

СУБФОССИЛЬНЫЕ СПОРОВО-ПЫЛЬЦЕВЫЕ СПЕКТРЫ ВЫСОТНЫХ ПОЯСОВ СЕВЕРНОГО И ЮЖНОГО СИХОТЭ-АЛИНЯ

© 2024 М. С. Лящевская^{1,*}

¹Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, Россия

*e-mail: lyshevskaya@mail.ru

Поступила в редакцию 01.03.2024 г.

После доработки 13.03.2024 г.

Принята к публикации 14.03.2024 г.

В данной работе представлена характеристика и проведено сравнение субфоссильных (современных, поверхностных) спорово-пыльцевых спектров (СПС) растительных сообществ высотных поясов Северного и Южного Сихотэ-Алиня, на примере гор Тордоки-Яни (абс. высота 2090 м) и Облачной (1858 м). Для этого по высотным профилям с интервалом 100 м по высоте отобраны и проанализированы образцы с поверхности почв. Установлено, что все СПС фитоценозов высокогорий отражают лесной тип растительности. СПС фитоценозов горно-тундрового и верхней части подгольцового поясов Северного Сихотэ-Алиня вследствие обилия пыльцы ели *Picea* отвечают наиболее распространенному на верхней границе леса типу растительности – ельнику высокогорному с березой шерстистой *Betula lanata*, куда “языками” из вышележащего пояса может заходить кедровый стланик *Pinus pumila*. Наибольшее количество заносной пыльцы встречено в СПС тех поясов, где лесной полог отсутствует. Пыльца широколиственных пород на высокие гипсометрические уровни была принесена восходящими горно-долинными ветрами из нижележащих поясов. Количественное содержание пыльцы основных доминантов каждого высотного-растительного пояса в СПС не всегда точно отражает роль этих таксонов в составе сообществ. Пыльцевая продуктивность березы шерстистой превышает пыльцевую продуктивность основных лесообразующих пород во всех высотных поясах, кроме каменноберезняков, поэтому доля ее участия в составе СПС завышена. А вот содержание пыльцы лиственницы *Larix* в изученных СПС сильно занижено по сравнению с ролью этой породы в древостое, особенно в почвенных образцах из лиственничного леса, что связано с низкой пыльцевой продуктивностью лиственницы, особенностями распространения и фоссилизации ее пыльцы.

Ключевые слова: гора Облачная, гора Тордоки-Яни, гольцы, подгольцовый пояс, граница леса, высокогорные леса, спорово-пыльцевой анализ

DOI: 10.31857/S2587556624020104, **EDN:** DSKECM

ВВЕДЕНИЕ

Изучение состава субфоссильных спорово-пыльцевых спектров (СПС) современной растительности высотных поясов является методической основой для интерпретации ископаемых СПС при реконструкции ландшафтов горных стран и позволяет выявить влияние различных факторов на формирование СПС. Вертикальная ландшафтная поясность отвечает известной физической закономерности – снижению температуры воздуха на 0.5°–0.7°С при увеличении абсолютной высоты местности на 100 м (Калесник, 1947), что обуславливает смещение границ высотных поясов при климатических изменениях. Данные об особенностях формирования субфоссильных СПС растительности Южного

Сихотэ-Алиня можно найти в работах А.М. Короткого (2002), Л.М. Моховой и Е.П. Кудрявцевой (2022), Н.Г. Разжигасовой с соавторами (2016, 2019). Этими авторами установлена достаточно высокая степень адекватности субфоссильных СПС существующим ландшафтно-климатическим поясам. Сведения о формировании субфоссильных СПС современных растительных сообществ Северного Сихотэ-Алиня до настоящего времени отсутствуют. Это создает трудности при интерпретации результатов палинологического анализа, поскольку растительные сообщества, подобные растительным формациям Северного Сихотэ-Алиня, могли произрастать и в Южном Сихотэ-Алине в отдельные периоды плейстоцена и голоцена (Короткий и др., 2009). В связи с этим получение новых данных

по составу современных СПС высотных поясов Сихотэ-Алиня и степени их адекватности окружающей растительности очень значимо для интерпретации результатов палинологического анализа и корректных палеогеографических реконструкций в этих горных районах.

Цель статьи – сопоставить СПС поверхностных почвенных проб гор Облачной и Тордоки-Яни с современными высотными растительными поясами Южного и Северного Сихотэ-Алиня. В задачи работ входило определение зависимости между составом СПС и составом формирующей его растительности, выявление в составе СПС аллохтонной древесной пыльцы, переносимой ветром с более низких ярусов рельефа.

РАЙОН ИССЛЕДОВАНИЯ

Сихотэ-Алинь – горная страна, простирающаяся в субмеридиональном направлении вдоль западного побережья Японского моря на 1200 км и представленная системой горных хребтов разного простирания (с преобладанием СВ – ЮЗ), высоты и различно удаленных от берега моря. Высшая точка – г. Тордоки-Яни, высотой 2090 м над ур. м., является и самым обширным гольцовым массивом Сихотэ-Алиня, расположенным в его северной части. Ряд хребтов рассечен троговыми долинами с карами, цирками и другими элементами рельефа, образованными в эпоху позднеплейстоценового горно-долинного оледенения. Гора Облачная (1858 м) – наивысшая точка Южного Сихотэ-Алиня (рис. 1), одна из шести вершин в этой части горной страны, где представлена горная тундра (Прокопенко, 2010). Рельеф массива г. Облачной, как и всего Южного и Среднего Сихотэ-Алиня, не был затронут непосредственно оледенением, но в периоды похолоданий получили широкое развитие перигляциальные процессы, результатом которых являются нагорные террасы, площадные и склоновые курумы, различные формы криогенных деформаций грунтов, криогенные формы рельефа, полигональные “медальонные” образования (Развитие ..., 1988; Соловьев, 1961).

Для высокогорий Среднего Сихотэ-Алиня приводятся следующие климатические характеристики: среднегодовая температура около -2.5°C , безморозный период не превышает 60–70 дней, бесснежный – 90 дней, средняя температура января около -27°C , июля $+12^{\circ}\text{--}13^{\circ}\text{C}$, годовое количество осадков около 1000 мм (Киселев, Кудрявцева, 1992; Колесников, 1969). Значительная протяженность Сихотэ-Алиня с юга на север определяет существенные различия всех природных явлений в его северной и южной частях. Особенно на-

глядно это проявляется в абсолютном господстве на севере елово-пихтовых лесов, отсутствии здесь неморальных хвойно-широколиственных лесов, обычных на юге Сихотэ-Алиня, снижении на севере границ высотных поясов и уменьшение их числа (рис. 2). Основными высотными поясами являются горные тундры, подгольцовые стелющиеся леса-кустарники, каменноберезовое редколесье, высокогорные елово-пихтовые леса, ниже идут в Северном Сихотэ-Алине лиственнично-еловые леса и лиственничники, в Южном – кедрово-елово-пихтовые и широколиственно-кедровые (Колесников, 1961; Куренцова, 1968). Положение верхней границы леса (ВГЛ) на Сихотэ-Алине очень изменчиво и зависит от географической широты, орографии и удаленности от морского побережья. Так в Северном Сихотэ-Алине она проходит на высоте 1100–1300 м, в Южном – 1500–1600 м (Вышин, 1990).

