

УДК 551.89:551.799 (571.642)

DOI: 10.17513/use.36134

ПОЗДНИЙ СУБАТЛАНТИК ЮЖНОГО САХАЛИНА**Микишин Ю.А., Гвоздева И.Г.***Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Владивосток, e-mail: yurimikishin@fegi.ru*

Изучение отложений торфяника на северо-западном побережье оз. Тунайча позволило уточнить характер и хронологию ландшафтно-климатических изменений в конце средней и поздней фазах субатлантического периода голоцена на юге Сахалина. Выделено 6 спорово-пыльцевых комплексов, отвечавших распространению елово-пихтовых лесов (среднесубатлантическое похолодание VI–VII веков), пихтово-еловых лесов с участием широколиственных пород (средневековой климатический оптимум VIII–X веков), лиственных лесов (похолодание XII–XIV веков), пихтово-еловых лесов с участием широколиственных пород (потепление XIV–XV веков), лесотундры (малый ледниковый период XVI – первой половины XIX веков), елово-пихтовых лесов (начало современного потепления). Потепление XIV–XV веков превышало не только современный уровень, но и средневековой оптимум, что подтверждается большим участием в его растительности широколиственных пород. Малый ледниковый период был наиболее серьёзным ухудшением климатических условий на Сахалине за весь средний – поздний голоцен. Обнаружен вулканический пепел, выпавший около 600 л.н., принадлежащий, скорее всего, вулкану Раусу на о. Хоккайдо.

Ключевые слова: поздний голоцен, средневековой климатический оптимум, малый ледниковый период, торфяник, спорово-пыльцевой комплекс, палеоландшафт, палеоклимат, вулканический пепел

LATE SUBATLANTIC IN THE SOUTH OF SAKHALIN ISLAND**Mikishin Yu.A., Gvozdeva I.G.***Far East Geological Institute Far Eastern Branch RAS, Vladivostok, e-mail: yurimikishin@fegi.ru*

The study of peat-bog in the north-west coast of the Tunaycha Lake allowed clarifying the nature and history of landscape and climate change at the end of the middle and late phases of the Subatlantic Period of the Holocene in the south of Sakhalin Island. There are 6 spore-pollen complexes corresponding to the spread of spruce/fir forests (middle Subatlantic cooling VI–VII centuries), fir/spruce forests with broad-leaved trees (Medieval Warm Period VIII–X centuries), larch forests (cooling XII–XIV centuries), fir/spruce forests with broad-leaved trees (warming XIV–XV centuries), forest-tundra (Little Ice Age XVI–XIX centuries), spruce/fir forests (the beginning of modern warming). Tephra about 600 year's age was discovered, which had fallen, most likely, after the Rausu volcano eruption on Hokkaido Island.

Keywords: late holocene, medieval warm period, little ice age, peat-bog, pollen assemblage, paleolandscape, paleoclimate, tephra

Палеогеография южной части о. Сахалин в позднем голоцене рассматривалась за последние десятилетия неоднократно [1, 3, 5, 7]. Исследования показали, что в течение последней тысячи лет, охватывающей, согласно схеме периодизации голоцена [11], конец среднего и поздний субатлантик, на юге острова происходили резкие смены растительности, вызванные изменениями климата. Их последовательность во многом повторяла климатические колебания, зафиксированные историческими наблюдениями в Европе, Китае и Японии [2, 6]. Они помогли определить время развития палеоклиматических фаз, обнаруженных в основном при изучении верхнего слоя донных осадков оз. Тунайча и не имевших радиоуглеродных определений возраста [5]. Новые результаты, полученные при изучении торфяника на побережье оз. Тунайча, позволили уточнить характер и хронологию ландшафтно-климатических изменений на юге Сахалина в конце средней и поздней фазах субатлантического периода голоцена.

