

На правах рукописи



БЛЯХАРЧУК Татьяна Артемьевна

**ПОСЛЕЛЕДНИКОВАЯ ДИНАМИКА РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА
ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ РАВНИНЫ И АЛТАЕ-САЯНСКОЙ ГОРНОЙ
ОБЛАСТИ (ПО ДАННЫМ СПОРОВО-ПЫЛЬЦЕВОГО АНАЛИЗА
БОЛОТНЫХ И ОЗЁРНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ)**

03.02.01 – Ботаника

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
доктора биологических наук

Томск – 2010

Работа выполнена в Институте мониторинга климатических и экологических систем Сибирского отделения Российской академии наук (ИМКЭС СО РАН), г. Томск и на кафедре ботаники ГОУ ВПО «Томский государственный университет»

Научный консультант: доктор биологических наук, профессор
Ревушкин Александр Сергеевич

Официальные оппоненты: доктор биологических наук, профессор
Свириденко Борис Фёдорович

доктор биологических наук, профессор
Лащинский Николай Николаевич

доктор геолого-минералогических наук, профессор
Волкова Валентина Сергеевна

Ведущая организация: Институт леса им. В.А. Сукачева СО РАН,
г. Красноярск

Защита состоится 11 ноября 2010 г. в _____ ч. на заседании диссертационного совета Д 212.267.09 при ГОУ ВПО «Томский государственный университет» по адресу: 634050, Томск, пр. Ленина 36, факс: (3822) 52-96-01.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ГОУ ВПО «Томский государственный университет» по адресу: г. Томск, пр. Ленина, 34 а.

Автореферат разослан «_____» _____ 2010 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор биологических наук



В.П. Середина

ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Изменения, происходящие со временем в растительном покрове, являются объективным индикатором естественной динамики природной среды, поскольку растительный покров напрямую зависит от изменений климатической и экологической обстановки (Докучаев, 1885; Варминг, 1901; Clements, 1920; Берг, 1952; Польшин, 1956). Понимание процессов динамики растительного покрова в прошлом помогает выявить естественные долговременные процессы изменения современной природной обстановки, что, в свою очередь, даёт возможность более обоснованно предвидеть её изменения в будущем. Палеопалинологические исследования осадочных отложений современных озёр и болот помогают реконструировать динамику растительного покрова региона в послеледниковое время (Прокопьев, 2001). Территория Сибири в палеопалинологическом плане изучена не достаточно, по сравнению с Европой и Северной Америкой. Имеющиеся палеопалинологические данные по Западной Сибири неоднородны по информативности, детальности, обеспеченности радиоуглеродными датами. Интерпретации разных авторов в основном касаются отдельных районов, но в широком плане весь массив имеющихся для исследуемого региона палеопалинологических данных нуждается в систематизации и обобщении, особенно с позиций ботанической науки. В литературе по-разному оценивается поведение южной границы лесной зоны на равнинах Западной Сибири в голоцене, время и степень проявления голоценового оптимума. Очень мало имеется данных для позднеледникового и раннего голоцена. Для территории Алтае-Саянской горной области, до наших исследований, имелись лишь единичные пыльцевые разрезы (Малаева, 1998), которые не могли характеризовать всё разнообразие растительных ландшафтов и климата данного региона, расположенного на стыке трёх типов климата, в зоне контакта флористических элементов, происходящих из нескольких флорогенетических центров (Ревушкин, 1988). Флористические исследования неоднократно доказывали тесную историческую связь между флорами равнинной части Западной Сибири, и горами Южной Сибири и Урала (Лавренко, 1946; Толмачев, 1954; Камелин, 1995), но остаётся не ясным, какова роль автохтонных и аллохтонных процессов в формировании флоры и растительного покрова этих регионов (Ревушкин, 1996). Отмеченные «белые пятна» в палеогеографических и ботанических исследованиях на территории Западно-Сибирской равнины и Алтае-Саянской горной области определили актуальность выбранной темы исследований. Данная диссертационная работа вносит дополнительный фактический материал, способный дать более обоснованные ответы на обозначенные спорные вопросы. Она дополняет изучаемый регион серией из 22-х новых полных пыльцевых разрезов, хорошо датированных радиоуглеродным методом (особенно не исследованные районы гор Южной Сибири), кроме того, она обобщает авторские и литературные палеопалинологические данные с помощью оригинальных методов корреляции и визуализации палеопалинологического материала с помощью построения по-

тысячелетних карто-схем палиноареалов основных эдификаторных видов растительного покрова. Проведённая работа позволила детально реконструировать динамику растительного покрова в различных округах Алтае-Саянской горной области, выявить тенденции в пространственной послеледниковой динамике палиноареалов отдельных видов и формаций растительного покрова в сопряженной системе гор Южной Сибири и равнинной части Западной Сибири. Результаты таких пространственно-временных палеопалинологических исследований предоставляют новые возможности для применения методов экспериментальной палеоклиматологии, флористических и генетических исследований.

Цели и задачи исследования. Целью настоящего исследования является выявление основных закономерностей развития растительного покрова Западно-Сибирской равнины и сопряженной с ней Алтае-Саянской горной области с позднеледникового времени до современности на основе детального спорово-пыльцевого анализа и радиоуглеродного датирования болотных и озёрных отложений.

Для реализации поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

1) обобщить имеющиеся палеопалинологические данные и основанные на них палеореконструкции динамики растительности на равнинной территории Западной Сибири и в Алтае-Саянской горной области;

2) выявить характерные черты современных (субрецентных) спорово-пыльцевых спектров, свойственные лесной зоне равнин Западной Сибири и горным районам Южной Сибири в пределах исследуемых ключевых участков;

3) провести палеопалинологические исследования серии новых разрезов торфяных и озёрных отложений, расположенных на равнинной территории Западной Сибири и в горах Алтае-Саянского региона;

4) реконструировать изменения растительного покрова на основе данных спорово-пыльцевого анализа методом выделения локальных пыльцевых зон и, основанных на них, локальных фаз развития растительности;

5) провести пространственно-временную корреляцию имеющихся для изучаемой территории палеопалинологических данных.

6) провести реконструкцию изменений палиноареалов отдельных эдификаторов растительного покрова и восстановить картину естественной динамики растительного покрова и климата равнинной территории Западной Сибири и Алтае-Саянской горной области с позднеледникового до современности по тысячелетним временным срезам;

8) провести пространственное моделирование детальных карт растительного покрова Алтае-Саянского горного региона для временных срезов 10000, 8000, 5200 и 3200 лет назад с помощью одной из современных методик моделирования.

Научная новизна. В работе впервые:

– реконструирована детальная картина изменения растительного покрова Алтае-Саянской горной области в позднеледниковье и голоцене на

основе пионерных палеопалинологических исследований озёрных отложений современных малых озёр;

- разработано 2 метода обобщения и корреляции палеопалинологических данных: метод построения локальных и меридиональных трансектов пыльцевых диаграмм на единой, равномерной временной шкале и метод построения по-тысячелетних карто-схем изменения палиноареалов;

- установлено 5 основных относительно стабильных ландшафтно-климатических периодов в динамике растительного покрова равнинной территории Западной Сибири и Алтае-Саянской горной области с позднеледникового (13 тыс. лет назад) до современности;

- выявлены: последовательность, направления и временные рамки расселения, процветания и деградации ценоареалов отдельных древесных пород на исследуемой территории по тысячелетним временным срезам за последние 13 тыс. лет. Доказано, что сплошной лесной покров из кедра и пихты в горах Южной Сибири начал формироваться с 9,7 тыс. л.н. На равнинной территории Западной Сибири первые сомкнутые леса из берёзы и сосны сформировались около 8,5 тыс. л.н., и лишь позднее, под пологом этих лесов, стали распространяться кедр и пихта;

- установлено, что в голоценовые оптимумы 9 и 6 тыс. л.н. на территории таёжной зоны равнин Западной Сибири возрастала роль темнохвойных формаций с елью и пихтой, и усиливались провинциальные различия в структуре растительного покрова, а в периоды между голоценовыми оптимумами роль темнохвойных пород сокращалась, и структура растительного покрова приобретала более выраженную широтную зональность;

- установлено, что в горных областях Алтае-Саянского региона в динамике растительного покрова Центрального Алтая и Кузнецкого Алатау проявились закономерности общие с бореальной зоной равнин Западной Сибири, а в динамике растительности крайнего юго-востока исследуемой территории (высокогорья Юго-Западной Тувы) проявились закономерности общие с динамикой растительности семиаридных территорий Монголии.

Положения, выносимые на защиту.

1. В ландшафтах равнин Западной Сибири вплоть до 8,5 тыс. лет назад доминировала реликтовая елово-лиственнично-степная формация, в которой сочетались участки лиственничных и еловых насаждений с обширными степными пространствами. Сосна и кедр в этом ландшафте не участвовали. В конце этой фазы широкое распространение получила берёзовая лесостепь.

2. Формирование сплошного лесного покрова в горах Южной Сибири произошло на 1200 лет раньше, чем на равнинной территории Западной Сибири.

3. В голоценовые оптимумы 9 и 6 тыс. лет назад на равнинной территории Западной Сибири усиливались провинциальные различия в структуре растительного покрова, а в периоды между голоценовыми оптимумами структура растительного покрова приобретала более выраженную

широтную зональность, что отражает, вероятно, ведущую роль атлантического воздушного переноса в природе голоценовых оптимумов.

4. В горных областях Алтае-Саянского региона в динамике растительного покрова Центрального Алтая и Кузнецкого Алатау проявились закономерности общие с лесной зоной равнин Западной Сибири, а динамика растительности юго-востока исследуемой территории (высокогорья Юго-Западной Тувы) сходна с динамикой растительности семиаридных территорий Монголии и с изменением растительности на севере Западно-Сибирской равнины.

Личный вклад автора в данное исследование. В основу данной работы легли материалы 24-летних палинологических исследований автора. Под руководством автора и с его участием проводились полевые работы по отбору болотных и озёрных кернов, а также поверхностных образцов для палинологических исследований, делались геоботанические описания растительности в местах сбора материала, проводилась химическая подготовка образцов и их спорово-пыльцевой анализ. В дальнейшем автором проводилась вся статистическая и графическая обработка полученных эмпирических данных и дальнейшая их интерпретация и палеореконструкции.

Теоретическая и практическая значимость. Выявленные закономерности в послеледниковой динамике растительного покрова и климата Западно-Сибирской равнины и гор Алтая и Саян значительно пополняют сумму фундаментальных палеогеографических представлений, на основе которых можно делать прогноз дальнейшего развития территорий и выбирать пути их наиболее рационального использования. Новые палеопалинологические данные (22 детальных спорово-пыльцевых разреза), полученные для территорий равнинной части Западной Сибири и для Алтае-Саянской горной области, являются основой для разработки стратиграфических схем позднеледниковья и голоцена указанных регионов. Эти данные закрывают «белые пятна» на обширной территории Сибири и являются существенным вкладом в базу данных для глобального моделирования изменений природно-климатической обстановки Земли. Установленные закономерности в динамике палиноареалов и, связанных с ними ценоареалов, основных лесообразующих и эдификаторных видов растительного покрова на исследуемой территории могут служить базой для выработки рациональной природоохранной политики регионов. Полученные материалы могут быть использованы при чтении лекций, составлении учебников и учебных пособий для вузов по истории растительности и климата Сибири. Результаты пространственных палиноареалогических исследований предоставляют новые возможности для применения методов экспериментальной палеоклиматологии, моделирования и таких биологических направлений как лесоведение, флористика и генетика.

