЕГО ДРИАСА НА ЮГЕ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ

© 2024 г. П. С. Белянин*, Н. И. Белянина

Представлено академиком РАН А.А. Тишковым 19.01.2024 г.

Поступило 19.01.2024 г.

После доработки 01.02.2024 г.

Принято к публикации 05.02.2024 г.

Высокоразрешающая пыльцевая запись, полученная из датированных отложений Приханкайской впадины, позволила впервые реконструировать изменения растительности на юге Дальнего Востока России, произошедшие в одну из самых холодных фаз MIS 2 — в раннем дриасе. Результаты спорово-пыльцевого анализа показали, что ухудшение климатических условий между 18200 и 15500 кал. л. н., наступившее после первого, слабого потепления в MIS 2, вновь вызвало распространение растений бореальной флоры, доминировавших на юге Дальнего Востока России, в более сухом и холодном климате, сопоставляемом с Гыданской стадией Сартанского оледенения. Их ареалы в холодном климате существенно отличавшиеся от современных, из-за нарастающего похолодания, вновь стали смещаться к югу. Доминирующее положение в экосистемах региона занимали еловые и мелколиственные леса, редкостойные лиственничники и ерники из кустарниковых берёз, ольховника и кедрового стланика, а также сфагновые болота.

Ключевые слова: поздний плейстоцен, палеоклимат, радиоуглеродное датирование, палеоландшафты, Приханкайская впадина

DOI: 10.31857/S2686739724050181

ВВЕДЕНИЕ

Одними из важных и из-за сложности ещё не до конца изученных задач, касающихся эволюции экосистем, являются вопросы о их развитии на переходных этапах от ледниковых эпох к межледниковым и наоборот. Это обусловлено сложностью выявить влияние на развитие растительности многократных, короткопериодных “чередований волн такого уровня глубокого похолодания и потепления, что их смена приводила к радикальной трансформации зональной структуры ландшафтной оболочки Земли...” [1]. Такие климатические флуктуации наиболее ярко проявились в умеренных широтах обоих полушарий [2, 3], где при глубоких климатических колебаниях, естественные изменения растительности приобретали наибольший масштаб и интенсивность.

Последним этапом глубокой перестройки природной среды является эпоха постепенно-го, волнообразного потепления, завершившая

ледниковый максимум позднего плейстоцена (26200–19300 кал. л. н.) [4], коррелирующийся со второй стадией кислородно-изотопной шкалы (MIS) [5]. Наступившее около 19300 кал. л. н. слабое потепление обозначило начало заключительного интервала оледенения MIS 2 [4]. Это событие совпадает с возрастанием инсоляции в северном полушарии до современных значений. Затем последовали интерстадиалы Беллинг и Аллеред, представляющие, по сути, единую волну потепления, отвечающую восходящей кривой солнечной радиации [6].

Временные интервалы между этими потеплениями заполняется серией из трёх похолоданий. Первому из них — раннему дриасу соответствует временной интервал 16900–14700 кал. л. н. [7]. Установлено, что в Сибири [4] и на юге Дальнего Востока [8] это похолодание проявилось в смещённом временном интервале с 18200 по 15500 кал. л. н. Следующая волна холода — средний дриас была самой короткой — с 14100 по 13900 кал. л. [7]. До сих пор временные рамки её проявления точно не установлены, так как оценки различаются на 400 лет, но считается, что её продолжительность составляла около 200 лет

Тихоокеанский институт географии Дальневосточного отделения Российской Академии наук, Владивосток, Россия
*E-mail: pavelbels@yandex.ru

[9]. Поздний дриас проявился между 12650 и 11590±100 кал. л. н. [7].

Несмотря на хорошую изученность эволюции растительности этих эпох во многих регионах Восточной Азии, не везде имеются пыльцевые летописи, описывающие отклик растительности на климатические флуктуации в течении заключительной фазы оледенения MIS 2. Так, для Приморья датированная пыльцевая летопись раннего дриаса получена лишь в горной области среднего Сихотэ-Алиня [10]. На юге региона такие данные отсутствуют.