ОПИСАНИЕ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

Горная тундра. Отмечается высокое разнообразие контактирующих ценозов, что связано с чрезвычайным разнообразием комбинаций экологических условий и мозаичностью растительного покрова. Преобладают лишайники, мхи и кустарнички. Видовое разнообразие низкое. При уменьшении снегового покрова, возрастании силы ветра и увеличении каменистости субстрата роль кустарников уменьшается, а лишайников и гольцовых криофитов увеличивается (Шлотгауэр, 2011). Кустарники и кустарнички представлены *Cassiope ericoides*, *C. redowskii*, *Ledum decumbens*, *Pinus pumila*, *Rhododendron aureum*, *R. parvifolium*, *R. redowskianum*, *Salix saxatilis*, *S. phlebophylla*, *Vaccinium uliginosum*, *V. vitis-idaea*. Травяной покров значительно разрежен и образован многочисленными, характерными только для высокогорий видами, такими как *Carex rigidoides*, *C. tenuiformis*, *C. stans*, *Saussurea kitamuraana*, *Popoviocodonia stenocarpa*, *Bistorta vivipara*, *Luzula oligantha*, *L. sibirica*, *L. beringensis*, *Bupleurum euphorbioides*, *Scorzonera radiata*, *Gentiana algida* (Вышин, 1990). Наибольшее распространение в Северном Сихотэ-Алине получили ерниковые, ивовые и кашкарные тундры (Шлотгауэр, 2011). В Южном Сихотэ-Алине горнотундровая растительность выраженного пояса не образует, представлена кустарничковыми сообществами (с ярусом лишайников), основные группировки – голубичная и арктоусово-голубичная. Наиболее часто встречаются комбинации зарослей кедрового стланика и высокогорных лужаек (Прокопенко, 2010).

Подгольцовые стелющиеся леса-кустарники. По опушке верхней границы леса формируются густые, практически непроходимые заросли ке-

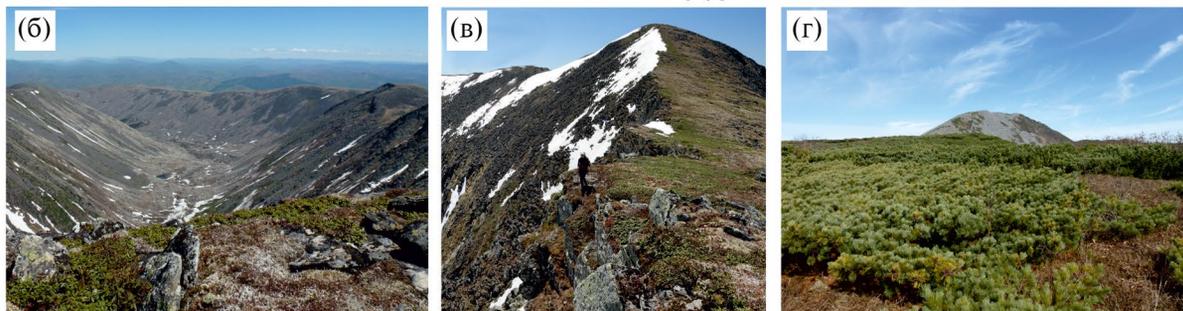


Рис. 1. Район работ: (а) местоположение массивов гор Облачной (1858 м над ур. м.) в Южном Сихотэ-Алине и Тордоки-Яни (2090 м) в Северном Сихотэ-Алине; (б) троговая долина на Тордоки-Яни; (в) горная тундра на Тордоки-Яни; (г) заросли кедрового стланика на Облачной.

дрового стланика, которые по мере возрастания абсолютной высоты изреживаются, их высота и сомкнутость уменьшаются, в конечном итоге они деградируют до небольших групп и отдельных экземпляров среди горных тундр. На верхних частях каменистых склонов можно встретить

разреженные заросли, состоящие из небольших групп и отдельных экземпляров *Juniperus sibirica*. Среди зарослей кедрового стланика встречается эндемичный сихотэ-алинский вид растения *Microbiota decussata* (Шлотгауэр, 2011). На горном массиве Облачной единично отмеча-

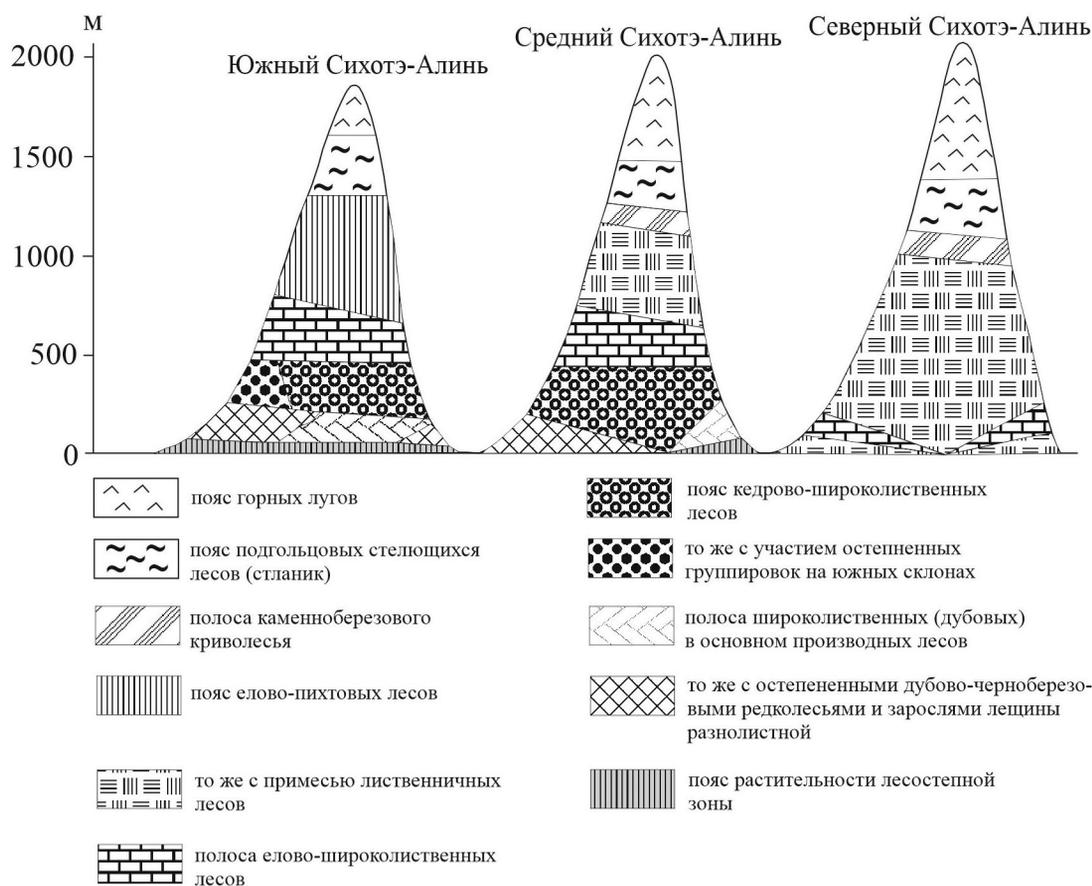


Рис. 2. Высотная поясность гор Сихотэ-Алинь по Б.П. Колесникову (1961).

ется среди кедровых стлаников *Alnus mandshurica* (Киселев, Кудрявцева, 1992). Изредка выше ВГЛ поднимается *Picea jezoensis*, где обычно имеет угнетенную форму (Вышин, 1990). Так В.А. Розенбергом (1966) на абсолютной высоте 1800 м на г. Тардоки-Яни были найдены карликовые формы ели. С высотой меняется видовой состав формации. Бореальные виды (*Linnaea borealis*, *Maianthemum bifolium*, *Aegopodium alpestre*, *Aconitum umbrosum*) сменяются монотанными (*Empetrum sibiricum*, *Ledum decumbens*, *Betula middendorffii*, *Rhododendron aureum*) и высокогорными (*Cassiope ericoides*, *Phyllodoce coerulea*, *Viola biflora*, *Carex rigidioides*, *Cryptogramma raddeana*) (Шлотгауэр, 2011).