Апробация работы. Основные положения диссертации были представлены на Российских конференциях (Томск 1988, 1998, 2005, 2007, 2009; Москва, 1990; Петрозаводск, 1998; Ноябрьск, 2001; Кызыл 2005, 2007), на международных конференциях [Монголия - Ховд 2003; Грузия - Тбилиси 1988; Эстония - Таллин 1989; Финляндия - Оулу 1999; США – Fayetteville 2000; Канада - Quebec 2000; Германия - Berlin 2003, Bonn 2008 (IOPC-VIII); Польша -

Krakov 2004; Китай - Beijing 2005 (PAGES); Англия – London 2006 (HOLIVAR); Чехия - Prague 2006 «7-th European paleobotany-palynology conference»; Италия - Milan 2006 (INQUA-SEQS); Индия - Chandigarh 2009(LIMPACS)(IGBP-PAGES)].

Работа была поддержана грантами: российского фонда РФФИ (05-05-64266, 06-05-65127, 06-05-74610); грантом по совместной программе Министерства образования и науки РФ и Германской службы академических обменов DAAD (2004); зарубежными грантами: grant of MakArthur foundation N 98-52191, Grant of “Royal Society of England” for short visits (2006), grant of FULBRIGHT foundation for 6 months visit of USA (2006-2007). Палеопалинологические исследования на болотах юго-востока Западно-Сибирской равнины проводились на базе Института биологии и биофизики при ТГУ. Палеопалинологические исследования озёрных отложений в горах Алтае-Саянского региона проводились при поддержке грантов Американского научного фонда и Американского географического общества № 6567-99 и № 97-161 профессору Н.Wright (США).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 60 научных работ, в том числе 12 статей в рецензируемых журналах из «Перечня....» ВАК.

Автор выражает благодарность своему учителю болотоведу Юрию Алексеевичу Львову, коллегам Емельяну Ярушковичу Мульдьярову, Елене Дмитриевне Лапшиной и Наталье Владимировне Черновой, за поддержку в исследованиях и проведение ботанического анализа торфа для ряда исследованных спорово-пыльцевым методом разрезов. Автор благодарит также Павла Stanisлавовича Бородавко и Павла Анатольевича Бляхарчука за поддержку в проведении полевых работ на Алтае. Особую благодарность автор выражает научному консультанту Александру Сергеевичу Ревушкину за поддержку и внимательное отношение.

Объём и структура работы. Объём диссертационной работа – 519 страниц, включая: введение, восемь глав, выводы, список литературы из 470 наименований, 2 приложения, 87 рисунков, 18 таблиц.

ГЛАВА 1. ОБЪЕКТЫ И ПАЛЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В ИССЛЕДОВАНИИ ДИНАМИКИ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА

В работе по изучению динамики растительного покрова в качестве базовых методов использовались спорово-пыльцевой анализ и радиоуглеродное датирование голоценовых отложений болот и озёр. В качестве дополнительных методов использовались ботанический анализ торфа, литологический анализ озёрных отложений (LOI), анализ содержания микроугольков, и, в отдельных случаях, использовались данные по диатомовому анализу и анализу устойчивых изотопов. Лично автором в данном исследовании проведён спорово-пыльцевой анализ 1204 ископаемых пыльцевых спектров (каждый из которых включал в среднем 300-400 определённых форм пыльцы и спор), составляющих 22 новых детальных спорово-пыльцевых разрезов из озёрных (9)

и торфяных (13) отложений с территории юго-востока Западно-Сибирской равнины (12 разрезов) и Алтае-Саянской горной области (10 разрезов). Кроме того, был проведён спорово-пыльцевой анализ 190 современных (субрецентных) пыльцевых спектров из районов исследования. Получено 123 радиоуглеродные даты в Российских и зарубежных радиоуглеродных лабораториях. В дополнение к этому для торфяных разрезов был проведён детальный ботанический анализ 517 образцов торфа, а для озёрных отложений – литологический анализ 362 образцов озёрного сапропеля методом измерения потерь при прокаливании (LOI) и анализ устойчивых изотопов углерода и кислорода в 99 образцах. Из методов экспериментальной палеоклиматологии в работе использовался информационно-статистический метод В.А. Климанова (1976, 1981, 1985) для реконструкции количественных характеристик палеоклимата и метод моделирования с помощью MontBioCLIM модели для крупномасштабной пространственной реконструкции растительного покрова горных районов по палеопалинологическим данным (Tchebakova et al., 2009).

Метод спорово-пыльцевого анализа, позволяет реконструировать особенности растительного покрова от локального уровня до формационного и зонального (Гричук, 1941; Левковская, 1973; Никифорова, 1980; Anderson, 1986; Moore et al., 1991; Roberts, 1998). Дополнительные палеоэкологические и физико-химические методы исследования, проводимые сопряжено со спорово-пыльцевым анализом, помогают более достоверно интерпретировать палеопалинологические данные и решать проблемы часто трудно разрешимые чисто палинологическим методом (Gasse, 1987; Warner, 1988; Dixit et al., 1992; Reid et al., 1995; Abell et al., 1995; Talbot, 1990; Goodfriend, 1992). Дополнительные методы позволяют более полно раскрывать биогеоценотические связи и процессы, происходящие в ландшафтах.

Далее в данной главе подробно рассматриваются особенности метода спорово-пыльцевого анализа и ряда дополнительных, используемых в работе палеоэкологических и физико-химических методов. Предыдущими исследованиями показана сложность формирования спорово-пыльцевых спектров в природе, где действует множество факторов, меняющихся в пространстве (Гричук и Заклинская, 1948; Сладков, 1967; Березина, 1969; Грабовик, 1982, 1986; Некрасова, 1977; Faegri, 1975; Tauber, 1965; Birks et al., 1980). Кроме учета разномасштабных особенностей растительного покрова, некоторые исследователи рекомендуют применять поправочные коэффициенты для перехода от пыльцевых спектров к составу растительности, которые, тем не менее, могут различаться для разных территорий. Поэтому общепринято палеопалинологические исследования сопровождать изучением соответствия современных пыльцевых спектров составу растительности, в каждом изучаемом районе.

Результаты пыльцевого анализа в работе визуализировались традиционным способом построения спорово-пыльцевых диаграмм. При этом обилие отдельных компонентов в пыльцевых спектрах выражалось в процентах от общей суммы подсчитанной пыльцы и спор за вычетом пыльцы и спор водных и болотных растений согласно рекомендациям (Moore et al., 1991). Для

облегчения интерпретации результатов индивидуальные пыльцевые компоненты объединялись в следующие морфолого-экологические группы: древесные, кустарники и кустарнички, высокогорные виды, рудералы, ксерофиты, мезофиты, аэрогидрофиты, гидрофиты.

При физико-химической подготовке образцов для спорово-пыльцевого анализа в работе использовались: щелочной метод Фон Поста (Post, 1916), сепарационный метод В.П. Гричука (1948), ацетоллиз (Erdtman, 1943), обработка плавиковой кислотой (Moore et al., 1991).

В работе использовались радиоуглеродные даты, а не календарный возраст, поскольку это облегчает корреляцию новых пыльцевых разрезов с опубликованными ранее разрезами российских палинологов, не использовавших калибровку. Приводимые в диссертации радиоуглеродные даты, а также радиоуглеродный возраст пыльцевых зон и фаз растительности могут быть легко переведены в календарный возраст с помощью таблицы соотношения радиоуглеродных дат и календарного возраста, которая приводится в данной главе работы согласно Робертсу (Roberts, 1998).

ГЛАВА 2. РАСТИТЕЛЬНЫЙ ПОКРОВ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

Основными закономерностями структуры растительного покрова Западно-Сибирской равнины являются: хорошо выраженная широтная зональность; высокая степень заболоченности; широкое развитие поёмных явлений (Ильина и др., 1985). По одним данным на территории равнин Западной Сибири выделяется 5 растительных зон (Западная Сибирь, 1963), по другим - 3 геоботанические области (Шумилова, 1962): тундрово-арктическая, бореально-лесная с зонами тайги и берёзовых лесов и степная с зонами лесостепей и степей. Для палеогеографических целей рационально использовать подразделение таёжной зоны на подзоны: северных редколесий, северной тайги, средней тайги и южной тайги. На фоне широтно-зональной структуры в растительном покрове равнин Западной Сибири выделяются провинции: Зауральская, Центрально-Обская и Приенисейская, отличающиеся друг от друга, по мнению И.С. Ильиной с соавторами (1985), долей участия темнохвойных пород в составе тайги и степенью заболоченности.

Горы Южной Сибири, охваченные данным исследованием, включают: Кузнецкий Алатау, Центральный Алтай, Западный Саян и Юго-Западную Туву. Вся эта территория входит в Алтае-Саянскую геоботаническую макропровинцию (Шумилова, 1962). Для макропровинции характерно развитие отчётливо выраженной вертикальной поясности растительного покрова. Исследования А.В. Куминовой (1957, 1960, 1976), Г.Н. Огуреевой (1980), В.П. Седельникова (1979, 1988), К.А. Соболевской (1958), И.М. Красноборова (1976), В.Н. Смагина и др. (1980) позволили выявить особенности состава и структуры растительного покрова в Алтае-Саянской горной области в которой разные провинции и подпровинции различаются по деталям поясного распределения растительности и преобладающим в отдельных вертикальных поясах формациям, что зависит, главным образом, от степени увлажнённости и

континентальности климата. Количество выпадающих осадков в Алтае-Саянской горной области закономерно снижается при движении с северо-запада и запада на юго-восток, а континентальность климата в этом же направлении возрастает. Соответственно, в Алтае-Саянской горной области выделяется два основных типа поясности – альпийский (субконтинентальный), характерный для Западного и Северного Алтая и типично континентальный, характерный для более восточных и юго-восточных провинций (Куминова, 1960; Огуреева, 1980). В альпийском типе поясности в горных лесах доминируют темнохвойные породы (пихта, кедр сибирский), а в высокогорном поясе распространены альпийские и субальпийские луга. В континентальном типе поясности в горных лесах доминирует лиственница, а в высокогорьях вместо альпийских и субальпийских лугов развивается подгольцовая (кустарничковая) и гольцовая растительность с высокогорными тундрами. На крайнем юго-востоке Алтае-Саянской горной области, в связи с аридностью климата, пояс горных лесов полностью выклинивается, и зональные степи непосредственно контактируют с высокогорной растительностью. Крайние варианты вертикальной поясности связаны друг с другом серией переходов. Верхняя граница горных лесов закономерно повышается при движении с северо-запада на юго-восток. Повсеместно наблюдается сдвиг вверх верхних границ высотных поясов на склонах южной экспозиции, по сравнению с северными.

Сосна и берёза в Алтае-Саянской горной области формируют леса лишь в предгорьях и частично в низкогорьях между зональными степями и горными темнохвойными лесами. На западных, наиболее увлажнённых, склонах Кузнецкого Алатау, в Горной Шории, существует реликтовая третичная формация липы сибирской (Крылов, 1891; Куминова, 1957), произрастающей совместно с пихтой, осиной и комплексом травянистых реликтов. Эти леса, называемые «чернью», через «черневые леса» и «черневую тайгу» переходят в горные темнохвойные леса по мере выпадения из их состава реликтовых элементов под действием снижения обилия осадков и увеличения континентальности горного климата (Смагин и др., 1980).

ГЛАВА 3. ИСТОРИЯ ФЛОРЫ И РАСТИТЕЛЬНОСТИ ИЗУЧАЕМОГО РЕГИОНА

В общих чертах эволюция растительного покрова и климата на исследуемой территории шла от тёплого субтропического климата и соответствующей субтропической растительности в палеоцене к теплоумеренному климату и тургайской флоре в олигоцене, к иссушению и похолоданию климата в миоцене с развитием берёзово-широколиственных лесов и зачатками широтной зональности (Камелин, 1995, 1998; Волкова и Кулькова, 1999). Затем, в плиоцене (Волкова, 1984, 1986; Камелин, 1998) с началом прогрессивного похолодания, после 2,5 млн. лет назад произошло формирование в растительном покрове 2-х формаций – степной и лесостепной, а расположение границ ландшафтных зон на юге равнины приблизилось к

современному. В дальнейшем, в плейстоцене, согласно принятым схемам (Архипов, 1987, 1989; Архипов и Волкова, 1994; Архипов и др., 1999; Волкова, 1977, 1991; Решения..., 1970), на исследуемой территории происходило неоднократное чередование ледниковых и межледниковых эпох в раннем, среднем и позднем плейстоцене, вызывавшее периодические миграции лесной и перигляциальной растительности. В сартанское позднеледниковье в течение довольно короткого интервала времени (13-10,3 тыс. лет назад) на равнинной территории Западной Сибири происходили быстрые и резкие смены растительности (Кривоногов, 1989). Только в бореальном периоде (с 9 тыс. лет назад) произошло становление современной зональности растительного покрова.