Целью исследования является выявить отклик растительности юга Дальнего Востока на похолодание в раннем дриасе и определить временные границы этого события.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Первая датированная пыльцевая летопись по отложениям раннего дриаса в южном Приморье получена в одной из крупнейших впадин юга Дальнего Востока России – в Приханкайской впадине (рис. 1). Изученный разрез 6602 заложен на низкой аккумулятивной равнине оз. Ханка, в приустьевой части р. Рисовка (44°30'37" с. ш.; 132°21'12" в. д.). Здесь в обнажении вскрыта толща рыхлых отложений мощностью 1.2 м (табл. 1). Отбор проб проведён через каждые 2.5 см. Спорово-пыльцевой анализ выполнен по стандартной методике.

Датирование радиоуглеродным методом выполнено в Центре ускорительной масс-спектрометрии Лауренс Ливермор Национальной лаборатории Департамента Энергии Калифорнийского университета. Перевод радиоуглеродных

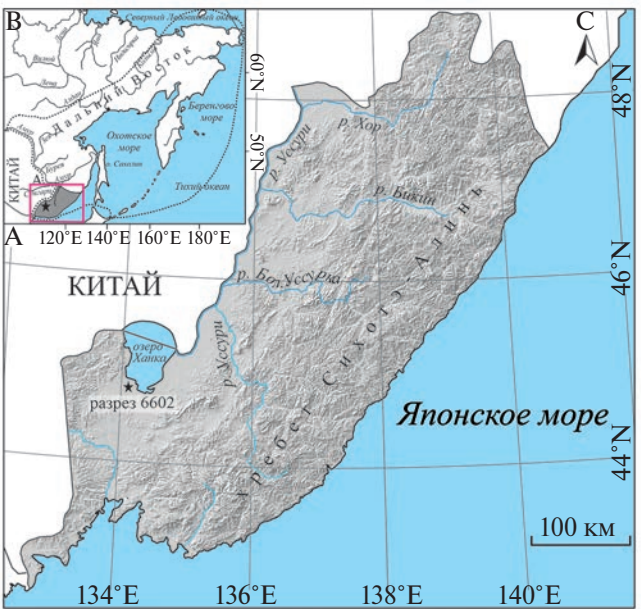


Рис. 1. Расположение изученного разреза. А – Дальний Восток России; В – юг Дальнего Востока России.

дат в календарные сделан по программе OxCal 4.4 с использованием калибровочной кривой “IntCal 20” (<https://c14.arch.ox.ac.uk/oxcal.html>) (табл. 2).

Возрастная модель разреза построена в среде R, в программе Бэкон (https://chrono.qub.ac.uk/blaauiw/manualBacon_2.3.pdf). Моделирование полученных значений возраста позволило протестировать календарные возрасты радиоуглеродных дат методом повторной случайной выборки и выявить омоложенные даты. Такой оказалась дата 340±135 кал. л. н. полученная растительному детриту из илистого песка на глубине 45–41 см (см. табл. 2).

Таблица 1. Литологическое строение разреза 6602

№ слоя	Интервал глубин, м	Литология
1	0.0–0.10	песок желтовато-серый, мелкозернистый, илистый, гумусированный, с корешками травянистых растений
2	0.10–0.40	алеврит чёрный, с линзами зеленовато-серого песка, насыщенный корневищами водных растений (тростник) и осок
3	0.40–0.55	песок желтовато-серый, илистый, с древесиной, в подошве — остатки тростника, хвоща топяного, плодов водяного ореха
4	0.55–0.65	песок тёмно-серый, мелкозернистый, с прослоями чёрного алеврита
5	0.65–1.00	переслаивание тонкозернистого илистого песка с синевато-серым алевритом и прослоями оторфованного алеврита и песка, в подошве с остатками водных растений
6	1.0–1.20	супесь бурая, комковатая, с вертикальными полосами ожелезнения вдоль остатков растений

Таблица 2. Радиоуглеродный и календарный возраст отложений из разреза 6602 [11]