Материалы и методы исследования

Спорово-пыльцевым и радиоуглеродным анализами изучены отложения низинного торфяника «Крестоножка» (46°49'36,0" с.ш., 143°10'34,8" в.д.), лежащего на северо-западном побережье оз. Тунайча, вблизи протоки Красноармейской (рис. 1). Образцы торфа для спорово-пыльцевого анализа отбирались с шагом 3 см. Обработка проб выполнялась по стандартным методикам [8]. В каждом образце насчитывалось 300–500 зёрен пыльцы и спор. В общем составе спорово-пыльцевых спектров участие групп пыльцы деревьев и кустарников, фригидных кустарников (кедровый стланик, ольховник и кустарниковые берёзы), трав и кустарничков, а также спор устанавливалось от всего количества обнаруженных микрофоссилий. Содержание компонентов спектра подсчитывалось отдельно в группах пыльцы древесных пород (в том числе и фригидных кустарников), пыльцы трав и кустарничков и спор. Реконструкция палеорастительности проводилась на основе изучения субфоссилий спорово-пыльцевых комплексов Сахалина [4]. Абсолютный возраст отложений определялся в лаборатории палеоклиматологии кайнозоэя института геологии и минералогии СО РАН.

Побережье озера Тунайча в районе разреза образовано низкой аккумулятивной террасой высотой около 1 м и шириной не более 40 м, прилегающей к низкогорному массиву. Растительность террасы

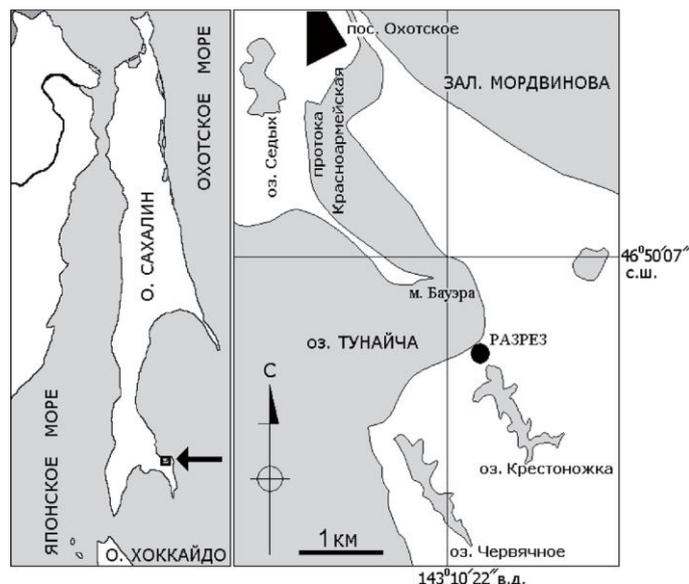


Рис. 1. Схема района исследования и местоположение разреза субатлантических отложений

представлена смешанным лесом из пихты, ели, берёз, рябины и клёна жёлтого, с подлеском из кедрового стланика. На песчаных террасах морского побережья, реже оз. Тунайча встречаются небольшие рощи из дуба и клёна красивого, совместно с зарослями кедрового стланика и тёмнохвойных пород. Окружающие низкогорные массивы покрыты пихтово-еловыми лесами. Климат района умеренный муссонный, с достаточно холодной зимой для столь южного положения территории и прохладным туманным летом. Средняя температура воздуха самого холодного месяца – января – равняется $-11,4^{\circ}$, самого тёплого – августа – $17,0^{\circ}$, среднегодовая температура достигает $3,0^{\circ}$, годовая сумма осадков достигает 800 мм [10].