Каменноберезняки. Не образуют сплошного пояса в вершинном поясе Сихотэ-Алиня (Короткий, 2002). Тесно связаны с незаметными и постепенными переходами к высокогорным ельникам с одной стороны и ценозам кедрового стланика с другой (Колесников, 1938), образуют полосы по вертикали от 50 до 300 м шириной (Шлотгауэр, 2011). В древостое преобладает *Betula lanata* с сильно искривленными стволами и ветвями. В травянистом покрове высокотравного каменноберезняка присутствуют *Veratrum alpestre*, *Ligularia fischeri*,

Aconitum fischeri, *A. umbrosum*, *Aruncus dioicus*, *Valeriana faurieri*, *Heracleum dissectum*, *Calamagrostis langsdorfii*. В каменноберезняке кустарниковом подлесок представлен *Weigela middendorffiana*, *Rhododendron aureum*, *Lonicera edulis*, *Pinus pumila*, последний в большинстве случаев является доминирующим видом (Вышин, 1990; Киселев, Кудрявцева, 1992). Мелкотравный покров состоит из *Chamaepericlymenun canadensis*, *Trentalis europaea*, *Maianthemum bifolium* (Вышин, 1990). Встречаются низкорослые экземпляры *Picea ajanensis* и *Abies nephrolepis* с кронами, опущенными до земли. Появляется лиственница *Larix* (Прокопенко, 2010), которая иногда принимает стелющуюся форму. В Южном Сихотэ-Алине обычна небольшая примесь *Sorbus schneideriana*.

Высокогорные елово-пихтовые леса. Занимают более значительный интервал высот в Северном Сихотэ-Алине, по сравнению с Южным. Среди субальпийских ельников различают несколько групп ассоциаций по мере поднятия над уровнем моря. Зеленомошниковые ельники произрастают на склонах, испытывающих относительно наименьшее воздействие северных ветров. Господствует *Picea jezoensis*, при участии *Abies nephrolepis*, всегда присутствует

Betula lanata. Травянисто-кустарничковый ярус развит неравномерно. Типичны различные плауны, *Goodyera repens*, *Listera major*, *Streptopus streptopodioides*, *Clintonia undensis*, *Chamaepericlymenun Canadensis*, *Ramischia secunda*, *Maianthemum bifolium*, *Vaccinium vitis idaca*, *Linnaea borealis*. Моховый покров сплошной. По мере подъема вверх над уровнем моря постепенно появляются разнотравные ельники, для которых характерно ничтожное участие или полное отсутствие *Abies nephrolepis* при повышенной роли *Betula lanata*. В подлеске господствует *Weigela middendorffiana*. В травяном покрове обильны представители субальпийского высокоотравья и папоротники. Субальпийские разнотравные ельники сменяются ассоциациями кустарничковых ельников, для которых характерна незначительная сомкнутость крон, а иногда еловое редколесье. В древостое участвует *Betula lanata*, присутствует *Sorbus schneideriana*, *Acer ukurunduense* и *Duschekia mandschurica*. В подлеске господствует *Weigela middendorffiana* или *Rhododendron aureum*, в травяном покрове — представители субальпийского высокоотравья (Колесников, 1969).

Кедрово-елово-пихтовые леса. Являются переходными от кедрово-широколиственных лесов до елово-пихтовых, которые в Южном Сихотэ-Алине не спускаются ниже 600–650 м над ур. м. (Розенберг, 1955). При абсолютном доминировании *Picea jezoensis*, *Abies nephrolepis* значительно участие в древостое *Pinus koraiensis*, *Betula Costata*, *Tilia amurensis*, а также *B. mandschurica*, *Acer mono*, *T. taquetii* и ряда других пород, характерных для нижележащего пояса (Киселев, Кудрявцева, 1992). Напочвенный покров злаково-разнотравный, с участием осок (Аржанова, Елпатьевский, 2005).

Лиственничные леса. Коренные, слаборазрушенные лиственничники сохранились на незначительной территории. Древостой состоит из *Larix* с незначительным участием *Picea jezoensis* и *Abies nephrolepis* в третьем ярусе. Травяной ярус представлен вейниками и осоками, широко распространены зеленые мхи (Симонов, 2016). Лиственничники с подлеском из кедрового стланика приурочены к крутым склонам, покрытым россыпями. На заболоченных пологих участках надпойменных террас в долинах рек и ручьев обычны ерниковые лиственничники с подлеском из *Betula middendorffii*. Вероятно, близки им и лиственничники багульниково-моховые. Для них характерно преобладание *Ledum hypoleucum* и *L. palustre* в травяно-кустарничковом ярусе, наличие в нем *Carex globularis* и *C. lasiocarpa*, а в сплошном покрове — обилие различных сфагновых мхов. Сравнительно часты также смешанные кедрово-елово-лиственничные насаждения, по-видимому, частично воз-

никшие после пожаров (Колесников, 1969). Для лиственничников, пройденных рубками, характерно наличие в древостое мелколиственных пород, травяной ярус становится разнотравным (Симонов, 2016).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для изучения почвенных поверхностных проб отбирался первый верхний сантиметр почвенной подстилки. СПС из поверхностных проб изучались по высотным профилям гор Тордоки-Яни и Облачной с интервалом в 100 м по высоте. Высотно-растительные профили этих горных массивов можно считать типичными для общей структуры высотной поясности Северного и Южного Сихотэ-Алиня соответственно, что и определило их выбор в качестве ключевых.

Всего было отобрано и изучено 24 поверхностных почвенных образца из разных фитоценозов высотных поясов Сихотэ-Алиня (табл. 1). Образцы обрабатывались сепарационным методом В.П. Гричука (Пыльцевой ..., 1950). Материал просматривался под микроскопом Axio Imager.A2 с увеличением × 400. В каждом образце подсчитывалось не менее 200 пыльцевых зерен. При построении диаграмм за 100% принималась сумма пыльцы древесной и травянистой растительности. Процентные соотношения спор подсчитаны относительно этой суммы. Построение спорово-пыльцевых диаграмм проведено с использованием программы Tilia (Grimm, 2004). Кластерный анализ СПС проведен с применением программы CONISS, встроенной в Tilia (Grimm, 2004).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В субфоссильных СПС горной тундры Северного Сихотэ-Алиня преобладает пыльца деревьев и кустарников (до 79%) (рис. 3). В верхней части горной тундры в составе СПС доминирует пыльца *Picea* (до 32%), в нижней части пояса преобладает пыльца *Betula* sect. *Costatae* (43%). В меньшем количестве в СПС присутствует пыльца *Pinus* s/g *Haploxyylon* (до 13%), *Alnus* (до 6%), *Salix* (до 5%), *Betula* sect. *Albae* (до 4%), *Abies* (до 3%). Единично содержится пыльца *Larix* и *Betula* sect. *Nanae*. Из широколиственных встречена пыльца *Quercus mongolica* (до 5%) и единично — *Sorbaria*, *Ulmus*, *Juglans mandschurica*, *Corylus*. Пыльца трав и кустарничков, составляющая 19% от общего состава спектра, представлена 16 таксонами: Ericaceae (до 10% в нижней части гольцового пояса), Artemisia (до 6%), Ranunculaceae, Cyperaceae, Poaceae и Scrophulariaceae (до 3% каждого), доля других таксонов 1%. Содержание спор до 5%, доминируют папоротники Polypodiaceae.