Лаб. номер	Интервал, см	Радиоуглеродный возраст, лет	Средний календарный возраст, кал. л. н.	Калиброванный возрастной диапазон, кал. л. н.	Датированный материал
CAMS #73278	89–86	14710±220	17950	18240–17655	растительный детрит
CAMS #73283	45–41	300±110	340	475–205	растительный детрит
CAMS #74337	22–21	210±60	195	305–80	растительный детрит

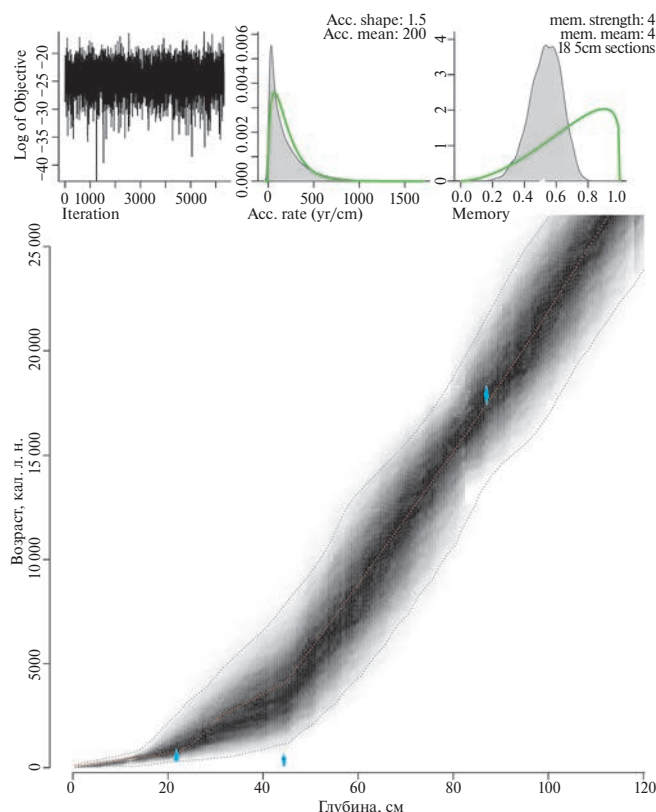


Рис. 2. Возрастная модель по разрезу 6602.

ТАКСОНОМИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ПАЛИНОСПЕКТРОВ

Результаты возрастного моделирования показали, что отложения раннего дриаса, представленные тонкозернистым илистым песком с синевато-серым алевроитом, прослоями оторфованного алевроита и песка, в подошве с остатками водных растений залегают в интервале глубин 94–82 см (рис. 2). На это же указывает и ^{14}C -дата 17950 ± 295 кал. л. н. (см. табл. 2).

В полученном из этого слоя палинокомплексе основной фон создаёт пыльца хвойных и мелколиственных растений (рис. 3). Среди них преобладает пыльца хвойных пород — *Pinus*

s/g *Haploxylon* (3.0–18.5%) и *Picea* (4.8–16.5%). Присутствует пыльца рода *Abies*, а также подрода *Pinus* s/g *Diploxylon*. Мелколиственные растения представлены пыльцевыми таксонами *Betula grandulosa* (3.2–15.0%), *Betula pubescens* (2.4–11.2%), *Betula alnobetula* (2.9–9.4%), *Betula costata* (2.9–7.9%) и *Alnus* (2.4–3.8%). Отмечены редкие пыльцевые зёрна *Salix*. Пыльца широколиственных растений не найдена. Доминирующее положение в группе трав и кустарников занимают представители семейств *Cyperaceae* (31.0–60.9%), *Asteraceae* (4.1–8.9%) и *Ranunculaceae* (0.8–4.7%). Присутствуют единичные пыльцевые зёрна таксонов из семейств *Apiaceae*, *Roaceae*, *Rosaceae*, *Polygonaceae*, *Chenopodiaceae* и *Iridaceae*, родов *Thalictrum*, *Ericales*, *Menyanthes*, а также вида *Persicaria maculosa*. Среди споровых таксонов доминируют представители семейства *Polypodiaceae* (15.3–22.6%) и рода *Sphagnum* (5.8–25.6%). В небольшом количестве присутствуют споры семейства *Ophioglossaceae*, родов *Osmunda* и *Salvinia*.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Таксономический состав полученного палинокомплекса свидетельствует, что основной облик растительности юга Дальнего Востока в раннем дриасе представляли еловые и мелколиственные леса, редкостойные лиственничники и ерники из кустарниковых берёз, ольховника и кедрового стланика, а также сфагновые болота. Известно, что растительные формации с доминированием стлаников флористически бедны. В них найдено лишь 42 вида сосудистых растений, большую часть которых составляет таежная и подгольцовая ценотические группы [12]. Столь бедный флористический состав указывает на более суровые, чем в настоящее время климатические условия.