Изменение растительного покрова равнин Западной Сибири в голоцене рассматривалось в работе Н.А. Хотинского (1977). Позднее В.С. Волкова (Волкова и др., 1982; Волкова, 1999, Волкова и др., 2002) сделала более подробную реконструкцию изменения растительности и климата для этой территории. Согласно этим реконструкциям, в предбореальном периоде на территории Западной Сибири существовали 2 типа ландшафтов – тундровый и лесотундровый, к которым на юге добавлялись степные сообщества. В бореальном периоде широко расселились леса, и произошло становление современных ботанико-географических провинций в Северной Азии. В атлантическом периоде В.С. Волкова выделяет климатический оптимум голоцена 6000-5500 лет назад. В это время на севере равнины леса далеко продвигались в тундру. В суббореальном периоде ею выделены три крупных климатических ритма, в пределах которых установлены четыре фазы. Выделяется суббореальный термический максимум 3500 лет назад. В субатлантическом периоде также отмечены неоднократные колебания климата, что привело к обеднению состава древесной растительности на севере равнины, а на юге способствовало распространению берёзово-сосновых редколесий.

Эволюция растительного покрова южного горного обрамления Сибири была тесно связана с эволюцией растительности северных равнин (Соболевская, 1958; Малышев, 1965; Красноборов, 1976; Камелин, 1998), но имела и отличительные черты. Так на Алтае и в Туве уже в миоцене в составе растительности выявлялись черты, свидетельствующие о близости какой-то ксерофитной травянистой флоры, произраставшей в депрессиях Северной Монголии (Ильин, 1947). В миоцене на территории Тувы впервые сформировался степной тип растительности. В плиоцене, в связи с активацией горообразовательных процессов усилилась аридность климата, происходила миграция ксерофитов из аридных центров Средней и Центральной Азии на Алтай и в Туву и обмен флорой через «степной коридор» чуйско-тувинско-хакасских степей (Соболевская, 1958). Со второй половины нижнего плейстоцена, в связи с оледенениями, на Алтае произошло полное исчезновение умеренно-широколиственной флоры (Матвеева, 1960). Однако, в ледниковые периоды в горах Южной Сибири лесная растительность сохранялась в особых «убежищах», несмотря на почти полную деградацию лесной растительности на равнинах. Такие убежища лесной растительности

располагались, согласно гипотезе Е.М. Малаевой (1987а, 1987б), преимущественно в низкогорных районах. По мнению О.В. Матвеевой (1960), в четвертичном периоде на Алтае происходили смены влажных и сухих эпох, с максимумом влажности в начале среднего плейстоцена. В дальнейшем влажные эпохи повторялись, но с прогрессивным уменьшением влажности климата, что отражалось на степени развития еловой формации на Алтае, которая была максимально распространена в первой половине среднего плейстоцена и постепенно исчезла в начале верхнего плейстоцена. Согласно результатам исследования почв оригинальным педо-гумусовым методом (Дергачева и Феденева, 1998, 2000, 2003) структура растительного покрова в Центральном Алтае упрощалась в ледниковые эпохи, а в межледниковья формировалась сложная структура высотных поясов, при общей тенденции снижения гумидности климата на протяжении четвертичного периода.

О.В. Матвеева (1960) полагала, что в голоценовое время растительность Алтая оставалась неизменной. Однако К.А. Соболевская (1958) считала, что в Туве в начале голоцена имела место ксеротермическая фаза относительно тёплого и сухого климата, во время которой в горных районах в холодно-сухих условиях происходило слияние прастепных элементов растительности с альпийскими и криоксерофилизация последних. Климатические условия оптимума голоцена на Алтае, судя по доминированию кедровых лесов, отличались от современных большей влажностью (Разрез новейших отложений..., 1978). В позднем голоцене направленность климатических изменений поменялась на противоположную.

ГЛАВА 4. ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ПЫЛЬЦЕВЫХ СПЕКТРОВ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

Ранее проведённые исследования поверхностных пыльцевых спектров с равнинных территорий не раз доказывали возможность определения по спорово-пыльцевым спектрам не только зональных, подзональных и провинциальных особенностей растительного покрова, но и особенностей конкретных фитоценозов, в которых взяты пробы (Чупина, 1971; Мальгина, 1971, 1973; Гричук и др., 1973; Левковская, 1973). Более сложная картина формирования пыльцевых спектров, наблюдается в горных районах (Сафарова, 1973; Алёшинская и др., 1973).

Наши исследования показали, что на юго-востоке Западно-Сибирской равнины в составе поверхностных спорово-пыльцевых спектров проявляются следующие закономерности: 1) В спорово-пыльцевых спектрах подзон мелкотравной и травяной тайги, так же как в составе лесов, наблюдается повышенное содержание пыльцы берёзы; 2) Пыльца пихты, единично встречается в спектрах мелкотравной тайги и достигает максимума в спектрах травяной тайги, что также соответствует роли пихты в этих типах леса; 3) Участие кедра в спорово-пыльцевых спектрах, также как в составе растительности, постепенно снижается по направлению с севера на юг от зеленомошной тайги к травяной. В целом для юго-востока Западно-Сибирской

равнины было выделено 4 типа поверхностных пыльцевых спектров. Выявлены, также особенности поверхностных пыльцевых спектров формирующихся в разных типах болот.

Общий анализ 120 поверхностных пыльцевых спектров из 29 ключевых участков Алтае-Саянской горной области, проведённый с помощью тернарного графика, показал, что вся выборка по общему составу спектров четко разбивается на 3 блока. В первом блоке сосредоточены спектры, в которых обилие пыльцы древесной группы составляет $> 50 \%$. Все эти спектры были отобраны из фитоценозов с сомкнутым или разреженным древесным пологом. Во втором блоке были сосредоточены спектры с повышенным обилием пыльцы кустарничков и трав, а пыльца древесных видов в них составляла менее 50% . В этом блоке оказались спектры, отобранные из безлесных районов степей, высокогорий и районов с редким древостоем в переходных зонах. Третий блок составили спектры с увеличенным обилием спор, на фоне высокого содержания пыльцы трав или среднего содержания древесной пыльцы. Сюда попали спектры, отобранные с поверхности болот и озёр. Таким образом, общий состав всех рассмотренных поверхностных пыльцевых спектров адекватно отражал степень облесённости, свойственную тем или иным высотно-поясным комплексам растительности, в которых были отобраны образцы.

Далее по индивидуальным пыльцевым спектрам были рассчитаны средние пыльцевые спектры для 29 ключевых участков и проведён их корреляционный анализ с составом локальной растительности и растительности в радиусе 10, 25 и 50 км. Результаты показали положительные статистически значимые корреляционные связи (R варьировал от 0,38 до 0,88) между составом пыльцевых спектров и составом растительности. Оказалось, что пыльца ели в горных районах юга Западной Сибири наиболее достоверно связана с составом локальной растительности, но не имеет связи с составом растительности радиусом 10, 25 и 50 км. Пыльца лиственницы наиболее достоверно отражает локальную растительность и растительность на расстоянии 10 км, но дальше её связь с составом растительности ослабевает. Пыльца кедра, напротив, отражает в большей степени состав региональной растительности.

Отличающимся от общепринятых представлений оказалось поведение пыльцы пихты и сосны на Алтае. Пыльца пихты здесь, как и берёзы, в равной степени достоверно отражает и локальную растительность, и отдаленную растительность радиусом 10, 25 и 50 км. Пыльца сосны наибольшую связь имеет с локальной растительностью, меньшую – с растительностью на расстоянии 10 и 25 км, и не имеет связи с растительностью на расстоянии 50 км. Полученные результаты подтверждают ранее имевшиеся представления о преимущественно локальном происхождении пыльцы ели и лиственницы и региональном происхождении пыльцы кедра и берёзы. Региональность пыльцы пихты в Алтае-Саянском горном регионе может быть связана с произрастанием пихтовых лесов на склонах гор, а локальность пыльцы ели – с произрастанием еловых лесов лишь в долинах рек. Это облегчает разнос пыльцы пихты

воздушными потоками на дальние расстояния. Преобладающая связь пыльцы сосны с локальной растительностью, так же может объясняться произрастанием сосновых лесов на более низких гипсометрических высотах, чем кедровых и пихтовых лесов.

Кластерный анализ усреднённых (для каждого ключевого участка) поверхностных пыльцевых спектров, ранжированных по возрастанию влагообеспеченности материнских фитоценозов, показал объективное совпадение статистически выделяемых кластеров поверхностных спектров с высотными поясами и типами леса. Однако высокогорные спектры не образуют четко отграниченных кластеров, а распадаются на подкластеры, связанные с соседними кластерами, указывая на то, что высокогорные спектры на Алтае несут черты соседних высотных зон и даже соседних географических округов.

Графический анализ таксономического разнообразия поверхностных пыльцевых спектров из Алтае-Саянского региона показал, что: 1. Максимальное разнообразие таксонов древесных и кустарниковых растений наблюдается в поверхностных пыльцевых спектрах пихтово-кедровых горных лесов Кузнецкого Алатау; 2. Характерной чертой поверхностных пыльцевых спектров островных степей Хакасии является повышенное таксономическое разнообразие пыльцы и спор травянистых растений; 3. Поверхностные пыльцевые спектры лесостепных и степных ландшафтов имеют повышенное разнообразие таксонов в подгруппе мезофитных растений. 4. В поверхностных пыльцевых спектрах Хакасских степей отражена характерная черта местной флоры – обогащение её альпийскими элементами.

Таким образом, хотя особенности формирования и анализа пыльцевых спектров не позволяют выявлять всего таксономического разнообразия флор конкретных зон и фитоценозов, некоторые выявленные закономерности состава пыльцевых спектров совпадают с флористическими выводами, например, о возрастании видового разнообразия в переходной полосе между лесной и степной зонами (Толмачев, 1974), о присутствии альпийцев во флоре Хакасских степей (Ревердатто, 1947; Положий, 1972, 1996).

ГЛАВА 5. ПАЛИНОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОЗЁРНО-БОЛОТНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

Общая территория, охватываемая палеопалинологическими исследованиями данной работы, простирается на 1800 км с севера на юг и на 1000 км с запада на восток, располагаясь в пределах равнин Западной Сибири, частично в Средней Сибири и в Алтае-Саянской горной области (рис. 1). Нами получено 22 новых пыльцевых разреза, которые сгруппированы в 6 ключевых участков, для каждого из которых в главе даётся отдельная физико-географическая характеристика современного климата и растительности: I. Север Западной Сибири; II. Средняя Сибирь; III. Юго-восток Западной Сибири; IV. Кузнецкий Алатау и Западный Саян; V. Центральный Алтай; VI. Юго-Западная Тува.