Результаты исследования и их обсуждение

На террасе, в 10 м от берега озера, вскрыты следующие отложения, в см:

- 0–1 – лесная подстилка из листьев, хвои и веток деревьев;
- 1–3 – торф древесно-кустарничковый плохо разложившийся, тёмно-коричневого цвета с включением крупного песка и мелкого гравия;
- 3–6 – торф травяно-кустарничковый, плохо разложившийся, бурого цвета, с корой и ветками деревьев и небольшим содержанием крупного песка и мелкого гравия;
- 6–9 – торф мохово-кустарничковый, средне разложившийся, бурого цвета;
- 9–14 – торф сильно разложившийся, светло-коричневого цвета, с включением веток деревьев до 5–7 мм в диаметре;
- 14–24 – торф тростниково-сфагновый, средне разложившийся, бурого цвета, с прослоем вулканического пепла светло-серого цвета толщиной от 1–2 до 6 мм на глубине 18 см;

- 24–39 – торф сильно разложившийся, светло-коричневого цвета;

- 39–45 – торф низинный тростниковый, плохо разложившийся, серовато-коричневого цвета;

- 45–48 – торф сильно разложившийся, светло-коричневый;

- 48–51 – гиттия из семян рдеста, камыша и стеблей водных растений, с мелкозернистым илистым песком синевато-серого цвета;

- 51–57 – песок крупнозернистый, с мелким гравием и единичной мелкой галькой, с включением стеблей и корней тростника.

На спорово-пыльцевой диаграмме отложений выделяются следующие спорово-пыльцевые комплексы (СПК) (рис. 2).

СПК Кг-1 выявлен в песчано-гравийных отложениях прибрежного мелководья оз. Тунайча, в интервале 51–57 см. В общем составе комплекса преобладает пыльца деревьев и кустарников (49–65 %), меньшее значение принадлежит пыльце трав и кустарничков (13–29 %), а также фригидных кустарников (16–20 %). Споры имеют незначительное участие – 2–5 %. Пыльца деревьев и кустарников в основном относится к тёмнохвойным породам (46–52 %) с преимуществом ели (36–43 %) над пихтой. Пыльца фригидных кустарников (27–28 %) почти полностью принадлежит ольховнику (*Alnus maximowiczii* Call.), растущему на юге Сахалина в небольшом количестве. Немного уступает ей пыльца мелколиственных деревьев, относящаяся, в основном к берёзам. Присутствие широколиственных пород (дуб, ильм) составляет 0,8–2,7%. Среди

пыльцы травянистых растений много осоковых (17–61 %), злаковых (19–38 %) и разнотравья (14–20%). Состав СПК Kr-1 наиболее близок к субфоссильному комплексу елово-пихтовых лесов среднего Сахалина [4]. Условия формирования отложений были несколько холоднее и суше современных, учитывая климатические параметры территории

распространения этого комплекса (табл. 1). Возраст события лишь немного превышает время начала торфонакопления (табл. 2) и, скорее всего, составляет 1300–1400 лет (VI–VII века). Оно отвечает похолоданию, отмеченному в среднюю фазу субатлантика на юго-западе о. Сахалин [3, 7] и на северо-западной окраине о. Хонсю [13].