Схожая динамика в растительности отмечена и в долинах центрального Сихотэ-Алиня, где лесная растительность в раннем дриасе

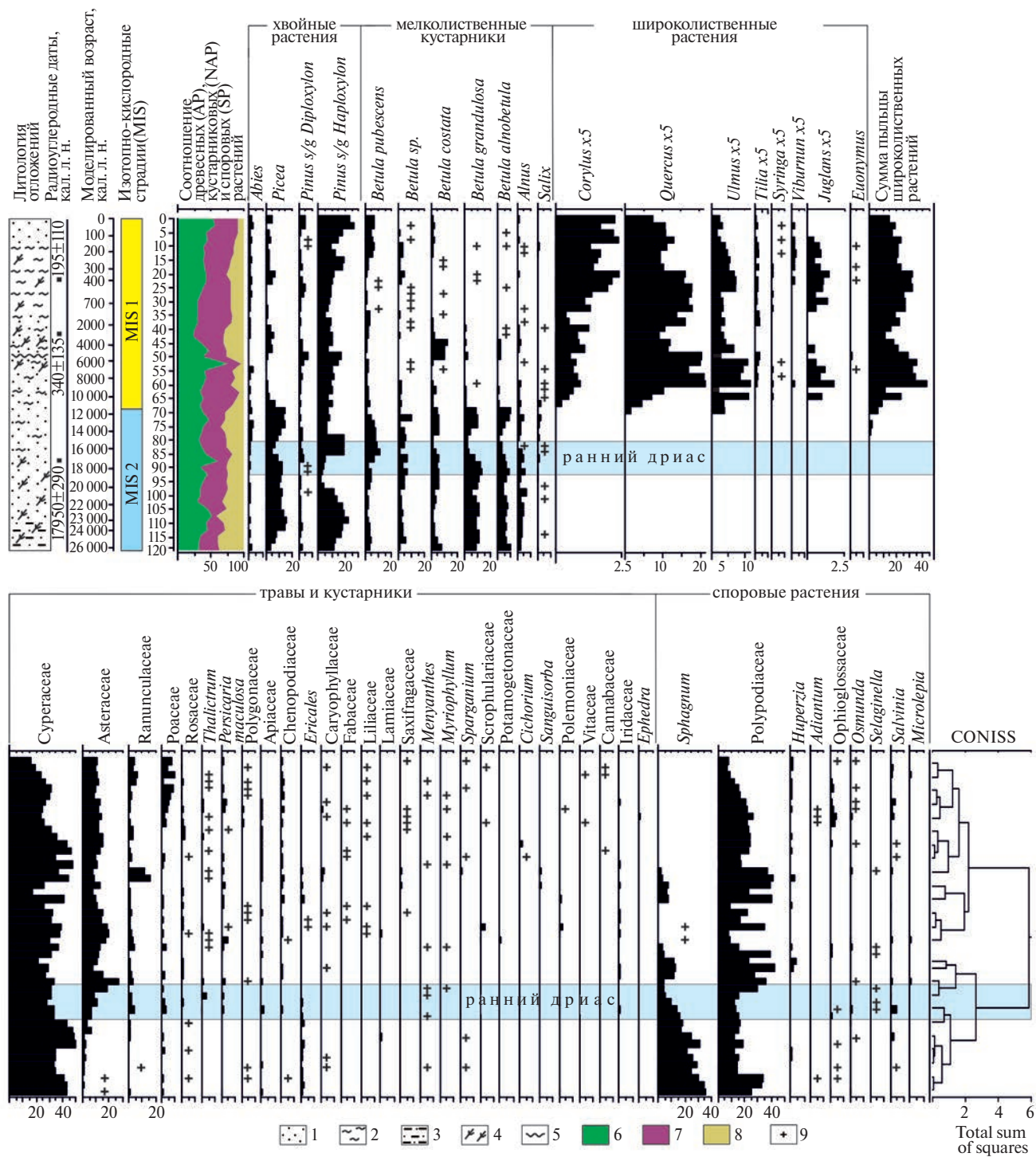


Рис. 3. Спорово-пыльцевая диаграмма разреза 6602 на низкой аккумулятивной равнине около оз. Ханка. 1 – песок, 2 – алеврит, 3 – супесь, 4 – растительный детрит, 5 – перерыв в осадконакоплении. Соотношение групп растений: 6 – деревьев и кустарников, 7 – трав и кустарничков, 8 – спор, 9 – содержание пыльцы и спор в палиноспектрах менее 2 %.

стала более разреженной [10]. В ней преобладали берёзовые леса и редколесья. Площади, занятые лугами, расширились. В долине имелись обширные мари и лиственничники с обилием кустарниковых берёз и доминированием осок в травяном покрове. О холодных условиях также

свидетельствует большое количество арктобореальных видов диатомей.

По всей видимости, количество летних осадков уменьшилось, на что указывает обилие пыльцы полыни в палиноспектрах из среднего течения р. Бикин [10]. Можно предположить, что в конце периода из-за ослабления зимнего Восточноазиатского муссона, выпадало большое количество зимних осадков. Об этом свидетельствует значительное содержание пыльцы *Pinus* подрода *Haploxylon*, представленной, по всей видимости *Pinus pumila*. Это обусловлено ослаблением зимнего Восточно-Азиатского муссона [13]. Это светолюбивое, не выносящее устойчивого затенения растение [14] было повсеместно распространено на хребтах юга Дальнего Востока в MIS 2 покрытых редкостойными лиственничниками, ельниками и мелколиственными лесами. Другой, более теплолюбивый и теневыносливый вид подрода *Haploxylon* — *Pinus koraiensis* являющийся эдификатором современной растительности юга Дальнего Востока, в холодном и сухом климате MIS 2 не произрастал [15].