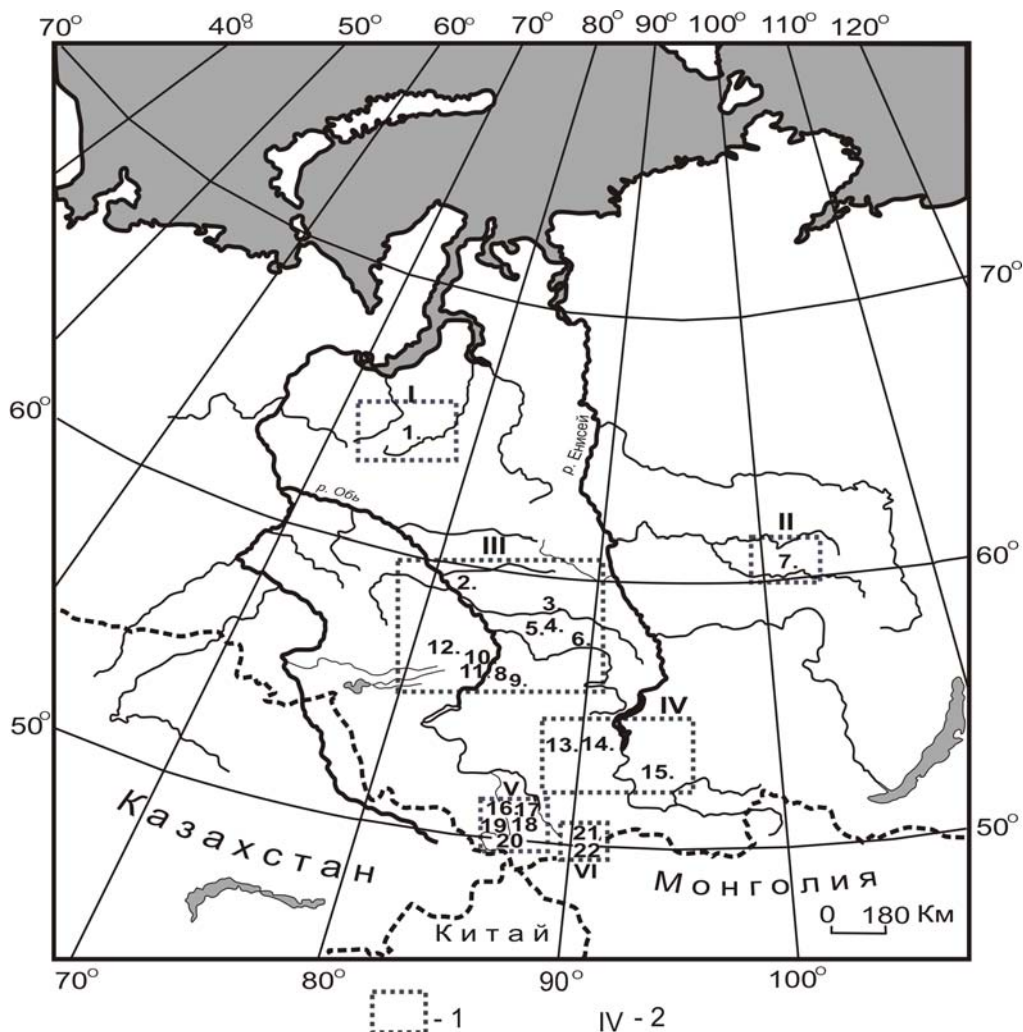


Рисунок 1. Карта-схема района исследований с ключевыми участками и расположением исследованных спорово-пыльцевых разрезов

Условные обозначения: 1 – ключевые участки; 2 – номера ключевых участков.

Спорово-пыльцевые разрезы: 1 – Надым-Пур, 2 – Петропавловка, 3 – Максимкин Яр, 4 – Танино озеро, 5 – Бугристый, 6 – Тегульдэт, 7 – Бублик, 8 – Чагинское, 9 – Овражное, 10 – Ново-Успенка, 11 – Кирек, 12 – Васюганье-озеро, 13 – Чудное, 14 – Дикое, 15 – Луговое, 16 – Узунколь, 17 – Кендегелюколь, 18 – Ташколь, 19 – Джангысколь-озеро, 20 – Джангысколь-болото, 21 – Груша, 22 – Ак-Холь

В работе пыльцевые диаграммы, полученные из торфяных отложений, сопровождаются колонкой ботанического состава торфа, а пыльцевые диаграммы, полученные из озёрных отложений – колонкой литологического состава (LOI), отражающего содержание в осадке органики, карбонатов и минеральной фракции. На всех диаграммах указываются радиоуглеродные даты (некалиброванные) на глубинах их отбора в разрезах, а также тысячелетние рубежи (также некалиброванные) на глубинах, рассчитанных по глубинно-возрастным моделям. Каждая пыльцевая диаграмма разделена визуально на пыльцевые зоны по доминирующим и характерным типам пыльцы. На основе пыльцевых зон реконструировались фазы развития растительности, временные рамки которых определялись по глубинно-возрастным моделям. Пример пыльцевой диаграммы приводится на рис. 2.

5.1 Ключевые участки равнинной территории Западной и Средней Сибири

Ключевой участок севера Западной Сибири (I). Диаграмма Надым-Пур получена из мёрзлого бугристого болота расположенного на границе предтундрового редколесья и лесотундры и охватывает 9390 лет. За это время в растительном покрове района исследования сменилось 4 фазы развития растительности: кустарничковой берёзки (9400-9340 л.н.), лиственницы (9340-8700 л.н.), ели (8700-5500 л.н.), кедра и сосны (5500 л.н.-современность). Фаза ели в данной диаграмме характеризует растительность голоценового оптимума, когда ель в составе лесной растительности далеко продвигалась в тундровую зону. Прогрессирующее похолодание после 5,5 тыс. лет назад способствовало отступлению северной границы леса к югу, деградации еловых лесов и промерзанию ране талых болот района.

Ключевой участок среднетаёжной зоны Средней Сибири (II). Диаграмма получена из мёрзлого крупно-бугристого болота Бублик, расположенного в центре падения Тунгусского метеорита. Мощность торфа - 200 см, возраст придонного слоя торфа - 7260 лет. В динамике растительного покрова района выделяется 4 фазы развития растительности: берёзовых лесов (7500-7080 л.н.), еловых лесов (7080-4850 л.н.), еловых лесов с участием сосны (4850-1860 л.н.), сосновых лесов (1860 л.н.-современность). В период господства в ландшафте еловых лесов болото было талым. После 5 тыс. лет назад появились свидетельства периодического промерзания торфа, и в растительном покрове стали распространяться сосна и лиственница, которые после 2 тыс. лет назад полностью вытеснили ель, а болото с этого времени стало мёрзлым.

Ключевой участок юго-востока Западно-Сибирской равнины (III). Этот ключевой участок, включающий юг средней тайги, южную тайгу и частично зону берёзовых лесов, является узловой территорией, на которой происходит смена умеренно-континентального климата Западной Сибири на резко-континентальный климат Средней Сибири, а по отрогам Кузнецкого Алатау, равнинные темнохвойные леса с кедром и пихтой наиболее близко подходят к горным темнохвойным лесам. Этот своеобразный «мост» темнохвойных лесов разбивает непрерывную степную зону Западной Сибири, расположенную западнее, на изолированные степные острова, лежащие к востоку. На данной территории мы исследовали спорово-пыльцевым методом в общей сложности 9 торфяных болот и 1 озеро, включая: 2 пыльцевых разреза, характеризующих среднюю тайгу - Петропавловка (440 см - 9840 лет) и Максимкин Яр (250 см – 7300 лет); 2 разреза, расположенных на границе средней и южной тайги - Бугристый (680 см – 9840 лет) и Танино озеро (600 см – 8300 лет); 2 разреза из травяной южной тайги - Васюган-озеро (450 см – 4000 лет) и Тегульдэт (577 см – 6400 лет); 3 разреза из зоны сосново-берёзовых лесов – Чагинское (600 см – около 7000 лет), Овражное (500 см – 5140 лет) и Кирек (720 см – около 9500 лет); 1 разрез из поймы р. Оби (зона сосново-берёзовых лесов) - Ново-Успенка (400 см – 5100 лет). В таблице 1 приводится обобщенная схема динамики растительного покрова на юго-востоке Западно-Сибирской равнины.

Таблица 1

**Динамика растительного покрова ключевого
участка III - юго-восток Западно-Сибирской равнины**

Период (лет назад)	Средняя тайга	Южная тайга и зона берёзовых лесов
10000-8400	Елово-берёзовые островные леса и тундро-степь	Полынные степи
8400-6500	Берёзовые и кедровые леса распространяются на плакорах, а сосновые – на песках.	Берёзовая лесостепь продолжает существовать на Томь- Обском междуречье до 6700 л.н., а в Причулымье – до 6100 л.н.
6500-5500	Сосновые и берёзово-кедрово- пихтовые леса	После 6100 л.н. берёзовая лесостепь полностью сменяется сосновыми и кедрово- пихтовыми лесами
5500-2500	С 5500 л.н. пихта деградирует в средней тайге, и в доминирующую позицию переходят кедровые леса.	Сосновые и кедрово- пихтовые леса распространены на плакорах и в пойме р. Оби. После 4000 л.н. начинают доминировать кедровые леса
2500-1000	Доминируют сосновые и кедровые леса.	Доминируют сосновые и кедровые леса. Пихта деградирует на плакорах и локализуется в долине р. Оби и её крупных притоков
1000- современность	Доминируют сосновые и кедрово- берёзовые леса.	Доминируют сосновые и кедрово-берёзовые леса. Пихта наиболее хорошо себя чувствует в пойме р. Оби.

5.2. Ключевые участки Алтае-Саянской горной области

Ключевой участок Кузнецкого Алатау и Западного Саяна (IV). Северные форпосты Алтае-Саянской горной области образованы меридионально протянувшимися на 300 км с севера на юг средне- и низкогорными хребтами Кузнецкого Алатау, покрытыми на западном макросклоне (в Горной Шории)

густыми горными елово-кедрово-пихтовыми черневыми лесами с участками реликтовой «черни» (осиново-пихтовыми лесами с липой). Восточный макросклон Кузнецкого Алатау и широтно отходящий от него Батеневский кряж получают значительно меньше осадков, и здесь распространены лиственничные и сосново-берёзовые леса. На высотах ниже 600 м к западу и к востоку от Кузнецкого Алатау лежат степи. В центральной наиболее возвышенной части Кузнецкого Алатау, на высотах 1300-1400 м распространены горные луга, кустарники, тундры, каменистые россыпи и снежники.

В этом разнообразном ландшафте было получено 3 спорово-пыльцевых разреза, объединенных в ключевой участок IV: озеро Чудное 1100 м н.у.м (600 см – около 12000 лет), лежащее в центральной части Кузнецкого Алатау; озеро Дикое 800 м н.у.м (332 см - 8330 лет), расположенное в низкогорьях Батеневского кряжа; болото Луговое 1200 м н.у.м. (300 см – 5325 лет), находящееся в урочище Ергаки Западного Саяна.

Корреляция фаз развития растительности между тремя диаграммами данного ключевого участка выявила следующие закономерности:

1. До 10000 л.н. на исследуемой территории доминировали комплексные ландшафты из фрагментов лиственнично-еловых лесов, степей или тундростепей.

2. Кедровые леса распространились в центральных частях Кузнецкого Алатау – 10000- 8400 л.н., на восточных склонах Кузнецкого Алатау – 9000 - 7000 л.н. Сосновые леса распространились в предгорьях восточного макросклона Кузнецкого Алатау с 9000 л.н.

3. Во время климатического оптимума, проявившегося с 8400 по 4500 л.н., в центральной части Кузнецкого Алатау доминировали пихтовые леса, а на его восточном макросклоне – сначала кедрово-еловые и лиственнично-сосновые леса, а затем – кедровые и сосновые леса. На Западном Саяне в это время были распространены кедрово-пихтовые леса.

4. После 4500 л.н. пихта потеряла доминирующие позиции в центральной части Кузнецкого Алатау и на Саянах, уступив позиции кедру.

5. С 4500 до 1000 л.н. в центральной части Кузнецкого Алатау стабильно произрастали кедрово-пихтовые леса, но на восточном макросклоне и, частично, на Западном Саяне в течение этого времени проявились 2 аридных интервала (5000-3000 и 2100-1500 л.н.), в течение которых расширялись площади степей, а берёзовая лесостепь сменяла кедровые и сосновые леса на восточном макросклоне Кузнецкого Алатау. Эти сухие периоды были разделены гумидным интервалом 3000-2100 л.н., когда в лесах увеличивалась роль кедра, пихты и сосны.