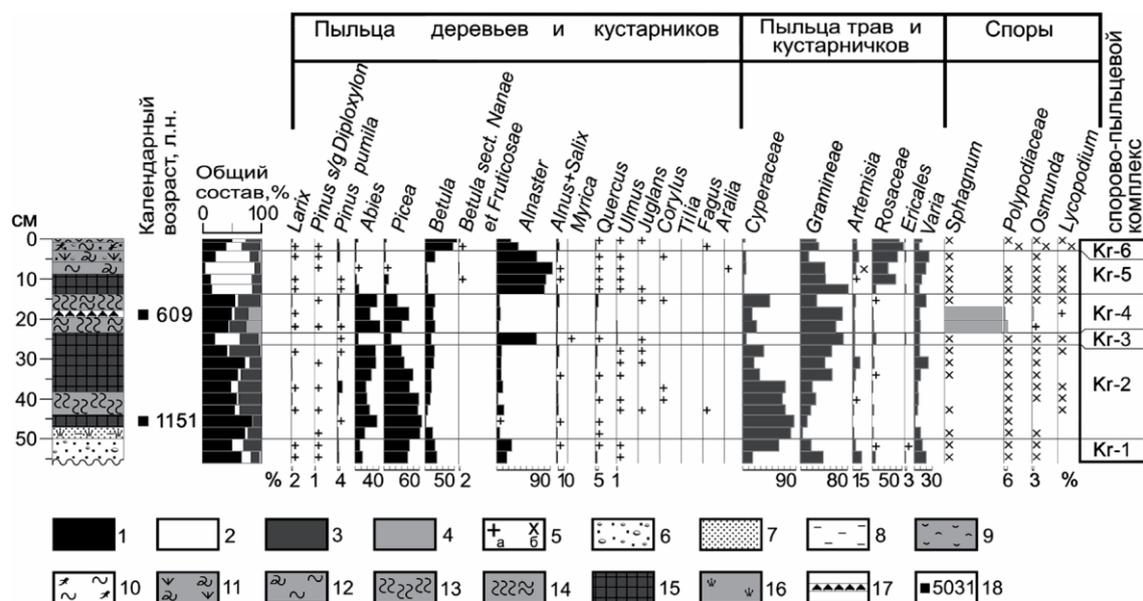


Рис. 2. Спорово-пыльцевая диаграмма отложений разреза «Крестоножка»:

- 1 – пыльца деревьев и кустарников; 2 – пыльца фригидных кустарников;
- 3 – пыльца трав и кустарничков; 4 – споры; 5 – содержание:
- а – < 1%, б – участие таксонов не подсчитано

из-за малого числа обнаруженных зёрен пыльцы и спор.

- Литология: 6 – песок с гравием и мелкой галькой; 7 – песок мелкий; 8 – алеврит;
- 9 – лесная подстилка; 10 – торф древесно-кустарничковый; 11 – торф травяно-кустарничковый,
- с корой и ветками деревьев; 12 – торф мохово-кустарничковый; 13 – торф тростниковый;
- 14 – торф тростниково-сфагновый; 15 – торф сильно разложившийся; 16 – гиттия;
- 17 – вулканический пепел; 18 – радиоуглеродная дата

Таблица 1

Климатическая характеристика территорий распространения основных субфоссильных спорово-пыльцевых комплексов о. Сахалин [10]

| Субфоссильные комплексы Сахалина [4] | Средняя температура воздуха(°С) | | | Сумма осадков, мм | | |
|--|---------------------------------|-------------|-------------|-----------------------------------|--------------------------------|----------------|
| | январь | август | год | холодный период, XI–III (средняя) | тёплый период, IV–XI (средняя) | Год, (средняя) |
| Приморской лесотундры северного Сахалина | –21,1...–20,3 | 11,5...12,2 | –3,6...–3,0 | 149–163 (160) | 322–428 (370) | 485–577 (530) |
| Лиственничных лесов северного Сахалина | –22,9...–16,8 | 13,9...15,6 | –2,7...–2,2 | 148–243 (180) | 315–513 (400) | 475–723 (580) |
| Елово-пихтовых лесов среднего Сахалина | –24,2...–13,3 | 12,0...17,0 | –2,3...1,9 | 122–248 (190) | 414–724 (530) | 545–911 (720) |
| Пихтово-еловых лесов с участием широколиственных пород южного Сахалина | –15,7...–7,5 | 15,9...18,2 | 1,4...4,5 | 184–329 (250) | 468–744 (590) | 734–990 (840) |