Таблица 1. Характеристика изученных почвенных поверхностных образцов по высотно-растительным профилям гор Тордоки-Яни и Облачной

Название вершины	Проба, №	Координаты	Абсолютная высота, м	Высотный пояс	Локальная растительность в точке отбора
Тордоки-Яни	1	48°53.50 с.ш. 138°03.10 в.д.	2100	Горная тундра	Лишайниково-каменистая и кустарничковая тундра с <i>Carex rigidoides</i> , <i>Tilingia ajanensis</i> , <i>Ledum palustre</i> и др., сообщества с <i>Rhododendron aureum</i> стелющейся формы
	2	48°53.26 с.ш. 138°03.25 в.д.	2000	То же	Мохово-лишайниковая тундра с <i>Rhododendron aureum</i> и ассоциациями с участием <i>Dryas ajanensis</i> , осоками, разнотравьем
	3	48°53.06 с.ш. 138°03.54 в.д.	1900	То же	Кустарничковая тундра с куртинами кедрового стланика, в составе <i>Cassiope ericoides</i> , <i>Gentiana jamesii</i> , <i>Tephrosieris sichotensis</i> , <i>Arctous alpine</i> и др.
	4	48°53.01 с.ш. 138°04.01 в.д.	1800	Подгольцовые стелющиеся леса	Сообщества кедрового стланика с <i>Cassiope ericoides</i> , <i>Phyllodoce coerulea</i> , <i>Viola biflora</i> , <i>Carex rigidoides</i> , <i>Cryptogramma raddeana</i> и др.
	5	48°52.52 с.ш. 138°04.00 в.д.	1700	Каменноберезовое редколесье	Редкостойные сообщества с <i>Betula lanata</i> и <i>Empetrum sibiricum</i> , <i>Ledum decumbens</i> , <i>Rhododendron aureum</i> и др.
	6	48°52.45 с.ш. 138°04.01 в.д.	1600	Подгольцовые стелющиеся леса	Сообщества кедрового стланика с <i>Betula lanata</i>
	7	48°52.37 с.ш. 138°04.00 в.д.	1500		Заросли кедрового стланика
	8	48°52.24 с.ш. 138°04.03 в.д.	1400	Елово-пихтовые леса	Кустарниковый ельник с <i>Betula lanata</i> , <i>Sorbus schneideriana</i> , <i>Acer ukurunduense</i> , <i>Duschekia mandschurica</i> , в подлеске
	9	48°52.07 с.ш. 138°04.07 в.д.	1300	То же	<i>Weigela middendorffiana</i> , <i>Rhododendron aureum</i> и др.
	10	48°51.44 с.ш. 138°04.06 в.д.	1200	То же	
	11	48°51.16 с.ш. 138°04.02 в.д.	1100	То же	Разнотравный ельник с небольшой примесью <i>Abies nephrolepis</i>
	12	48°51.05 с.ш. 138°04.04 в.д.	1000	То же	и повышенной ролью <i>Betula lanata</i> . В подлеске – <i>Weigela middendorffiana</i> , травяной покров разнотравно-папоротниковый
	13	48°50.42 с.ш. 138°04.21 в.д.	900	То же	Растительность та же, в подлеске преобладает <i>Rhododendron aureum</i> , в напочвенном покрове – <i>Vaccinium vitis idaea</i>
	14	48°50.20 с.ш. 138°04.31 в.д.	800	То же	Преобладает <i>Picea jezoensis</i> , при участии <i>Abies nephrolepis</i> и <i>Betula lanata</i> . В кустарниковом ярусе –
	15	48°50.03 с.ш. 138°05.12 в.д.	700	То же	<i>Ribes mandschuricum</i> , в травянисто-кустарничковом – плауны, <i>Goodyera repens</i> , <i>Listera major</i> , <i>Streptopus streptopodioides</i> , <i>Clintonia undensis</i> , <i>Chamaepericlymenun Canadensis</i> , <i>Ramischia secunda</i> , <i>Maianthemum bifolium</i> , <i>Vaccinium vitis idaea</i> , <i>Linnaea borealis</i>

Таблица 1. Окончание

Название вершины	Проба, №	Координаты	Абсолютная высота, м	Высотный пояс	Локальная растительность в точке отбора
Облачная	16	48°48.21 с.ш. 138°06.16 в.д.	540	Лиственничники	В древостое <i>Larix</i> с участием <i>Picea jezoensis</i> , <i>Abies nephrolepis</i> и березами. В кустарниковом ярусе – <i>Lonicera</i> sp., в травяном – вейники, осоки, разнотравье
	17	43°41.16 с.ш. 134°12.01 в.д.	1708	Подгольцовые стелющиеся леса	Ассоциация кустарничково-зеленомошного кедрового стланика с вересковыми кустарниками и <i>Betula lanata</i> . В составе: рододендроны, багульники, <i>Arctous alpinus</i> , <i>Diapensia obovata</i> , кассиопы, <i>Vaccinium vitis idaea</i> и <i>V. uliginosum</i> , <i>Bergenia pacifica</i> . Травяной покров злаково-разнотравный с папоротниками, развиты лишайники и мхи
	18	43°40.58 с.ш. 134°11.98 в.д.	1610	То же	
	19	43°40.31 с.ш. 134°11.98 в.д.	1500	То же	
	20	43°40.14 с.ш. 134°11.97 в.д.	1400	Каменноберезовые кривоствольные леса	Каменноберезняк с подлеском из кедрового стланика и участием <i>Picea jezoensis</i> , <i>Abies nephrolepis</i> , единично – рододендроны. В напочвенном покрове – мхи, <i>Vaccinium vitis idaea</i> , багульники
	21	43°40.02 с.ш. 134°11.88 в.д.	1300	Елово-пихтовые леса	Доминирует <i>Picea jezoensis</i> при участии <i>Abies nephrolepis</i> и <i>Betula lanata</i> , единично <i>Sorbus sambucifolia</i> , <i>Oplonanax elatus</i> . В напочвенном покрове – мхи, присутствуют <i>Vaccinium vitis idaea</i> , <i>Pyrola</i> sp., <i>Oxalis</i> sp., <i>Maianthemum</i> sp.
	22	43°39.83 с.ш. 134°11.86 в.д.	1200	То же	Доминируют <i>Picea jezoensis</i> , <i>Abies nephrolepis</i> , <i>Betula lanata</i> , с участием <i>Sorbus amurensis</i> и <i>Acer ukurunduense</i> .
	23	43°39.34 с.ш. 134°11.79 в.д.	1100	То же	В напочвенном покрове – <i>Ledum decumbens</i> , <i>Vaccinium vitis idaea</i> и др.
24	43°36.75 с.ш. 134°07.02 в.д.	560	Кедрово-елово-пихтовые леса	Доминирует <i>Pinus koraiensis</i> , с участием берез, клена, липы, ясеня, дуба. В травяном покрове: осоки, <i>Oxalis acetosella</i> , <i>Mitella nuda</i> , <i>Osmorhiza aristata</i> , <i>Frima asiatica</i> , папоротники	

В СПС подгольцовой растительности г. Облачной основной фон создает пыльца *Pinus* s/g *Haploxylon* (до 54%), в меньшем количестве присутствует *Betula* sect. *Costatae* (до 24%), *Picea* (до 10%), *Betula* sect. *Albae* (до 5%), *Quercus mongolica* и *Sorbus* (до 4%), *Abies*, *Alnus* и *Ulmus* (до 2% каждого), *Juglans mandshurica* (около 1%), доля других древесных таксонов (*Pinus* s/g *Diploxylon*, *Microbiota decussata*, *Betula middendorffii*, *Duschekia fruticosa*, *Salix*, *Fraxinus*, *Chamaepericlymenun canadensis*, *Tilia*, *Corylus*) 1% (рис. 4). В общем составе на долю древесных приходится до 90%. Максимальное количество пыльцы трав и кустарников (до 24%) зафиксировано в СПС верхней части подгольцового пояса. Здесь преобладает пыльца *Superaceae*

и разнотравья (до 7% каждого), среди которого 4% принадлежит *Polygonaceae*. В средней части подгольцового пояса доминирует пыльца *Rosaceae* (7%), а в нижней – *Artemisia* (3%). В СПС присутствует пыльца *Ranunculaceae* (до 5%) и *Ericaceae* (до 2%). Участие спор составляет 1%, представлены папоротниками *Polypodiaceae*.