На доминирование в раннем дриасе редкостойных лесов бореального облика указывает и А.А. Назаренко [16]. Анализируя современные фауны дендрофильных птиц и коррелируя их с палеоботаническими данными, он пришел к выводу, что 19 300—13 900 кал. л. н. назад условий для миграций этой экологической группы птиц на юге Дальнего Востока не было.

Современный аналог такой растительности расположен значительно севернее. Так, он характерен для прибрежных хребтов Охотского моря [17]. На Корякском хребте ледники и каменные глетчеры в гипсометрическом отношении соседствуют с кедровым стлаником, кустарниковой ольхой и широким спектром субарктических и бореальных растений [18]. А современная южная граница ареала сфагновых марей на высотах близких к уровню моря проходит на два-три градуса севернее Приханкайской впадины [21].

Очевидно, что растительность раннего дриаса на юге Дальнего Востока была схожа с растительностью самой холодной Гыданской стадии Сартанского оледенения. В это время произошла ещё более глубокая деградация растительности [8]. Неблагоприятные термические условия в сочетании с аридизацией климата сделали невозможным существование растительных формаций, близких к современным. На это же указывает и уровень среднегодовых температур (−6...−8°C), приводимый для раннего дриаса на юге Дальнего Востока [19]. Холодный

климат препятствовал распространению широколиственных растений, сосны корейской и сосны густоцветковой, но не достигал нижних пределов для многих холодоустойчивых современных лесообразователей региона, например, для ели, лиственницы и мелколиственных пород [20]. Соответственно, ни зимние, ни летние температуры не стали лимитирующим фактором в распространении лесной растительности на юге Дальнего Востока в MIS 2.