СПК Кг-2 обнаружен на глубине 27–51 см в осадках озёрной гиттии и перекрывающих её слоев торфа. От предыдущего он отличается небольшим увеличением доли пыльцы деревьев и кустарников (41–84 %) в общем составе и большей ролью пыльцы травянистых растений (14–51 %), выходящей на второе место. Участие пыльцы фригидных кустарников снижается в три раза, до 1–12 %, спор – по-прежнему остаётся минимальным (1–3 %). В группе пыльцы древесных пород значительно усиливается значение тёмнохвойных пород (65–96 %), причём как ели, так и пихты, содержание которой по-прежнему в два–три раза ниже. Заметно, в среднем в два и более раза, уменьшается содержание пыльцы мелколиственных деревьев и фригидных кустарников. Содержание пыльцы широколиственных пород увеличивается до 4 % только в верхней части слоя. Из них лишь пыльца дуба, ильма и ореха принадлежит местной растительности, а лещины (*Corylus*) и бука (*Fagus*) – занесена с о. Хоккайдо [4]. Пыльца трав образована семействами осоковых (19–86 %) и злаковых (4–55 %), реже разнотравьем. Состав СПК Кг-2 соответствует субфоссиальному комплексу пихтово-еловых лесов с участием широколиственных пород южного Сахалина, отражающих более тёплые климатические условия, чем в предшествовавшее время (табл. 1). Начало потепления, судя по радиоуглеродному возрасту придонного горизонта торфяника (табл. 2), произошло в VIII–IX веках, соответствуя наступлению средневекового климатического оптимума [2, 5, 6, 9]. Климат был влажнее современного, что подтверждается более широким распространением в растительности тёмнохвойных лесов (столь высокое, свыше 60 %, содержание её пыльцы фиксируется лишь в пятой части субфоссиальных проб юга Сахалина), особенно в первую половину события. Во

вторую его половину, вероятно в X–XI веках (учитывая скорость торфонакопления), влажность климата несколько уменьшилась, т.к. роль тёмнохвойных лесов снизилась. Температурный режим был близок к современному уровню и, скорее всего, превышал его, как было установлено ранее [5]. Тёплый и влажный климат в VIII–XII веках отмечен и на северо-западном побережье о. Хонсю, в 500 км южнее Сахалина [13].

Спорово-пыльцевой спектр Кг-3 из горизонта хорошо разложившегося торфа в интервале 24–27 см, имеет общий состав с преобладанием пыльцы фригидных кустарников (43 %) и резко упавшей ролью пыльцы деревьев (20 %). В группе пыльцы древесных пород доминирует ольховник (67 %), реже отмечаются тёмнохвойные (18 %) и мелколиственные (13 %) породы. Пыльца широколиственных деревьев всего 1 %. Пыльца трав и кустарничков представлена в основном злаками (71 %). Состав спектра сближает его с характеристиками субфоссиального комплекса лиственничных лесов северного Сахалина [4]. Он отразил преобладание светлохвойных лиственничных лесов с подлеском из ольховника, сокращение участия тёмнохвойных пород и выпадение из растительного покрова широколиственных деревьев. Климатические условия стали значительно суровее и суше современных (табл. 1), отвечая похолоданию XII–IV веков, зафиксированному в разных районах Евразии, в том числе и на Сахалине [5, 6].

СПК Кг-4 обнаружен в слое тростниково-сфагнового торфа, в интервале 14–24 см. Характеризуется восстановлением в общем составе ведущей роли пыльцы деревьев и кустарников (44–54 %), снижением участия фригидных кустарников (2–5 %) и заметно возросшим значением спор (3–27 %). В группе пыльцы древесных пород лидируют тёмнохвойные, с максимальным

Таблица 2

Радиоуглеродные датировки субатлантических отложений южного Сахалина

| № п/п | Разрез, лаб. № | Глубина отбора, см | Материал | Возраст образца | | |
|-------|--------------------------|--------------------|-----------------|-----------------------|----------------------|--------------------------------|
| | | | | радиоуглеродный, л.н. | календарный, к.л.н.* | 68 % предел колебаний, к.л.н.* |
| 1 | «Крестоножка», СОАН-3799 | 45–47 | торф | 1210 ± 40 | 1151 ± 63 | 1214–1087 |
| 2 | «Крестоножка», СОАН-3798 | 18–21 | торф | 625 ± 45 | 609 ± 40 | 649–569 |
| 3 | «Пески», ДВГУ-129 [5] | 24–27 | древесный уголь | 511 ± 85 | 549 ± 73 | 622–476 |
| 4 | «Пески», ДВГУ-130 [5] | 24–27 | древесина | 551 ± 89 | 578 ± 59 | 637–519 |

Примечание *калибровка дат выполнена в программе CalPal (<http://www.calpal-online.de>).