В СПС верхней части подгольцового пояса г. Тордоки-Яни доминирует пыльца *Picea* (27%), а в нижней – *Betula* sect. *Costatae* (до 40%). В значительном количестве присутствует пыльца *Pinus* s/g *Haploxylon* (до 21%), в небольшом *Alnus* (до 5%), *Betula* sect. *Albae* (до 4%), *Abies* и *Quercus* (до 3% каждого). Доля других таксонов ≤1%. В группе трав и кустарничков (до 20%) доминирует пыль-

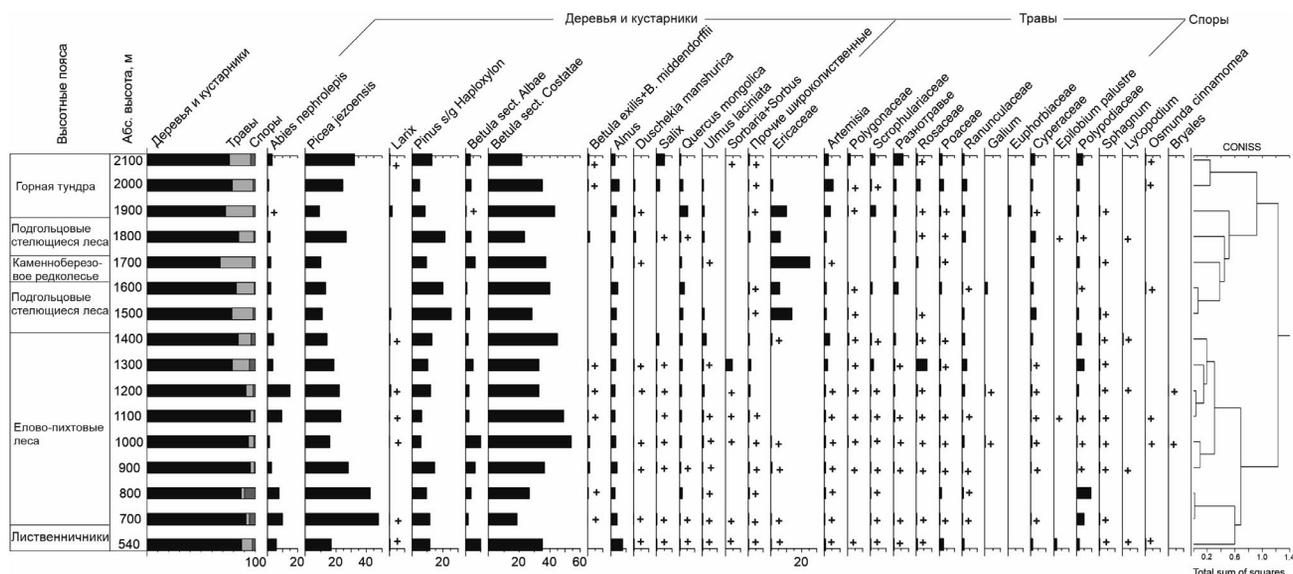


Рис. 3. Субфоссильные спорово-пыльцевые спектры из разных высотных поясов г. Тордоки-Яни, Северный Сихотэ-Алинь.

ца Ericaceae (до 14%). В небольшом количестве присутствует Cyperaceae (до 3%), Ranunculaceae и Galium (до 2% каждого). Доля остальных таксонов ≤1%. Участие спор составляет до 2%, преобладают папоротники Polypodiaceae.

Субфоссильные СПС **каменноберезняков** характеризуются преобладанием пыльцы *Betula sect. Costatae* (до 49%). Из прочих мелколиственных содержится пыльца *Betula sect. Albae* (до 6%), *Alnus* (до 2%) и *Betula middendorffii* (до 1%). В большом количестве присутствует пыльца хвойных *Pinus s/g Haploxyton* (до 15%) и *Picea* (до 14%), в небольшом – *Abies* (до 3%) и *Larix* (<1%). Из широколиственных встречается

пыльца *Quercus* (до 4%), *Ulmus* (до 1%). В СПС г. Облачной отмечена единичная пыльца *Juglans*, *Tilia*, *Sorbus*, *Corylus* и *Carpinus cordata*. В таксономическом составе группы трав и кустарничков в СПС горы Тордоки-Яни доминирует пыльца Ericaceae (26%) и отмечается самое высокое содержание пыльцы трав и кустарничков (30%) из всех изученных образцов. Для СПС горы Облачной характерно невысокое содержание пыльцы трав и кустарничков (8%), преобладает разнотравье: *Artemisia* (3%), Cyperaceae (2%), участие остальных таксонов <1%. Доля спор в общем составе СПС как Северного, так

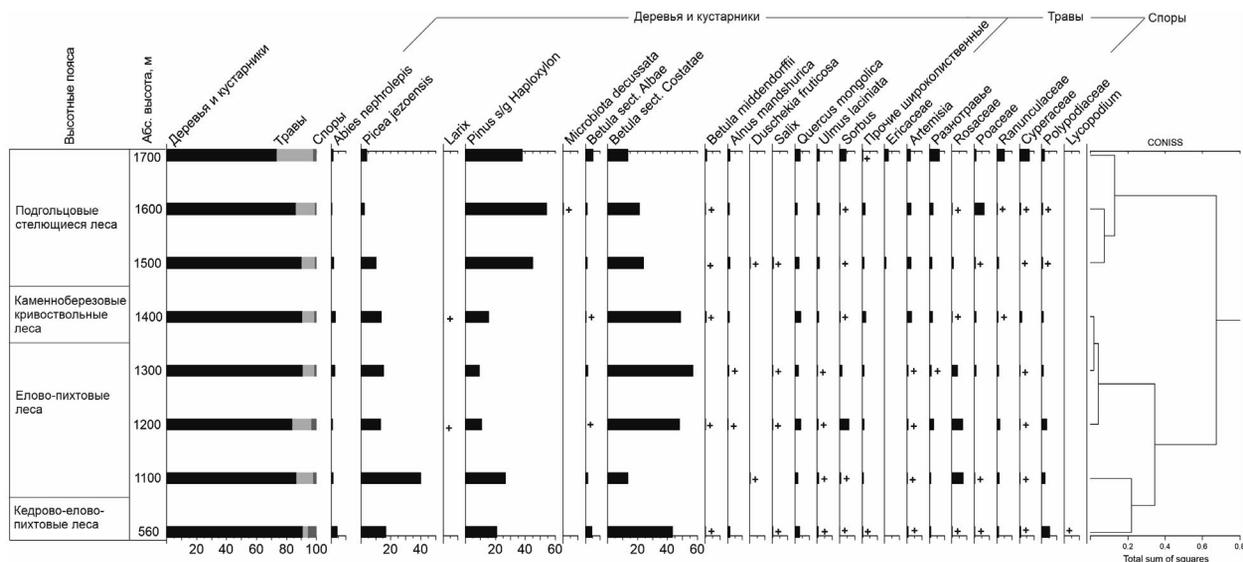


Рис. 4. Субфоссильные спорово-пыльцевые спектры из разных высотных поясов г. Облачной, Южный Сихотэ-Алинь.

и Южного Сихотэ-Алиня – до 2%, доминируют папоротники Polypodiaceae.

СПС **высокогорных еловых лесов** в верхней части пояса характеризуются доминированием пыльцы *Betula* sect. *Costatae* (до 57%). В большом количестве содержится пыльца хвойных: *Picea* (до 23%), *Pinus* s/g *Haploxyylon* (до 13%). Участие пыльцы *Abies* в СПС г. Тордоки-Яни достигает 15%, а в спектрах горы Облачной не более 3%. В СПС высокогорных ельников единично присутствует пыльца *Larix*. Ассоциация субальпийских кустарниковых ельников фиксируется по возрастанию в СПС пыльцы *Sorbus sambucifolia* до 6% и Rosaceae (до 7%), представленной *Spiraea betulifolia*, характерно увеличение доли трав в общем составе до 5%. В нижней части пояса в СПС уменьшается содержание пыльцы *Betula* sect. *Costatae* (до 14%) и увеличивается *Picea* (до 48%). В СПС г. Тордоки-Яни также возрастает участие пыльцы *Pinus* s/g *Haploxyylon* (до 15%), которая может принадлежать *Pinus koraiensis*, и *Abies* (до 10%), а еще спор папоротников Polypodiaceae (до 10%). Состав СПС отражает развитие ассоциации зеленомошных ельников.