На это же указывает таксономический состав палиноспектров из отложений, залегающих глубже 94 см, сформировавшихся в условиях термического минимума MIS 2. Он свидетельствует, что даже при более низких температурах в эту эпоху [19], на юге Дальнего Востока произрастали древесные породы, представленные в основном *Picea*, *Pinus pumila*, *Betula grandulosa*, *Betula costata*, *Betula alnobetula*, *Betula pubescens*, *Betula grandulosa*, *Alnus*, в напочвенном покрове был развит и *Sphagnum*.

Напротив, палиноспектры из верхней части разреза в интервале глубин 82—0 см отражают постепенную смену бореальных растений представителями маньчжурской флоры. В отложениях выше 70 см, сформировавшихся около 11 700 кал. л. н. появляется единичная пыльца ильма и дуба, к которым в более высоких горизонтах присоединяются пыльца других широколиственных и хвойных растений, представляющих современный облик растительности юга Дальнего Востока.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Первые палинологические данные по датированным отложениям раннего дриаса, позволили реконструировать эволюцию растительности этой эпохи на юге Дальнего Востока России. Они показали, что усилившееся 18 200—15 500 кал. л. н. похолодание, вновь вызвало увеличение участия в экосистемах растений бореальной флоры. Доминирующее положение в растительности занимали еловые и мелколиственные леса, редкостойные лиственничники и ерники из кустарниковых берёз, ольховника и кедрового стланика, а также сфагновые болота. Очевидно, что древесная растительность сохранялась на юге Дальнего Востока даже в условиях глубоких похолоданий MIS 2, одним из которых был ранний дриас. В современной флоре юга Дальнего Востока аналог такой растительности отсутствует.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Величко А. А.* Эволюционная география: проблемы и решения. М.: ГЕОС, 2012. 563 с.
2. *Борисова О. К.* Ландшафтно-климатические изменения в умеренных широтах Северного и Южного полушарий за последние 130 000 лет. М.: ГЕОС, 2008. 264 с.
3. *Novenko E. Yu., Velichko A. A., Zaganova I. S. et al.* Dynamics of vegetation at the Late Pleistocene Glacial/Interglacial transition (new data from the center of the East European Plain) // Polish Geological Institute Special Papers. 2005. V. 16. P. 77–82.
4. *Кинд Н. В.* Геохронология позднего антропогена по изотопным данным. М.: Наука, 1974. 254 с.
5. *Imbrie J. D., Hays J. D., Martinson D. G. et al.* The orbital theory of Pleistocene climate: support from a revised chronology of the marine $d^{18}O$ record / In: Berger A. L., Imbrie J., Hays J. et al. (eds.). // Milankovitch and Climate (Part 1). Dordrecht: D. Reidel Publishing Company, 1984. P. 269–305.
6. *Зубаков В. А.* Глобальные климатические события плейстоцена. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 286 с.
7. *Величко А. А., Фаустова М. А., Писарева В. В. и др.* История Скандинавского ледникового покрова и окружающих ландшафтов в валдайскую ледниковую эпоху и начале голоцена // Лёд и Снег. 2017. Т. 57. № 3. С. 391–416. <https://doi.org/10.15356/2076-6734-2017-3-391-416>
8. *Короткий А. М.* Палинологические и радиоуглеродные датировки верхнечетвертичных отложений Российского Дальнего Востока. Местонахождения в Приморье / Под ред. П. М. Андерсона, А. В. Ложкина // Позднечетвертичные растительность и климат Сибири и Российского Дальнего Востока (палинологическая и радиоуглеродная база данных). Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 2002. С. 274–33.
9. *Allaby M.* Oxford Dictionary of Geology and Earth Sciences (4th ed.). Oxford University Press, 2013. 668 p.
10. *Разжигаева Н. Г., Ганзей Л. А., Мохова Л. М. и др.* // География и природные ресурсы. 2017. № 3. С. 127–138. [https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2017-3\(127-138\)](https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2017-3(127-138))
11. *Короткий А. М., Гребенникова Т. А., Караулова Л. П. и др.* Озерные трансгрессии в позднекайнозойской Уссури-Ханкайской депрессии (Приморье) // Тихоокеанская геология. 2007. Т. 26. № 4. С. 53–68
12. *Крестов П. В., Верхолат В. П.* Редкие растительные сообщества Приморья и Приамурья. Владивосток: ДВО РАН, 2002. 200 с.
13. *Wang L., Sarnthein M., Erlenkeuser H. et al.* East-Asian monsoon climate during the late Pleistocene: High-resolution sediment records from the South China Sea. Marine Geology. 1999. V. 156. P. 243–282.
14. *Кабанов Н. Е.* Типы растительности южной оконечности Сихотэ-Алиня // Труды ДВФ АН СССР. Сер. Ботан. 1937. С. 273–332.
15. *Belyanin P. S., Belyanina N. I.* The late Pleistocene and Holocene history of *Pinus koraiensis* (Korean Pine) in the south of the Russian Far East based on palynological data // Acta Palaeobotanica. 2021. V. 61. № 2. P. 148–170.
16. *Назаренко А. А.* Орнитофаунистический обмен между южной и северной Азией на восточной периферии континента: последний ледниково-межледниковый цикл // Журнал общей биологии 1990. Т. 51. № 1. С. 89–105.
17. *Шлотгауэр С. Д.* Флора и растительность Западного Приохотья. М.: Наука, 1978.
18. *Галанин А. А.* Каргинский (MIS 3) возраст последнего ледникового максимума на северо-востоке Азии // Изв. РАН. Серия географическая. 2012. № 3. С. 81–93.
19. *Короткий А. М., Гребенникова Т. А., Пушкарь В. С. и др.* Климатические смены на территории юга Дальнего Востока в позднем кайнозое (миоцен-плейстоцен). Владивосток: ТИГ ДВО РАН, 1996. 578 с.
20. *Крестов П. В., Баркалов В. Ю., Омелько А. М. и др.* Реликтовые комплексы растительности современных рефугиумов Северо-Восточной Азии // Комаровские чтения. 2009. Вып. LVI. С. 5–63.
21. *Прозоров Ю. С., Попов А. А.* Основные типы болот и заболоченных лесов Приморского края // Вопросы лесоводства и лесоведения. / Под ред. А. Б. Жукова. Вып. 1. Красноярск: Красноярское книжное издательство, 1961. С. 146–162.