Ключевой участок Центрального Алтая (V). Центральный Алтай занимает переходную область от влажных горных лесов, распространённых на Северном и Западном Алтае, произрастающих в циклональном типе климата, к высокогорно-степным ландшафтам Юго-Восточного Алтая, формирующимся в

аридно-континентальным типе климата. Лиственный леса покрывают большую часть Улаганского плато, лежащего в середине Центрального Алтая, но верхняя граница леса образована в данном районе лиственный-кедровыми лесами на высоте 2100 м. Степи распространены на высотах ниже 1400 м, располагаясь по южным склонам речных долин и в обширных межгорных котловинах – Чуйской и Курайской. В данном ключевом участке спорово-пыльцевым методом были исследованы озёрные осадки из 2-х точек – на Улаганском высокогорном плато и в Курайской котловине. На Улаганском плато были исследованы осадки 3-х небольших озёр, расположенных на разной гипсометрической высоте: оз. Узунколь 1985 м н.у.м. (280 см – 13500 лет), оз. Кендегелюколь 2050 м н.у.м. (265 см – 13500 лет), оз. Ташколь 2150 м н.у.м. (200 см – 13500 лет). В Курайской котловине 2 пыльцевых разреза было получено из мерзлотно-озёрного комплекса озера Джангысколь 1800 м н.у.м. (Джангысколь-озеро, 370 см – 11000 лет, Джангысколь-болото, 330 см - 9000 лет). Три пыльцевые диаграммы с Улаганского плато полностью идентичны друг другу. Небольшие различия в общем ходе спектров (большее обилие пыльцы карликовой берёзки в наиболее высокогорном озере и различная скорость осадконакопления в разные периоды) объясняются разным гипсометрическим расположением озёр. Пыльцевая диаграмма озера Узунколь приводится (см. рис. 2).

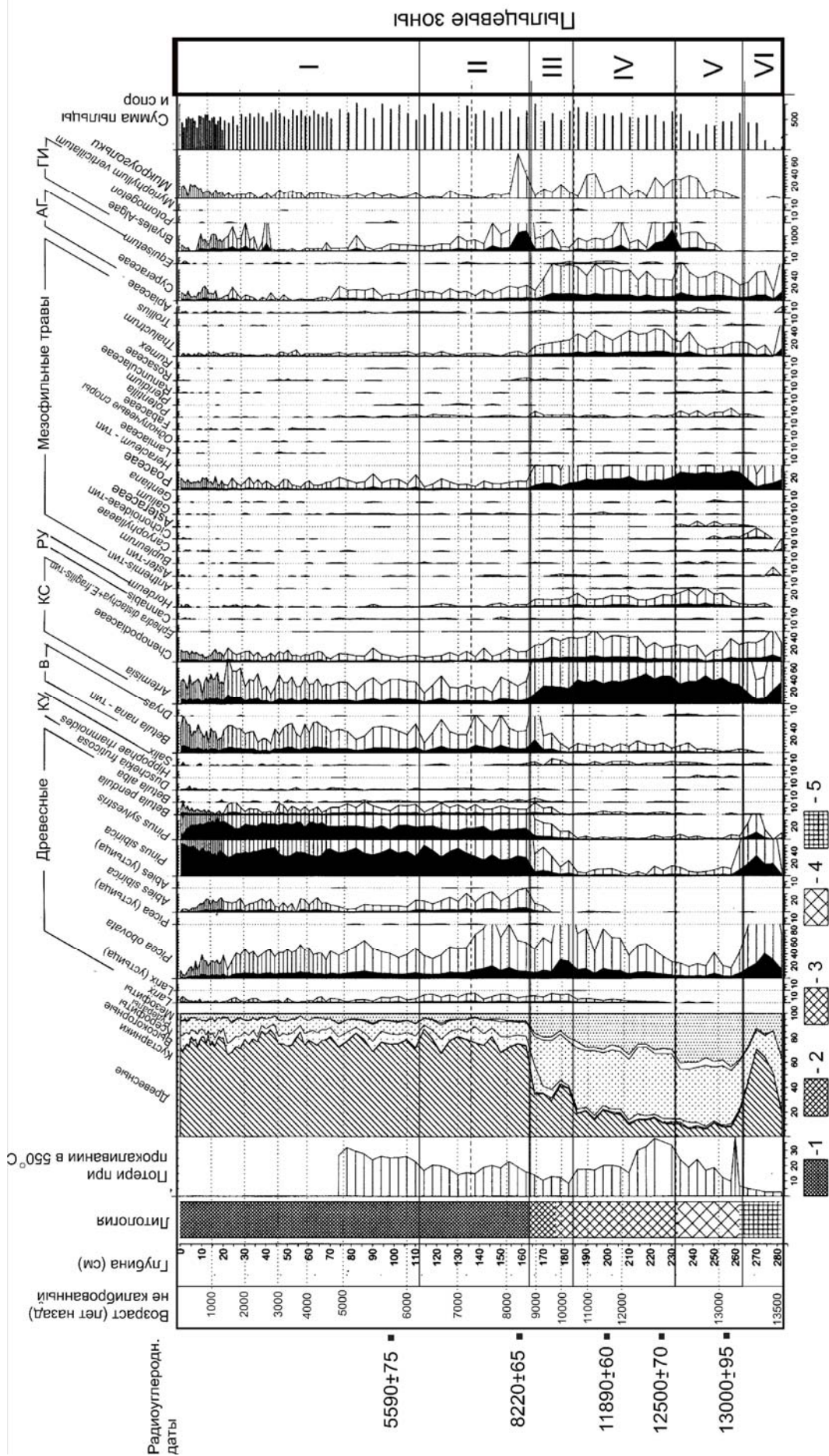
Основные закономерности динамики растительного покрова Центрального Алтая с 13000 л.н. до современности следующие:

1. Улаганское плато освободилось от ледников на 2250 лет раньше Курайской котловины, и соответственно раньше на нём началось формирование растительного покрова, начиная с пионерных группировок.

2. С 13000 до 10000 лет назад на Улаганском плато доминировала степная растительность. Похолодание позднего дриаса проявилось на Улаганском плато усилением аридности, что вызвало замедление скорости озёрной седиментации в двух ниже лежащих озёрах. В Курайской котловине в это время сформировались комплексные ландшафты из степной растительности и, вероятно, участков древесных насаждений по берегам озера пра-Джангысколь.

3. Начиная с 11000 лет, на Улаганском плато стал формироваться пояс горных лесов. С 9000 лет назад до 6000 лет назад здесь уже был распространён сплошной лесной покров из горных лиственный-кедровых с пихтой лесов. В Курайской котловине неширокий пояс горных лиственный-кедровых с пихтой лесов существовал одновременно с более обширными и более сухими, чем в настоящее время, степями, покрывавшими Курайскую и Чуйскую котловины с 9800 до 6000 лет назад

4. После 6000 лет назад одновременно на Улаганском плато и в Курайской котловине из состава горных лесов исчезла пихта, но максимально распространился кедр. Площадь степей в межгорных котловинах сократилась до современных размеров.



Ключевой участок Юго-Западной Тувы (VI). Данный ключевой участок расположен на безлесном Каргинском высокогорном плато, в самом юго-западном углу республики Тыва, рядом с Юго-Восточной геоботанической провинцией Алтая на границе с Монголией. Несущие влагу западные циклональные воздушные потоки, доходя до Южной Тувы, теряют большую часть осадков на западных и северных макросклонах Алтая и Саян. Аридность, а также высокогорное положение способствуют развитию здесь аридно-высокогорного климата и специфического комплекса степей с высокогорными луговыми и тундровыми растительными сообществами, получившими название криофильных пустошных степей или тундро-степных ценозов (Огуреева, 1980). Лесной пояс здесь отсутствует, и степи непосредственно контактируют с высокогорной растительностью. Палеопалинологическим методом в данном районе были исследованы осадки двух небольших озёр: Груша - 2413 м н.у.м. (243 см – 12000 лет) и Ак-Холь - 2204 м н.у.м. (455 см – около 13000 лет).

Разница в высотном положении озёр обуславливает распространение в окрестностях озера Груша тундрово-альпийской растительности, а по берегам озера Ак-Холь – более ксерофитной растительности высокогорных злаково-полынных степей с альпийскими элементами. На обеих пыльцевых диаграммах выявляется 4 идентичных фазы в развитии растительного покрова, но в диаграмме озера Ак-Холь две ранние фазы сильно сжаты, вероятно, за счет перерыва или сильного замедления осадконакопления. Выявлены следующие фазы развития растительности: 1) фаза пионерной и альпийской растительности, продолжавшаяся с 12 до 11 тыс. л.н.; 2) фаза доминирования злаково-полынных степей с 10 до 9,7 тыс. л.н. Эта фаза включает и эпизод похолодания позднего дриаса, фиксируемый в этом районе лишь по изменению диатомовых комплексов в озёрных осадках (Westover et al., 2006); 3) лесная фаза развития кедрово-лиственничных лесов в окрестностях озера Груша и лиственничной лесостепи в окрестностях озера Ак-Холь, продолжавшаяся с 9,7 до 4,5 тыс. л.н.; 4) фаза деградации лесов и распространения злаково-полынных степей и высокогорной растительности после 4,5 тыс. лет назад. Отступление лесов с высокогорного Каргинского плато, по нашему мнению, произошло под действием двух факторов – аридизации климата и похолодания.

ГЛАВА 6. КОРРЕЛЯЦИЯ НОВЫХ ПЫЛЬЦЕВЫХ РАЗРЕЗОВ С ЛИТЕРАТУРНЫМИ ДАННЫМИ

Корреляция новых пыльцевых разрезов с имеющимися литературными данными (использовались данные 97 пыльцевых разрезов, датированных радиоуглеродным методом) была проведена двумя методами: 1) методом корреляции опорных пыльцевых разрезов по меридиональным трансектам, пересекающим весь набор широтных растительных зон; 2) методом построения пространственных карто-схем изменения палиноареалов основных эдификаторных видов растительного покрова по тысячелетним временным срезам.

6.1. Корреляция опорных пыльцевых разрезов по меридиональным ландшафтным трансектам

Два меридиональных трансекта опорных пыльцевых разрезов были построены через центральный и восточный сектора Западной Сибири. Использовались только наиболее представительные пыльцевые разрезы, хорошо датированные радиоуглеродным методом, охватывающие без перерывов весь голоцен, и, по возможности, позднеледниковье. В этих разрезах с помощью глубинно-возрастных моделей определялись границы тысячелетий. Затем с помощью графических компьютерных программ Adobe Photoshop-7 и CorelDRAW-12 все выбранные диаграммы приводились к единой, равномерной временной шкале. Такая обработка пыльцевых диаграмм снимала проблемы, вызываемые разной скоростью осадконакопления в разных разрезах, и выявляла более наглядно синхронные и метасинхронные изменения растительного покрова в разных географических точках.

Это позволило выявить на территории Западно-Сибирской равнины и гор Алтае-Саянской области 5 основных, относительно-стабильных ландшафтно-климатических периодов, проявившихся с позднеледниковья до современности. В течение этих относительно стабильных периодов постепенно накапливались изменения, которые, достигнув определенного порога, приводили к структурным изменениям в растительном покрове, и к переходу в новое относительно-стабильное равновесное состояние растительного покрова с окружающей средой. Выделенные ландшафтно-климатические периоды, по сути, отражают «климатические формации» в понимании Е.Н. Коровина (1934), подразумевавшего под этим термином «формации, состояние которых определяется взаимодействием климата и почвы, действующими на данной территории и историческими моментами бытия самого фитоценоза» (Коровин, 1934, стр. 53). В палинологическом плане они отражают пыльцевые зоны и фазы развития растительности региональных типов пыльцевых диаграмм. В кратком изложении характеристика выделенных ландшафтно-климатических периодов следующая:

1. Период широкого распространения крио-аридных комплексных ландшафтов из фрагментов елово-лиственничного леса и обширных безлесных тундро-степей (13-9,6 тыс. л.н.). В конце этого периода на исследуемой территории, ярко проявилось «половецкое потепление», выразившееся в распространении еловых лесов в Центральном Алтае, кедровых лесов на Кузнецком Алатау и пояса высокогорных кустарников в высокогорьях Юго-Западной Тувы и Юго-Восточного Алтая.