СПС **кедрово-елово-пихтовых лесов** Южного Сихотэ-Алиня характеризуются снижением количества пыльцы хвойных, особенно *Picea* (17%) и *Pinus* s/g *Haploxyylon* (21%), источником пыльцы которой здесь выступает *Pinus koraiensis*. Доля *Abies* в СПС возрастает до 4%, также увеличивается участие *Betula* sect. *Costatae* до 43%, *B. mandshurica* до 4% и *Alnus* до 2%. Отмечается возрастание суммы спор папоротников Polypodiaceae до 5% и появление спор *Lycopodium* – представителя хвойных и хвойно-широколиственных лесов.

В СПС, полученном для **долинного елово-лиственничного леса** Северного Сихотэ-Алиня, преобладает пыльца *Betula* sect. *Costatae* (35%), в меньшем количестве содержится пыльцы *Picea* (17%), *Pinus koraiensis* (12%) и *B. sect. Albae* (10%). Отмечается снижение содержания пыльцы *Abies* до 6% и увеличение *Alnus* до 8%. Участие пыльцы *Larix*, *Duschekia*, *Populus*, *Corylus*, *Juglans*, *Sorbaria*, *Quercus* и *Ulmus* – 1%. Доля травянистых возрастает до 10%, среди которых выделяется Rosaceae (3%), *Epilobium palustre* (2%), Cyperaceae и Ranunculaceae (по 1%), доля остальных таксонов <1%.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Субфоссильные СПС высотных поясов Сихотэ-Алиня в разной степени отражают современную растительность, но в целом соответствуют доминантному составу растительного покрова на изученных высотных уровнях. В СПС всех растительных поясов значительно преобладает пыльца древесной растительности, доля которой закономерно увеличивается от горных тундр к горным лесам. На дендро-

грамме г. Тордоки-Яни (см. рис. 3) хорошо выделяется две группы: СПС лесной зоны и СПС подгольцового и гольцового поясов. На дендрограмме г. Облачной (см. рис. 4) также можно увидеть эти две группы, но между ними еще расположена группа СПС каменноберезняков, которая отражает постепенный переход от лесной зоны к субальпийской и соответствует верхней границе леса.

В субфоссильных СПС горной тундры доминирует пыльца *Picea jezoensis* – основной лесообразующей породы высокогорных лесов. В нижней части пояса преобладает пыльца *Betula lanata* – основного лесообразователя на верхней границе леса (Вышин, 1990). Источником пыльцы *Pinus* s/g *Haploxyylon* является *P. pumila* – один из наиболее распространенных высокогорных видов, который в верхнем поясе высокогорий встречается небольшими куртинками по микропонижениям, не превышая по высоте 0.3 м (Вышин, 1990). Таким образом, СПС горной тундры Северного Сихотэ-Алиня отвечают наиболее распространенному на верхней границе леса типу растительности – ельнику высокогорному с березой каменной, куда “языками” из выше лежащего пояса может заходить кедровый стланик. Для г. Ольховой (Южный Сихотэ-Алинь) выше границы леса были также получены лесные спектры с преобладанием пыльцы темнохвойных пород, в первую очередь ели (Мохова, Кудрявцева, 2022).

Наличие пыльцы ивы *Salix* в СПС верхней части гольцового пояса может говорить о распространении ивовой кустарниковой тундры. Пыльца *Salix* может принадлежать одному или нескольким видам. Для высокогорий г. Тордоки-Яни их приводится пять, *S. sichotensis* – условный эндем этой вершины (Вышин, 1990; Вышин, Харкевич, 1985). Пыльца *Sorbaria* может принадлежать узколокальному эндемичному виду северной половины Сихотэ-Алиня *Sorbaria rhoifolia*, который встречается среди глыб в нижней половине гольцового и подгольцовом поясах (Шлотгауэр, 2011). В СПС горной тундры и верхней части подгольцового пояса Южного Сихотэ-Алиня, где лесной полог отсутствует, встречено наибольшее количество заносной пыльцы. Пыльца широколиственных пород дуба монгольского *Quercus mongolica*, ильма лопастного *Ulmus laciniata*, ореха маньчжурского *Juglans mandshurica*, лещины *Corylus*, а также *Alnus* и *Betula* sect. *Albae* на высокие гипсометрические уровни была принесена горно-долинными ветрами, восходящих воздушных потоков, из ниже лежащих поясов. Так, орех маньчжурский на Сихотэ-Алине не поднимается выше 500–600 м (Ареалы ..., 1977), дуб – обычно до 700 м (Воробьев, 1968), ильм лопастной – до 900–1000 м, лещина – до 1000–1100 м (Кудрявцева, 2012). Для СПС гольцов г. Ольховой

ВЫВОДЫ

(абс. высота 1669 м) Южного Сихотэ-Алиня также отмечался занос горно-долинными ветрами пыльцы широколиственных и ольхи (Короткий, 2002; Мохова, Кудрявцева, 2022).

Максимум пыльцы *Pinus s/g Haploxyylon* в СПС гор Облачной и Тордоки-Яни приходится на подгольцовые заросли кедрового стланика *Pinus pumila*. Только в СПС верхней части подгольцового пояса г. Тордоки-Яни доминирует пыльца ели *Picea jezoensis*, что неточно отражает роль этой породы в фитоценозе и может быть связано с мозаичностью зарослей кедрового стланика на этом гипсометрическом уровне. В СПС нижней части подгольцового пояса г. Тордоки-Яни преобладает пыльца *Betula sect. Costatae*. Большое количество пыльцы *Betula sect. Costatae* не соответствует доле ее участия в составе фитоценозов горной тундры (до 43%), зарослей кедрового стланика (до 40%), елово-пихтовых (до 57%) и кедрово-елово-пихтовых лесов (до 43%). С.В. Прокопенко (2010) указывает, что в горах Южного Сихотэ-Алиня после пожара происходит замещение зарослей кедрового стланика на кустарниковые заросли березы шерстистой *Betula lanata*.

Для СПС Северного Сихотэ-Алиня из нижней полосы гольцов и подгольцового пояса характерно доминирование пыльцы вересковых *Ericaceae* в группе трав и кустарничков, что свидетельствует о преобладании сообществ с кашкарой *Rhododendron aureum* стелющейся формы. В СПС Южного Сихотэ-Алиня участие пыльцы вересковых незначительно.

СПС высокогорных еловых лесов гор Тордоки-Яни и Облачной различаются содержанием пыльцы *Abies*: в спектрах Северного Сихотэ-Алиня ее в пять раз больше, по сравнению со спектрами Южного Сихотэ-Алиня. Наибольшее количество спор папоротников присутствовало в СПС елово-пихтовых и кедрово-елово-пихтовых лесов.

В СПС долинного елово-лиственничного леса преобладающим компонентом является береза (35%), что закономерно для ветроопыляемых растений с высокой пыльцевой продуктивностью, где пыльцевая продуктивность основной лесообразующей породы ниже, чем у березы. А вот содержание пыльцы лиственницы в СПС занижено по сравнению с ролью этой породы в древостое, что связано с низкой пыльцевой продуктивностью, особенностями распространения и фоссилизации. Даже в сомкнутых лиственничных лесах доля пыльцы *Larix* может составлять всего 0.6–1.5% (Новенко и др., 2021). В настоящее время в результате хозяйственной деятельности человека или пожаров происходит широкое распространение вторичных березовых формаций на месте хвойных лесов.

Полученные данные могут служить методической основой для реконструкций палеорастительности Сихотэ-Алиня по данным спорово-пыльцевого анализа и разработки методических приемов оценки количественных палеоклиматических параметров.