THE FIRST POLLEN RECORD OF THE YONGER DRYAS IN THE SOUTH OF THE RUSSIAN FAR EAST

P. S. Belyanin[#], **N. I. Belyanina**

Presented by Academician of the RAS A.A. Tishkov January 19, 2024.

*Pacific Geographical Institute Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences,
Vladivostok, Russian Federation*

[#]E-mail: pavelbels@yandex.ru

The high-resolution pollen record retrieved from dated sediments of the Khanka Depression made it possible for the first time to reconstruct evolution of vegetation in the south of the Russian Far East that occurred during one of the coldest phase of MIS 2 – the Yonger Dryas. The results of palynological analysis showed that strong global cooling occurred after the first, slight warming between 18200 and 15500 cal BP, which followed after one of the coldest and driest Gydan Stage of the Sartan Glaciation, again led to spread of boreal flora plants. The spruce and small-leaved forests, sparse larch and dwarf birch, alder and elfin pine forests, and also Sphagnum mires dominated in the ecosystems of the region. This plants were typical of the south of the Russian Far East during the drier and colder Gydan Stage of the Sartan Glaciation. Their ranges under the cold climate, which were significantly different from the modern ones, due to increasing cooling, again began to shift southward.

Keywords: the Late Pleistocene, paleoclimate, radiocarbon dating, paleolandscapes, Khanka Depression