2. Второй ландшафтно-климатический период (9,6-8,8 тыс. л.н.) отражал повсеместный переход от открытых ландшафтов к лесным. «Переславское похолодание», выделяемое в этот период в Европейской России (Хотинский, 1977), на исследуемой нами территории проявилось неоднозначно – на юго-востоке Западно-Сибирской равнины в это время наблюдалась некоторая аридизация климата, а в среднем течении р. Оби, на Кузнецком Алатау и в горах Юго-Западной Тувы, напротив, прослеживается увлажнение климата.

3. Третий ландшафтно-климатический период (8,8-5 тыс. л.н.) отличался наиболее гумидным и тёплым климатом за всё послеледниковье. Это проявилось в доминировании пихтовых лесов на Кузнецком Алатау, кедровых лесов с пихтой в Центральном Алтае, в распространении сомкнутых берёзово-еловых лесов в современной подзоне предтундровых редколесий и кустарников, в увеличении площади ареала пихтовых лесов на юго-востоке равнин Западной Сибири, в распространении лесной растительности на высокогорных плато Юго-Западной Тувы и Юго-Восточного Алтая. В сформировавшейся лесной зоне в восточном секторе Западной Сибири доминировали сосновые леса, а в центральном секторе, вплоть до 6,1 тыс. л.н., большую роль играли берёзовые леса и лесостепи.

4. В четвёртый ландшафтно-климатический период (5-2,5 тыс. л.н.), совпадающий с суббореальным периодом общепринятой стратиграфической схемы, кедровые леса достигали максимального распространения на всей исследуемой территории. В горах Центрального Алтая и Кузнецкого Алатау пихта уступила позиции кедру. Одновременно леса отступили к югу на северном экотоне лесной зоны равнин и продвинулись к югу на её южном экотоне. В горах южная и верхняя граница горных лесов отступила с высокогорий Юго-Западной Тувы и Юго-Восточного Алтая.

5. Пятый ландшафтно-климатический период (с 2,5 тыс. л.н. до современности) выделяется по некоторому снижению роли кедра в лесах, распространению сосны в таёжной зоне, увеличению роли полыней в более южных регионах. Климат стал, вероятно, более контрастным.

6.2. Пространственная динамика палиноареалов основных эдификаторных видов растительного покрова по тысячелетним временным срезам

Второй метод обобщения и корреляции палеопалинологических данных, который мы использовали в своей работе, состоял в построении пространственных карто-схем изменения палиноареалов основных эдификаторных видов растительного покрова по тысячелетним временным срезам. Сходный подход построения карто-схем динамики ареалов основных древесных видов по палеопалинологическим данным применялся для территории северо-запада СССР (Серебрянный, 1971). Однако мы модифицировали метод таким образом: 1) в построениях мы использовали только пыльцевые разрезы (свои и литературные), имеющие радиоуглеродные датировки (всего было использовано 97 пыльцевых разрезов); 2) в каждом использованном пыльцевом разрезе с помощью глубинно-возрастной модели определялись глубины тысячелетних рубежей; 3) состав пыльцевых спектров (содержание пыльцы отдельных древесных видов и полыни) из каждого тысячелетнего рубежа переводился в баллы, аналогично 4-х балльной геоботанической шкале Друдэ (0 – отсутствие пыльцы исследуемого таксона; 1 – единичное и малое обилие пыльцы таксона; 2 – умеренное обилие пыльцы таксона или его снижение после предыдущего максимума; 3 – максимальное обилие пыльцы таксона); 4) затем полученные баллы заносились в таблицы и

наносились на карту в места расположения пыльцевых разрезов; 5) Группы сходных баллов объединялись общей изолинией; 6) Группы баллов 3 обозначались более интенсивным тоном, группы баллов 2 и 1 обозначались более светлым тоном, а группы с баллом 0 (а также районы без пыльцевых данных) не закрашивались совсем. Таким образом, мы получили карто-схемы динамики палиноареалов по тысячелетним временным срезам за последние 13 тысяч лет. На рисунках 3, 4, 5 и 6 в качестве примера приводятся карто-схемы изменения палиноареалов некоторых древесных видов на исследуемой территории по тысячелетним временным срезам.

Полученные карто-схемы построены способом, максимально снижающим степень субъективизма, так как: все использованные диаграммы опубликованы в литературе, а спектры тысячелетних рубежей выбраны с помощью глубинно-возрастных моделей; перевод пыльцевых данных в баллы снимает проблему влияния случайных и локальных флюктуаций пыльцевых спектров, отражая фактически региональные типы пыльцевых диаграмм. Выделение областей с 3-х балльной оценкой маркирует эдификаторное ядро палиноареала, в котором данный вид имеет максимальное распространение и часто выступает доминантом и эдификатором растительного покрова, отражая пространственные флюктуации эдафо-климатических условий на исследуемой территории и эндодинамические особенности ценоареала вида. Такие карто-схемы не являются чем-то абсолютно законченным, и новые точки с баллами могут добавляться в них по мере появления новых пыльцевых разрезов, что, несомненно, будет уточнять и детализировать картину изменения растительного покрова в прошлом. Преимущество карто-схем палиноареалов, построенных предложенным нами методом, перед использованием изохрон пыльцы (Серебрянный, 1971) состоит в том, что наш метод позволяет не только фиксировать направление и скорость миграции отдельных видов в голоцене, но и отражает пространственный механизм этих миграций, включая прогрессивную и регрессивную динамику ареалов. По-тысячелетние карто-схемы динамики палиноареалов были построены для кедра, пихты, лиственницы, берёзы, сосны и полыни (как пыльцевого таксона, отражающего развитие открытых безлесных ландшафтов). В общей сложности вышеописанным способом было построено 84 карто-схемы палиноареалов для 13 тысячелетних срезов.

Сравнение современных палиноареалов с растительным покровом показало, что эдификаторное ядро палиноареалов всегда совпадает с зонами и районами, в которых исследуемый таксон процветает и часто является доминантом растительного покрова. Общий контур палиноареалов всегда находится в границах общего ареала вида или таксона, за редкими исключениями заноса небольшого количества пыльцы сосны и кедра в тундровую и степную зоны, а также в высокогорья. Всё это позволяет нам, рассматривая динамику палиноареалов, говорить о динамике соответствующих формаций в растительном покрове. Данный метод обобщения палинологического материала позволил выявить следующие наиболее

значимые закономерности в динамике палиноареалов основных эдификаторов растительного покрова исследуемого региона и соответствующих формаций.

Ель сибирская *Picea obovata* Ledeb. Согласно построенным карто-схемам палиноареала ели (рис. 3), в позднеледниковое время существовало 3 рефугиума еловых лесов: Среднеуральский, Алтайский и Прибайкальский, где при первых импульсах потепления и увлажнения климата образовались островные еловые леса. Хотя имеющиеся для позднеледникового пыльцевые разрезы характеризуют Западную Сибирь только с 11 тыс. л.н., но стремительное распространение ели с 10 тыс. л.н. по всей равнинной территории Западной Сибири, а также в горах Южной Сибири, достигшее максимального расцвета 9 тыс. л.н., свидетельствует в пользу того, что до этого, ель могла присутствовать в небольшом количестве и на равнинах Западной Сибири. В середине атлантического периода 7-8 тыс. л.н. роль ели несколько ослабла, но 6 тыс. л.н. имел место второй максимум распространения еловых лесов. Оба максимума распространения еловых лесов, фиксируемые по палиноареалу, совпадали с продвижением северной границы лесной зоны далеко на север (Кац, 1969; MacDonald et al., 2000; Binney et al., 2009). При этом максимальное распространение ель получала в западном секторе Западно-Сибирской равнины. После 5 тыс. л.н. роль ели в лесах Западной Сибири и в горах Южной Сибири повсеместно ослабевает. Ель уходит на второй план, и современный её ареал на исследуемой территории является остаточным, сильно редуцированным.

Лиственница *Larix* Mill. По палинологическим данным лиственничные островные леса в позднеледниковое время существовали на Среднем Урале и в горах Южной Сибири. Вероятно, лиственница присутствовала и в редких лесных насаждениях перигляциальных ландшафтов позднеледникового равнин Западной Сибири, что способствовало стремительному формированию лиственничных лесов на данной территории 9 тыс. л.н. После этого расцвета лиственничные леса начинают постепенно деградировать вплоть до современности. В настоящее время палиноареал лиственницы отражает остаточный, крайне редуцированный ареал лиственничных лесов на территории Западно-Сибирской равнины. Более стабильным является ареал лиственничных лесов в континентальных районах гор Южной Сибири.

Кедр сибирский, или сосна сибирская *Pinus sibirica* Du Tour.(рис. 4). В ледниковое и позднеледниковое время кедр сохранялся в горах Алтае-Саянской горной области, в Прибайкалье и на Среднем Урале. Палиноареалогические данные свидетельствуют о том, что в раннем голоцене (10-7 тыс. л.н.) в этих районах сформировались агрегационные очаги (Прокопьев, 2001) сомкнутых кедровых лесов. На равнинах Западной Сибири непрерывный широтный пояс кедровых лесов сформировался только 6-3 тыс. л.н. Позднее роль кедра на исследуемой территории стала постепенно сокращаться.

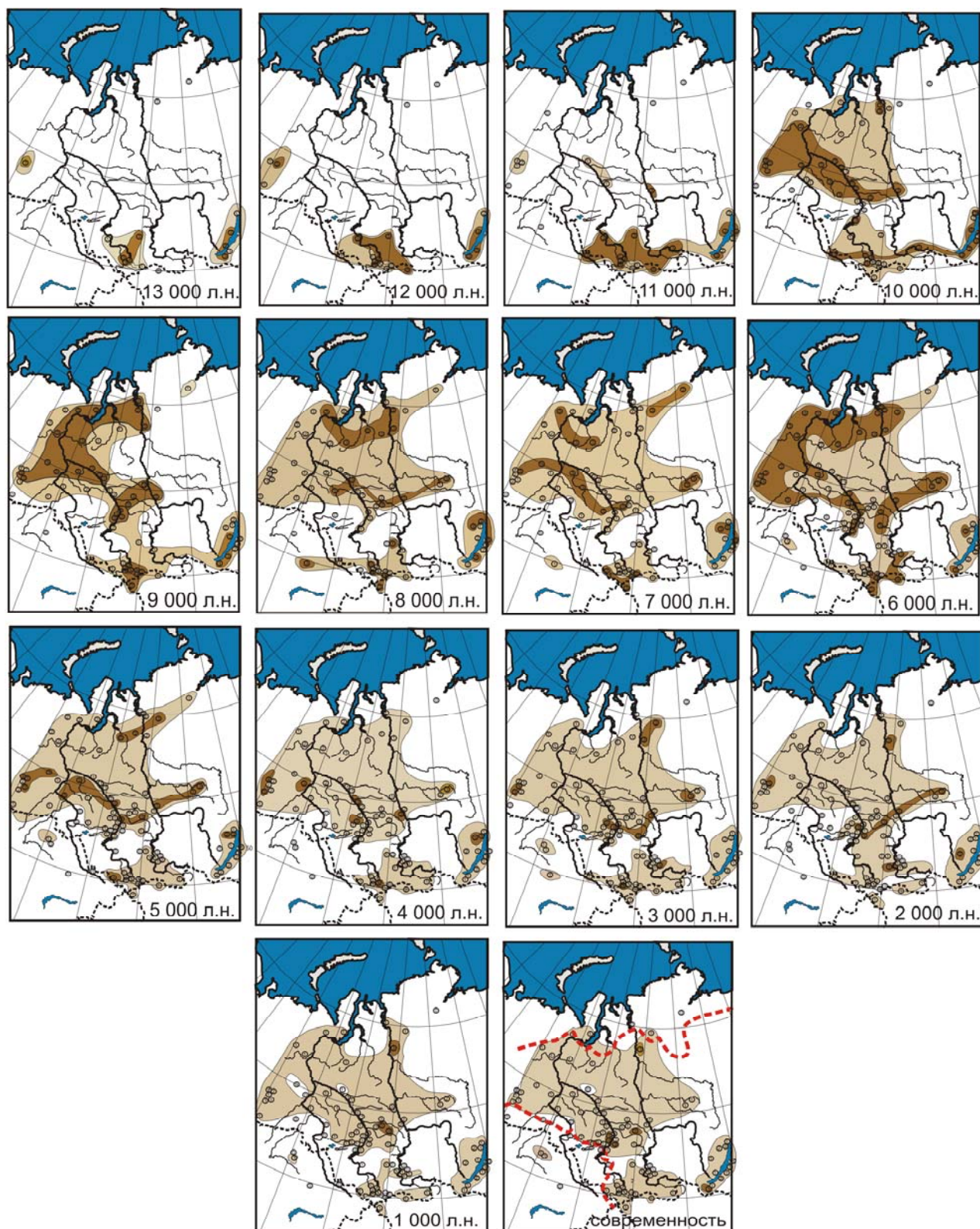


Рисунок 3. Динамика палиноареала ели сибирской *Picea obovata* Ledeb. с позднеледниковья до современности