Состав изученных субфоссильных спорово-пыльцевых комплексов отражает, с одной стороны, существующую ландшафтно-климатическую высотную поясность, с другой – различную продуктивность и мобильность пыльцы разных видов растений, условия накопления осадков. При интерпретации фоссильных спорово-пыльцевых спектров необходимо учитывать, что наибольшее количество аллохтонной (заносной) пыльцы древесных таксонов содержится в тех спектрах, где лесной полог отсутствует. Количественное содержание пыльцы деревьев основных доминантов не всегда точно отражает роль этих таксонов в составе сообществ. Пыльцевая продуктивность высокоствольных берез превышает пыльцевую продуктивность основных лесообразующих пород во всех высотных поясах, кроме каменноберезняков, поэтому доля участия пыльцы берез в спорово-пыльцевых спектрах завышена. Содержание пыльцы лиственницы в спорово-пыльцевых спектрах сильно занижено по сравнению с ролью этой породы в древостое. Таким образом, при палеоландшафтной и палеоклиматической интерпретации спорово-пыльцевых комплексов требуется введение поправочных коэффициентов для оценки роли некоторых древесных пород в фитоценозе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Ареалы деревьев и кустарников СССР / под ред. С.Я. Соколова, О.А. Связева, В.А. Кубли. Л.: Наука, 1977. Т. 1. 164 с.
- Аржанова В.С., Елпатьевский П.В. Геохимия, функционирование и динамика горных геосистем Сихотэ-Алиня (юг Дальнего Востока России). Владивосток: Дальнаука, 2005. 253 с.
- Воробьев Д.П. Дикорастущие деревья и кустарники Дальнего Востока. Л.: Наука, 1968. 277 с.
- Вышин И.Б. Сосудистые растения высокогорий Сихотэ-Алиня. Владивосток: ДВО АН СССР, 1990. 186 с.
- Вышин И.Б., Харкевич С.С. Два новых вида (*Salix sitchensis* – *salicaceae*, *Chrysosplenium schagae* – *Saxifragaceae*) из Северного Сихотэ-Алиня // Ботанический журн. 1985. Т. 70. № 8. С. 1120–1125.
- Калесник С.В. Основы общего землеведения. М.–Л.: Учпедгиз, 1947. 483 с.
- Киселев А.Н., Кудрявцева Е.П. Высокогорная растительность южного Приморья. М.: Наука, 1992. 117 с.

- Колесников Б.П.* Растительность восточных склонов среднего Сихотэ-Алиня // Тр. Сихотэ-Алинск. гос. заповед. 1938. Вып. 1. С. 25–207.
- Колесников Б.П.* Растительность // Дальний Восток. М.: Изд-во АН СССР, 1961. С. 183–246.
- Колесников Б.П.* Высокогорная растительность Среднего Сихотэ-Алиня. Владивосток: Дальневост. кн. изд-во, 1969. 106 с.
- Короткий А.М.* Географические аспекты формирования субфоссильных спорово-пыльцевых комплексов (юг Дальнего Востока). Владивосток: Дальнаука, 2002. 271 с.
- Короткий А.М., Коробов В.В., Скрыльник Г.П.* Изменение растительности в верхнем поясе гор под действием экзогенных процессов (поздний плейстоцен – голоцен) // Бюлл. Ботанич. сада-института ДВО РАН. 2009. Вып. 4. С. 41–49.
- Кудрявцева Е.П.* Уточнение высотных пределов распространения некоторых видов дендрофлоры на Южном Сихотэ-Алине // Леса российского Дальнего Востока: мониторинг динамики лесов российского Дальнего Востока. Владивосток: ЛАИНС, 2012. С. 87–91.
- Куренцова Г.Э.* Растительность Приморского края. Владивосток: Дальневост. кн. изд-во, 1968. 192 с.
- Мохова Л.М., Кудрявцева Е.П.* Субфоссильные спорово-пыльцевые спектры как отражение высотной поясности Южного Сихотэ-Алиня // Геосистемы переходных зон. 2022. Т. 6. № 1. С. 43–53. <https://doi.org/10.30730/gtr.2022.6.1.043-053>
- Новенко Е.Ю., Мазей Н.Г., Курянов Д.А., Филимонова Л.В., Лаврова Н.Б.* Субфоссильные спорово-пыльцевые спектры лиственных лесов Центральной Эвенкии: особенности интерпретации для целей палеоэкологических исследований // Экология. 2021. № 6. С. 403–411. <https://doi.org/10.31857/S0367059721060093>
- Прокопенко С.В.* Таксономический состав и анализ высокогорной флоры Южного Сихотэ-Алиня // Комаровские чтения. 2010. Вып. 58. С. 37–13.
- Пыльцевой анализ / под ред. И.М. Покровской. Л.: Госгеолиздат, 1950. 570 с.
- Развитие природной среды юга Дальнего Востока (поздний плейстоцен-голоцен) / под ред. А.М. Короткого, С.П. Плетнева, В.С. Пушкаря и др. М.: Наука, 1988. 240 с.
- Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А., Мохова Л.М., Макарова Т.Р., Паничев А.М., Кудрявцева Е.П., Арсланов Х.А., Максимов Ф.Е., Старикова А.А.* Развитие ландшафтов Шкотовского плато Сихотэ-Алиня в позднем голоцене // Изв. РАН. Сер. геогр. 2016. № 3. С. 65–80.
- Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А., Гребенникова Т.А., Мохова Л.М., Копотева Т.А., Кудрявцева Е.П., Арсланов Х.А., Максимов Ф.Е., Петров А.Ю., Климин М.А.* Развитие природной среды среднегорья Южного Сихотэ-Алиня, запечатленное в разрезах торфяников Сергеевского плато // Тихоокеанская геология. 2019. Т. 38. № 1. С. 13–31. <https://doi.org/10.30911/0207-4028-2019-38-1-13-31>
- Розенберг В.А.* Пихтово-еловые леса Южного Сихотэ-Алиня. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток: ДВ филиал АН СССР, 1955. 18 с.
- Розенберг В.А.* Верхний предел лесов в горах материкового побережья Дальнего Востока // Растительность высокогорий и вопросы ее хозяйственного использования. М.–Л.: Наука, 1966. С. 219–230.
- Симонов П.С.* Население мышевидных грызунов Северного Сихотэ-Алиня в условиях природно-антропогенного воздействия // Вестн. КрасГАУ. 2016. № 4. С. 58–64.
- Соловьев В.В.* Следы древнего оледенения и перигляциальных условий в Южном Приморье // Проблемы четвертичного оледенения Сибири и Дальнего Востока. Л.: ВСЕГЕИ, 1961. С. 141–148.
- Шлотгауэр С.Д.* Особенности высокогорной растительности хребта Сихотэ-Алинь на примере горы Ко (Хабаровский край) // Сибирский экологический журн. 2011. № 2. С. 215–220.
- Grimm E.C.* Tilia software 2.0.2. Springfield: Illinois State Museum Research and Collection Center, 2004.

Subfossil Pollen Spectra in the Altitudinal Belts of the Sikhote-Alin

M. S. Lyashchevskaya^{a,*}

^a*Pacific Geographical Institute, FEB RAS, Vladivostok, Russia*

**e-mail: lyshevskay@mail.ru*

This paper presents the characteristics and comparison of subfossil pollen spectra of modern plant communities in the altitudinal zones of the Northern Sikhote-Alin and the Southern Sikhote-Alin, using the cases of the Tordoki-Yani Mountain (absolute altitude 2090 m) and Oblachnaya Mountain (absolute altitude 1858 m). All pollen spectra from high mountains reflect the forests caused by long-distance transport of tree pollen. Due to the abundance of *Picea* pollen, the pollen spectra of the mountain tundra and upper part of the subalpine belts of the Northern Sikhote-Alin correspond to the most common type of vegetation at the upper forest border—the high-mountain spruce forest with *Betula lanata*, where *Pinus pumila* thickets can reach from the overlying belt. The largest amount of allochthonous pollen was found in the pollen spectra on the site without forest canopy. The pollen of broad-leaved trees was brought to high hypsometric levels by mountain-valley winds, rising air currents, from the underlying belts. The quantitative content of pollen of the main dominants of each altitudinal plant zone does not always accurately reflect the role of these taxa in the composition of the communities. The pollen productivity of *Betula lanata* exceeds the pollen productivity of the main forest forming species in all altitudinal zones, with the exception of the stone birch forests, therefore the share of its participation in the composition of the pollen spectra is overestimated. In the studied pollen spectra the content of *Larix* pollen is greatly underestimated compared to the role of this species in the forest stand, especially in soil samples from larch forest. It is associated with low pollen productivity, distribution and fossilization characteristics.