содержанием пихты (до 43 %). Стоящая на втором месте пыльца мелколиственных деревьев представлена в основном берёзами (14–17 %). Пыльца фригидных кустарников занимает не более 5 %. Содержание пыльцы широколиственных пород составляет 3–6 %. Среди пыльцы трав по-прежнему много злаковых (27–68 %), меньше разнотравья (10–50 %) и осоковых (7–46 %). Состав СПК Кг-4 соответствует субфоссиальному комплексу пихтово-еловых лесов с участием широколиственных пород, развитому ныне на юге Сахалина. Он свидетельствует о значительном улучшении климатических условий осадконакопления, наступивших, как показывает радиоуглеродная дата из середины слоя, в XIV веке (табл. 2). Учитывая прежние результаты абсолютного датирования этого события на юго-востоке Сахалина [5], его хронологические рамки следует расширить до XIV–XV веков. Температурный режим потепления, скорее всего, превышал не только современный уровень, но и средневековой оптимум, что подтверждается большим участием в растительности широколиственных пород. Во время потепления XIV–XV веков на побережье оз. Тунайча произошло выпадение вулканического пепла, вызванное, скорее всего, извержением одного из вулканов о. Хоккайдо. Им мог быть вулкан Раусу, лежащий в 340 км юго-восточнее места разреза, т.к. лишь он извергался 700–500 л.н. [12].

Интервал торфяника 3–14 см содержит СПК Кг-5. Он имеет в общем составе максимум пыльцы фригидных кустарников (57–83 %), небольшую роль деревьев и кустарников (4–22 %), почти сравнявшуюся с представительством трав и кустарничков (9–15 %) и вновь сократившейся долей спор (1–6 %). Среди пыльцы древесных пород господствуют фригидные кустарники (72–94 %), с полным преобладанием ольховника, малым участием кедрового стланика (до 4 %) и кустарниковой берёзы (до 1 %). Содержание пыльцы тёмнохвойных и мелколиственных пород почти одинаково (7–8 %), снижаясь до минимума в 1–3 % на горизонте 6–9 см. Пыльца широколиственных деревьев представлена немногочисленными зёрнами. Среди пыльцы травянистых растений содержится много злаковых (14–78 %), розоцветных (7–43 %) и разнотравья (9–25 %). Состав СПК Кг-5 близок к субфоссиальному комплексу приморской лесотундры северного Сахалина [4]. Климатические условия стали намного холоднее и суше современных (табл. 1). Обнару-

женное похолодание отметило наступление малого ледникового периода XVI – первой половины XIX веков, зафиксированного в разных районах северного полушария, в том числе и на Сахалине [2, 5, 6]. Похолодание было наиболее серьёзным ухудшением климатических условий на Сахалине в среднем-позднем голоцене. На побережье оз. Тунайча распространились заросли ольховника, роль тёмнохвойных лесов на окружающей территории намного снизилась, широколиственные породы не встречались. Верхний горизонт торфяника и перекрывающая его лесная подстилка (0–3 см) содержат СПК Кг-6, в общем составе которого преимущество вновь у пыльцы деревьев и кустарников (39–50 %). Более половины её количества принадлежит мелколиственным породам с преимуществом берёз (47–54 %), малым участием ольхи и ивы (3–5 %). Реже встречается пыльца тёмнохвойных пород (до 10 %), с почти равным содержанием пихты и ели. Немного пыльцы широколиственных деревьев (2,1–2,3 %), представленной дубом, ильмом, орехом и буком. Пыльца фригидных кустарников почти полностью образована ольховником (24–36 %). Среди пыльцы трав и кустарничков много розоцветных (46–53 %) и злаков (28–30 %). Характеристика СПК Кг-6 сближает его с субфоссиальным комплексом елово-пихтовых лесов среднего Сахалина, в ряде спектров которого имеется высокое содержание пыльцы берёз [4]. Он свидетельствует о более тёплом и влажном климате, чем в малую ледниковую эпоху, отметившим, по-видимому, начальную фазу современного потепления. Растительность побережья оз. Тунайча была представлена смешанным лесом с большим участием берёз и зарослями ольховника в подлеске, нежели тёмнохвойных пород, начавших активное распространение на окружающих горных массивах.