Более тёмным тоном обозначены эдификаторные области палиноареала ели, в которых ель наиболее обильна в растительном покрове; менее интенсивным тоном обозначены области палиноареала, в которых ель встречается единично и играет подчинённую роль в растительном покрове; кружками обозначено расположение использованных пыльцевых разрезов; пунктиром обозначены границы современного ареала *Picea obovata*, согласно Л.В. Шумиловой (1962)

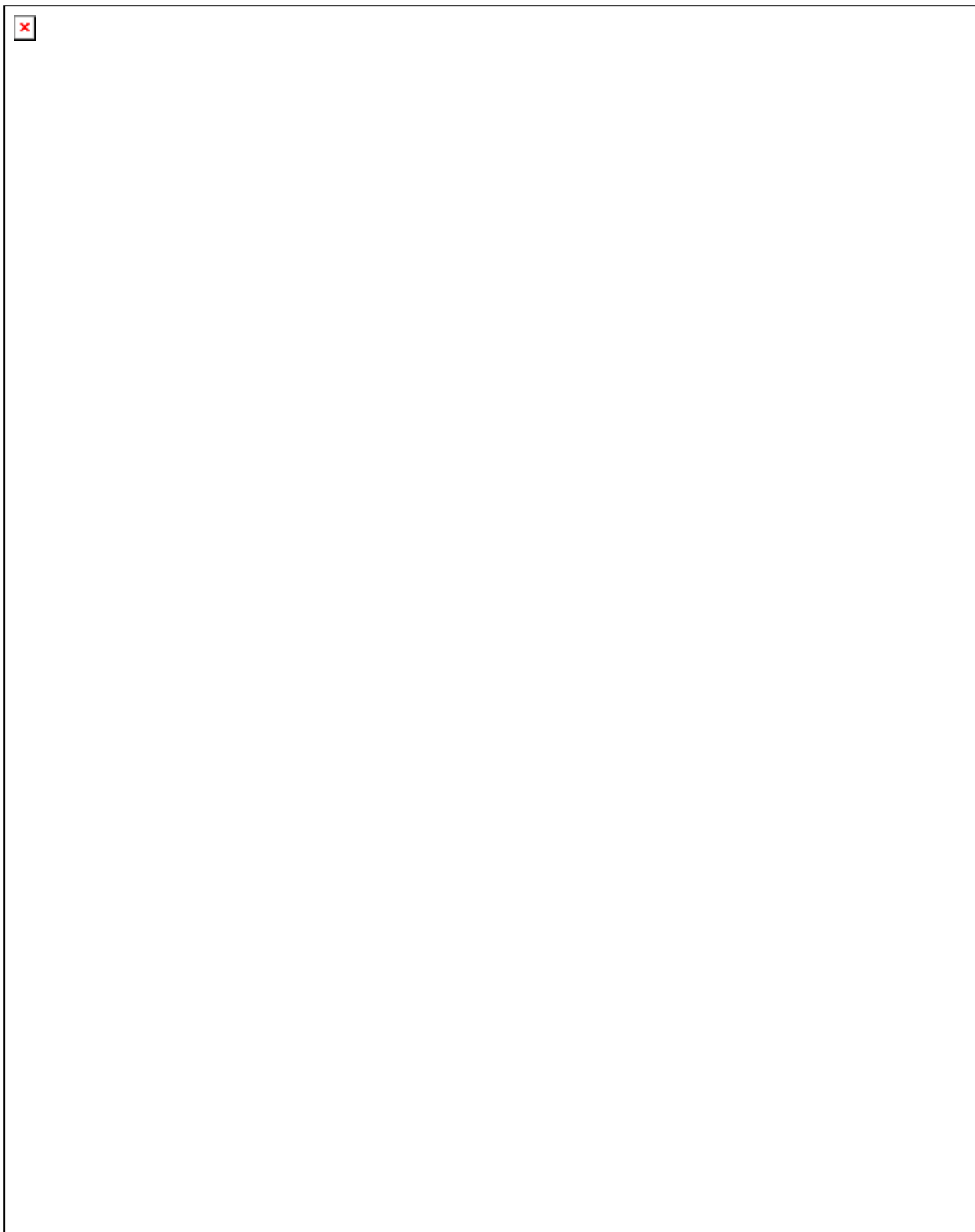


Рисунок 4. Динамика палиноареала кедра сибирского *Pinus sibirica* Du Tour. с позднеледниковья до современности

Более тёмным тоном обозначены эдификаторные области палиноареала, в которых кедр наиболее обилен в растительном покрове; более светлым тоном обозначены области палиноареала, в которых кедр встречается единично и играет подчинённую роль в растительном покрове; кружками обозначено расположение использованных пыльцевых разрезов; пунктиром обозначены границы современного ареала *Pinus sibirica*, согласно Л.В. Шумиловой (1962).

Пихта сибирская *Abies sibirica* Ledeb. (рис. 5), пережила условия ледникового и позднеледникового времени в убежищах в горах Южной Сибири. С 7 тыс. л.н. пихтовые леса распространились по всей Западной Сибири, достигнув максимального расцвета 6 тыс. л.н., когда темнохвойные леса равнины, вероятно, соединялись с горными темнохвойными лесами. Около 5 тыс.л.н. эта связь прервалась и площади пихтовых лесов стали сокращаться, как на равнине, так и в горах. Сформировались 2 отдельных широтных пояса пихтовых лесов: на равнинной территории Западной Сибири и в горах Южной Сибири. Современная тенденция динамики ареала пихты состоит в дальнейшей деградации пихтовых лесов на плакорных местообитаниях равнины с отступлением их в долину р. Оби и в процветании пихтовых лесов в гумидных районах гор.

Берёза повислая *Betula pendula* Roth. в позднеледниковое время произрастала в рефугиумах лесной растительности на Среднем Урале и в Северной Монголии. Во время потепления аллерёда быстро растущие берёзовые леса образовались по берегам озёр талых ледниковых вод в горах Южной Сибири. Затем 10 тысяч лет назад берёзовые леса стремительно распространились вдоль долины р. Оби до самого её устья. Возможно, в столь быстром распространении берёзы вдоль долины крупной реки, текущей с гор на север, сыграли роль катастрофические прорывы талых ледниковых вод в горах (Рудой, 1988; Ревушкин, 1996). Максимального распространения берёзовые леса на территории Западно-Сибирской равнины достигали 8-7 тыс. л.н., когда берёза доминировала почти по всей современной таёжной зоне. После 7 тыс. л.н. эдификаторная часть палиноареала берёз, образовала четко выраженную широтную зону в пределах современной южной тайги и зоны берёзовых лесов, и южная граница её сместилась к югу. Кроме этой широтной зоны хорошо обособилась северная широтная зона максимального обилия пыльцы берёзы, образовавшаяся, вероятно, за счет берёзовых древостоев лесотундры и пыльцы карликовой берёзки, обильной в подзоне предтундровых кустарников. В современном растительном покрове проявляется тенденция усиления роли берёзы в таёжных лесах.

Сосновые леса из сосны лесной *Pinus sylvestris* L. (рис. 6) в позднеледниковое время и в раннем голоцене не были распространены на равнинной территории Западной Сибири, но сохранялись, вероятно, в предгорных и горных рефугиумах на Урале, Алтае, в Прибайкалье и в Северной Монголии. Массовое распространение сосны по равнинам Западной Сибири произошло только с 8 тыс. л.н., при этом сосновые леса мигрировали, как с юга - с гор Южной Сибири, так и с запада - с Урала. Возможно, в раннем голоцене, миграцию сосны на равнине сдерживала еще широко распространённая в почвах многолетняя мерзлота. Только с её деградацией сосна быстро заселила районы распространения песчаных почв, до этого занятые крио-аридными полынными степями. В среднем голоцене сосна заходила на север значительно дальше её современной северной границы распространения.

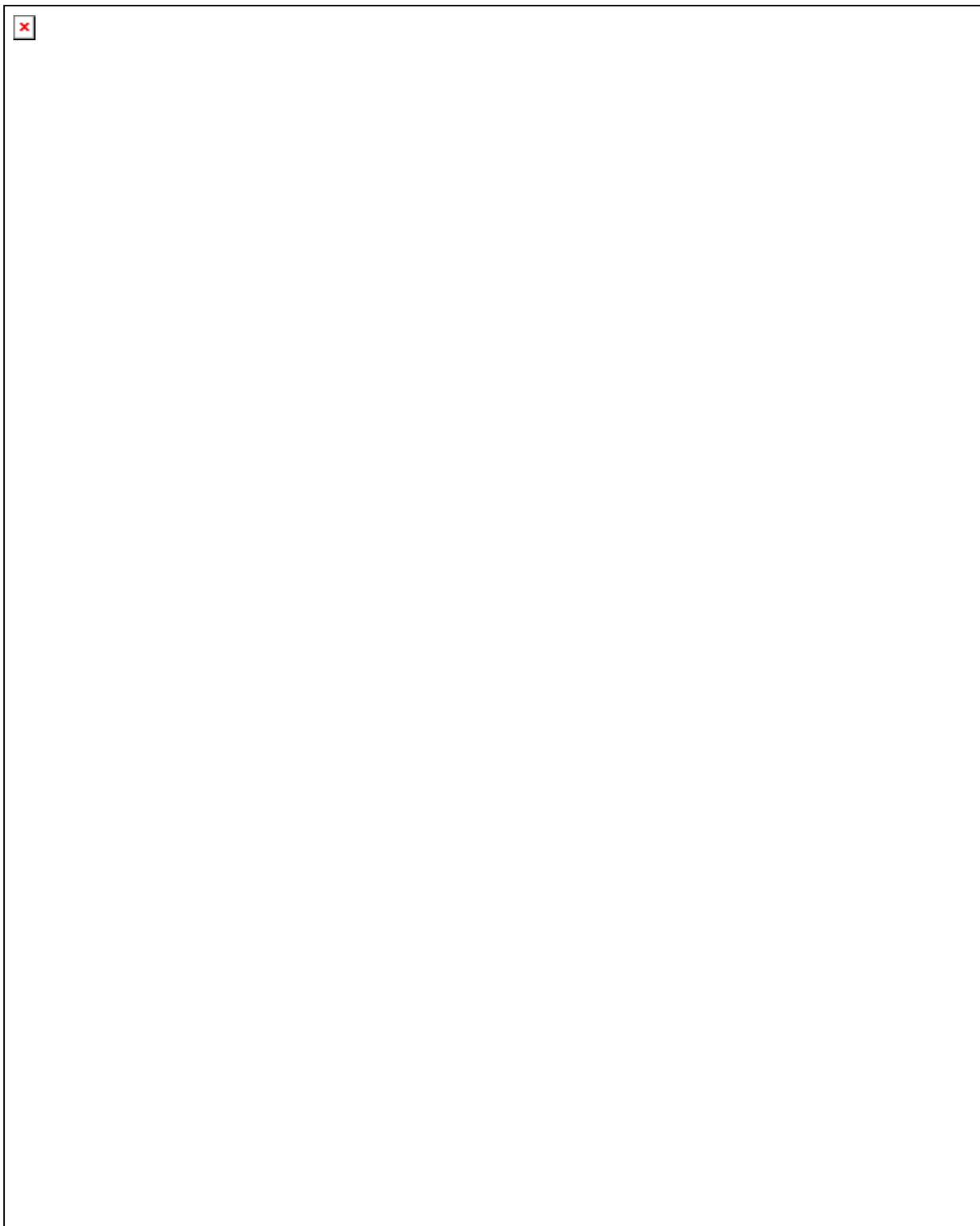


Рисунок 5. Динамика палиноареала пихты сибирской *Abies sibirica* Ledeb. с позднеледниковья до современности