Keywords: Oblachnaya Mountain, Tordoki-Yani Mountain, alpine tundra belt, sub-alpine belt, forest border, high-mountain forests, pollen analysis

REFERENCES

- Arealy derev'ev i kustarnikov SSSR. Tom 1* [Distribution Ranges of Trees and Shrubs in USSR. Vol. 1]. Sokolov S.Ya., Svyazeva O.A., Kubli V.A., Eds. Leningrad: Nauka Publ., 1977. 164 p.
- Arzhanova V.S., Elpat'evskii P.V. *Geokhimiya, funktsionirovanie i dinamika gorn'nykh geosistem Sikhote-Alinya (yug Dal'nego Vostoka Rossii)* [Geochemistry, Functioning and Dynamics (Sikhote-Alin Mountains, Southern Russian Far East)]. Vladivostok: Dal'nauka Publ., 2005. 253 p.
- Grimm E.C. *Tilia software 2.0.2*. Springfield: Illinois State Museum Research and Collection Center, 2004.
- Kalesnik S.V. *Osnovy obshchego zemlevedeniya* [Basics of General Geoscience]. Moscow, Leningrad: Uchpedgiz Publ., 1947. 483 p.
- Kiselev A.N., Kudryavtseva E.P. *Vysokogornaya rastitel'nost' yuzhnogo Primor'ya* [High-Mountain Vegetation of South Primorie]. Moscow: Nauka Publ., 1992. 117 p.
- Kolesnikov B.P. Vegetation of the eastern slopes of the middle Sikhote-Alin. In *Trudy Sikhote-Alinskogo gosudarstvennogo zapovednika. Vyp. 1* [Proc. of the Sikhote-Alin State Reserve. Vol. 1], 1938, pp. 25–207. (In Russ.).
- Kolesnikov B.P. Vegetation. In *Dal'nii Vostok* [Far East]. Moscow: Izd-vo AN SSSR, 1961, pp. 183–246. (In Russ.).
- Kolesnikov B.P. *Vysokogornaya rastitel'nost' Srednego Sikhote-Alinya* [Alpine Vegetation of the Middle Sikhote-Alin]. Vladivostok: Dal'nevostochnoe knizhnoe izd-vo, 1969. 106 p.
- Korotkii A.M. *Geograficheskie aspekty formirovaniya subfossil'nykh sporovo-pyl'tsevykh kompleksov (yug Dal'nego Vostoka)* [Geographical Aspects of the Formation of Subfossil Spore-Pollen Complexes (South of the Far East)]. Vladivostok: Dal'nauka Publ., 2002. 271 p.
- Korotkii A.M., Korobov V.V., Skrylnik G.P. Vegetation changes in the upper mountain belts under influence of exogenous processes (Late Pleistocene – Holocene). *Byull. Botan. Sada-Inst. DVO RAN*, 2009, vol. 9, pp. 41–49. (In Russ.).
- Kudryavtseva E.P. Updating the altitudinal limits of the distribution of some dendroflora species in the South Sikhote-Alin. In *Lesa rossiiskogo Dal'nego Vostoka: monitoring dinamiki lesov rossiiskogo Dal'nego Vostoka* [Forests of the Russian Far East: Monitoring the Dynamics of the Russian Far East Forests]. Vladivostok: LAINS Publ., 2012, pp. 87–91. (In Russ.).
- Kurentsova G.E. *Rastitel'nost' Primorskogo kraja* [Vegetation of Primorsky Krai]. Vladivostok: Dal'nevostochnoe knizhnoe izd-vo, 1968. 192 p.
- Mokhova L.M., Kudryavtseva E.P. Subfossil pollen spectra as evidence of the altitudinal zonation of the Southern Sikhote-Alin. *Geosist. Perekhod. Zon*, 2022, vol. 6, no. 1, pp. 43–53. (In Russ.).
<https://doi.org/10.30730/gtr.2022.6.1.043-053>
- Novenko E.Y., Mazei N.G., Kupriyanov D.A., Filimonova L.V., Lavrova N.B. Subfossil spore–pollen spectra from larch forests of Central Evenkia: special aspects of interpretation for paleoecological research. *Russ. J. Ecol.*, 2021, vol. 52, pp. 429–437.
<https://doi.org/10.1134/S1067413621060096>
- Prokopenko S.V. Taxonomic composition and analysis of the high-mountains flora of the Southern Sikhote-Alin Range. *Komarov. Chteniya*, 2010, vol. 58, pp. 37–131. (In Russ.).

- Pyl'tsevoi analiz* [Pollen Analysis]. Pokrovskaya I.M., Ed. Leningrad: Gosgeolizdat Publ., 1950. 570 p.
- Razvitiie prirodnoi sredy yuga Dal'nego Vostoka (pozdnii pleistotsen-golotsen)* [Development of the Environment of the South of the Far East (Late Pleistocene-Holocene)]. Korotkii A.M., Pletnev S.P., Pushkar' V.S., et al., Eds. Moscow: Nauka Publ., 1988. 240 p.
- Razzhigaeva N.G., Ganzey L.A., Mokhova L.M., Markarova T.R., Panichev A.M., Kudryavtseva E.P., Arslanov Kh.A., Maksimov F.E., Starikoiva A.A. The development of landscapes of the Shkotovo plateau of Sikhote-Alin in the Late Holocene. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2016, no. 3, pp. 65–80. (In Russ.).
- Razzhigaeva N.G., Ganzey L.A., Grebennikova T.A., Mokhova L.M., Kopoteva T.A., Kudryavtseva E.P., Arslanov Kh.A., Maksimov F.E., Petrov A.Yu., Klimin M.A. Development of the natural environment of midlands of the Southern Sikhote-Alin recorded in the Sergeev plateau peat bogs. *Russ. J. Pac. Geol.*, 2019, vol. 13, no. 1, pp. 11–28.
<https://doi.org/10.1134/s1819714019010056>
- Rozenberg V.A. Fir-spruce forests of Southern Sikhote-Alin. *Extended Abstract of Cand. Sci. (Biol.) Dissertation*. Vladivostok: FEB AS USSR, 1955. 18 p.
- Rozenberg V.A. The upper limit of forests in the mountains of the continental coast of the Far East. In *Ras-titel'nost' vysokogorii i voprosy ee khozyaistvennogo is-pol'zovaniya* [Highland Vegetation and Issues of Its Economic Use]. Moscow, Leningrad: Nauka Publ., 1966, pp. 219–230. (In Russ.).
- Simonov P.S. The rodent's population of North Sikhote-Alin in the natural and anthropogenic impact. *Vestn. KrasGAU*, 2016, no. 4, pp. 58–64. (In Russ.).
- Solov'ev V.V. Traces of ancient glaciation and periglacial conditions in Southern Primorye. In *Problemy chetvertichnogo oledeneniya Sibiri i Dal'nego Vostoka* [Problems of Quaternary Glaciation in Siberia and the Far East]. Leningrad: VSEGEI Publ., 1961, pp. 141–148. (In Russ.).
- Schlotgauer S.D. Specificity of high-mountain vegetation of the Ko Mountain (Khabarovsk Krai). *Sibir. Ekol. Zh.*, 2011, no. 2, pp. 215–220. (In Russ.).
- Vorob'ev D.P. *Dikorastushchie derev'ya i kustarniki Dal'nego Vostoka* [Wild Trees and Shrubs of the Far East]. Leningrad: Nauka Publ., 1968. 277 p.
- Vyshin I.B. *Sosudistye rasteniya vysokogorii Sikhote-Alinya* [Vascular Plants of the Sikhote-Alin Highlands]. Vladivostok: Izd-vo DVO AN SSSR, 1990. 186 p.
- Vyshin I.B., Kharkevich S.S. Two new species (*Salix sichotensis* – salicoceae, *Chrysosplenium schagae* – Saxifragaceae) from Northern Sikhote-Alin. *Botan. Zh.*, 1985, vol. 70, no. 8, pp. 1120–1125. (In Russ.).