Выводы

Детальное палеогеографическое изучение отложений низинного торфяника на побережье оз. Тунайча позволило установить 6 спорово-пыльцевых комплексов, отразивших ландшафтно-климатические изменения последних 1300–1400 лет на южном Сахалине. СПК елово-пихтовых лесов формировался в условиях небольшого похолодания VI–VII веков, пихтово-еловых лесов с участием широколиственных пород – в средневековой климатической оптимуме VIII–X веков, лиственных лесов – при

значительном похолодании XII–XIV веков, пихтово-еловых лесов с участием широколиственных пород – во время потепления XIV–XV веков, лесотундры – в наиболее суровом похолодании XVI – первой половины XIX веков, елово-пихтовых лесов – в начале современного потепления.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Дальневосточного отделения Российской академии наук (15-1-2-063).

Список литературы

1. Александрова А.Н., Бровко П.Ф., Рыбаков В.Ф., Микишин Ю.А. Новые данные о растительности и климате субарктики Южного Сахалина // Палинология в стратиграфии. – М.: Изд-во Наука, 1994. – С. 163–167.
2. Аракава Х. Изменения климата. – Л.: Гидрометеоздат, 1975. – 103 с.
3. Гвоздева И.Г., Микишин Ю.А. Стратиграфия и палеогеография голоцена юго-западного Сахалина // Естеств. и техн. науки. – 2008. – № 3. – С. 177–183.
4. Микишин Ю.А., Гвоздева И.Г. Субфосильные спорово-пыльцевые комплексы Сахалина и прилегающих территорий. – Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 2009. – 162 с.
5. Микишин Ю.А., Гвоздева И.Г. Эволюция природы юго-восточной части острова Сахалин в голоцене. – Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 1996. – 130 с.
6. Монин А.С., Шишков Ю.А. История климата. – Л.: Гидрометеоздат, 1979. – 407 с.
7. Морские террасы и четвертичная история шельфа Сахалина / А.М. Короткий, В.С. Пушкарь, Т.А. Гребенникова и др. / Тихоокеан. институт географии ДВО РАН. – Владивосток: Дальнаука, 1997. – 195 с.
8. Палеопалинология. Методика палеопалинологических исследований и морфология некоторых ископаемых спор, пыльцы и других растительных микрофосилей // Тр. ВСЕГЕИ, нов. серия. – Вып. 141. – Л.: Недра, 1966. – 352 с.
9. Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А., Гребенникова Т.А., Белянина Н.И., Мохова Л.М. Проявления малого оптимума голоцена на юге Дальнего Востока // География и природные ресурсы. – 2014. – № 2. – С. 124–131.
10. Справочник по климату СССР. Вып. 34. Сахалинская область. Ч. II. Температура воздуха и почвы. – Л.: Гидрометеоздат, 1970. – 198 с. Ч. IV. Влажность воздуха, атмосферные осадки, снежный покров. – Л.: Гидрометеоздат, 1968. – 172 с.
11. Хотинский Н.А. Радиоуглеродная хронология и корреляция природных и антропогенных рубежей голоцена // Новые данные по геохронологии четвертичного периода. К XII конгрессу ИНКВА (Канада, 1987 г.). – М.: Наука, 1987. – С. 39–45.
12. Nakamura Yu. Stratigraphy, distribution, and petrographic properties of Holocene tephra in Hokkaido, northern Japan // Quaternary International. – 2016. – Vol. 397. – P. 75–85.
13. Yamada K., Kamite M., Saito-Kato M., Okuno M., Shinozuka Y., Yasuda Y. Late Holocene monsoonal-climate change inferred from Lakes Nin-no-Megata and San-no-Megata, north-eastern Japan // Quaternary International. – 2010. – Vol. 220. – P. 122–132.