Более тёмным тоном обозначены эдификаторные области палиноареала, в которых пихта наиболее обилена в растительном покрове; более светлым тоном обозначены области палиноареала, в которых пихта встречается единично и играет подчинённую роль в растительном покрове; кружками обозначено расположение использованных пыльцевых разрезов; пунктиром обозначены границы современного ареала *Abies sibirica*, согласно Л.В. Шумиловой (1962).

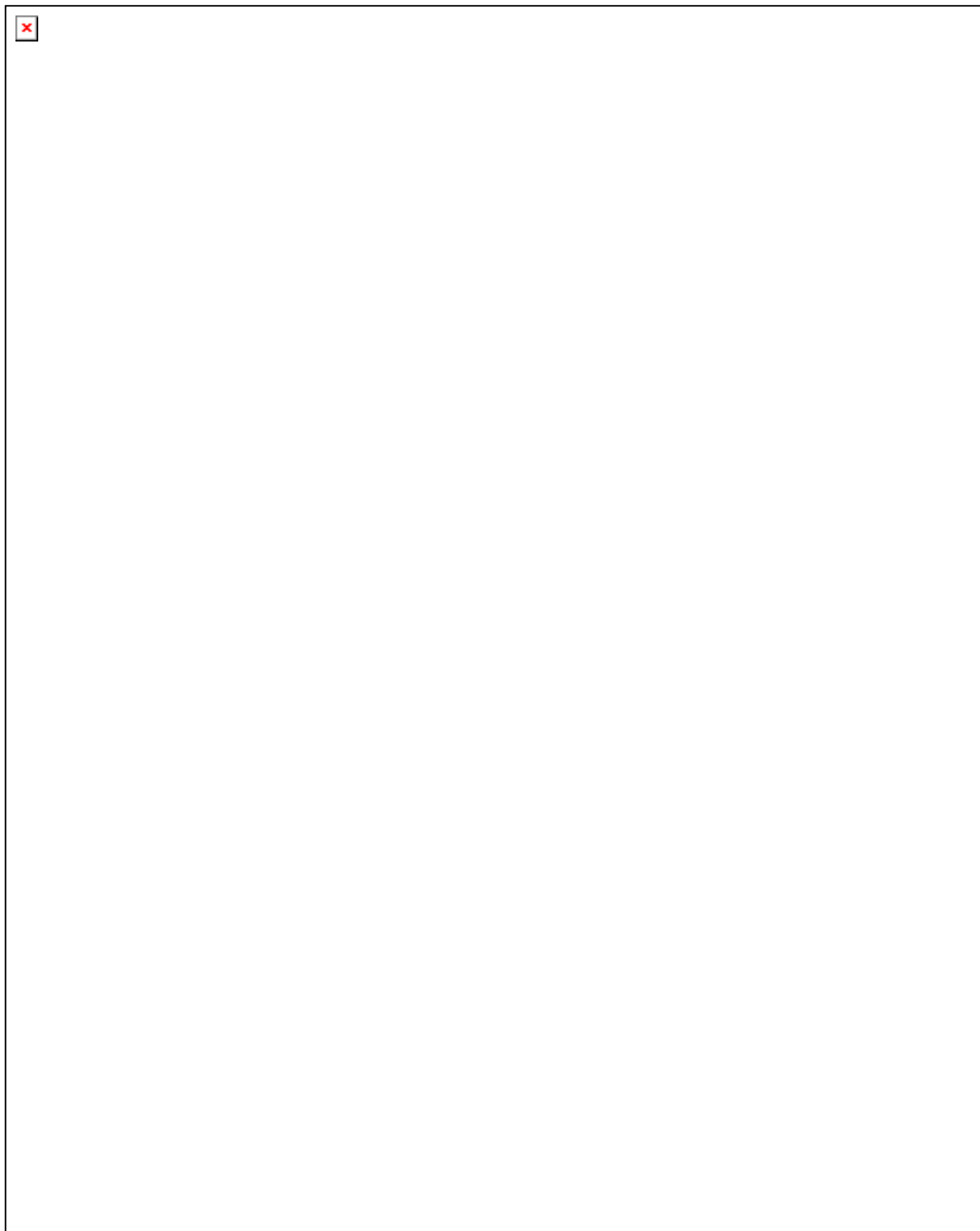


Рисунок 6. Динамика палиноареала сосны лесной *Pinus sylvestris* L. с позднеледниковья до современности

Более тёмным тоном обозначены эдификаторные области палиноареала, в которых сосна наиболее обильна в растительном покрове; более светлым тоном обозначены области палиноареала, в которых сосна встречается единично и играет подчинённую роль в растительном покрове; кружками обозначено расположение использованных пыльцевых разрезов; пунктиром обозначены границы современного ареала *Pinus sylvestris*, согласно Л.В. Шумиловой (1962); мелким пунктиром – районы распространения сосновых лесов

Максимального распространения на равнинной территории сосновые леса достигали 4 тыс. л.н. Современная конфигурация ареала сосны лесной в Западной Сибири сформировалась со второго тысячелетия назад. Зональные сосновые леса Приангарья окончательно сформировались около 6 тыс. л.н., как и островные сосновые леса Северного Казахстана (Tarasov et al., 1997).

Кроме основных древесных пород, аналогичным образом мы исследовали динамику палиноареала рода *Artemisia* (поскольку видовые определения пыльцы полыни были невозможны). Основные закономерности этой динамики таковы:

1 – с 13 до 9 тыс. л.н. полыни были широко распространены по всей исследуемой территории;

2 – с 9 по 8 тысячелетие назад произошел распад ранее непрерывного пояса криоаридных степей на отдельные участки. На территории современной лесной зоны участки полынных степей сохранялись в это время в районах распространения песчаных почв, а в Хакасии, в горах Алтая и Тувы – в межгорных котловинах;

3 – 8-5 тыс. л.н. произошло полное исчезновение участков полынных степей с территории современной таёжной зоны и формирование выраженного широтного пояса полынных степей на юге Западной Сибири;

4 – с 4-го тысячелетия назад отмечено некоторое увеличение роли полыней в растительном покрове современной таёжной зоны Западной Сибири, а также в горах Алтая. На равнинной территории Западной Сибири в последние 4 тысячи лет имел место неоднократный сдвиг на север и новое отступление к югу северной границы степной зоны.

ГЛАВА 7. РЕКОНСТРУКЦИИ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ПАЛЕОКЛИМАТОЛОГИИ

7.1. Количественные палеореконструкции климата

Информационно-статистический метод В.А. Климанова (1976, 1981, 1985), разработанный для реконструкции количественных показателей климата по палеопалинологическим данным, был использован нами для реконструкции количественных характеристик климата в прошлом (среднегодовой температуры, средних температур января и июля и годового количества осадков) по трём наиболее полным пыльцевым разрезам юго-востока Западно-Сибирской равнины - «Петропавловка», «Бугристый», «Ново-Успенка». Отмечено, что на протяжении всех периодов голоцена палеоклиматические кривые фиксируют неоднократные потепления и похолодания, наиболее частые в начале и в конце голоцена. Амплитуды отклонения температурных характеристик от современных значений в районе исследований были больше в периоды похолоданий, чем в периоды потеплений. В максимумы потеплений сильнее повышались зимние температуры. Климатический оптимум голоцена на юго-востоке Западно-Сибирской равнины был выражен менее ярко, чем в более северных районах, и сопровождался некоторым увеличением аридности

климата. Иссушение климата в конце атлантического периода и в суббореальном периоде в большей степени выразилось на юге района исследований, чем на севере. В субатлантическом периоде отмечено повышение летних температур и увеличение годового количества осадков.

Корреляционный анализ, проведенный между палеоклиматическими реконструкциями, показал наличие статистически значимой связи практически между всеми реконструированными показателями палеоклимата. Отсутствовала корреляционная связь только между среднегодовой температурой и годовым количеством осадков в разрезе «Петропавловка», расположенном в долине р. Оби, а также между годовым количеством осадков в северном водораздельном разрезе «Бугристый» и в южном пойменном разрезе «Ново-Успенка». Эти особенности мы трактуем как проявление локального климата долины р. Оби, отличающегося от климата водораздельных пространств района исследования. Таким образом, растительность водораздельных (плакорных) мест обитания проявляет большую связь с изменениями атмосферных климатических параметров, чем растительность долины р. Оби, что согласуется с представлениями геоботанической науки о плакорных местах обитания (Шумилова, 1962).

7.2. Реконструкция прошлого растительного покрова Алтае-Саянской горной области с помощью MontBioClim модели

Использование методов моделирования особенно перспективно в труднодоступных районах, с малым числом хорошо изученных точек, но с большим биотопическим разнообразием. Таким районом является Алтае-Саянский горная область. Модели обычно основаны на выявленных современных связях между косной средой (климатом, почвой, гипсометрией, экспозицией) и растительностью. В диссертационной работе для реконструкции бывшего растительного покрова данного региона мы использовали модель MontBioCLIM, разработанную Н.М. Чебаковой с соавторами (Tchebakova et al., 2009; Чебакова и др., 1999; Monserud et al., 1993, 1998). Моделирование проводилось совместно с авторами метода. Данная модель разработана для моделирования изменений прошлого и будущего растительного покрова Сибири на основе палинологических данных по принципу аналогичному «биомизации» Прентиса (Prentice et al., 1996; Tarasov et al., 1996; Herzschuh et al., 2004). Однако вместо категорий Прентиса (биомов), в модели MontBioCLIM пыльцевые спектры «биомизировались» с оробеомами, выделяемыми в Алтае-Саянском горном регионе В.Н. Смагиным с соавторами (Смагин и др., 1980).

Для разработки модели было использовано 135 поверхностных спорово-пыльцевых спектров, отобранных нами в различных оробеомах Алтая, Тувы, Хакасии, Кузнецкого Алатау и Западного Саяна, которые увязывались (ординировались) с климатическими данными около 100 метеостанций и картой растительного покрова региона (Самойлов, 2001). С помощью Хатчинсоновских таблиц (Hutchinson, 2000) данные интерполировались на

карту Алтае-Саянского экорегиона. Граничные значения между зональными единицами растительности детерминировались тремя климатическими индексами, отражающими потребность растений в тепле (суммы температур выше 5°), чувствительность к дефициту увлажнения (радиационный индекс сухости) и холодоустойчивость (коэффициент континентальности). Проверка модели показала большое сходство карты растительности, реконструированной по современным пыльцевым спектрам, с картой реальной современной растительности (средняя каппа статистика равна 0,4).

С помощью MontBioCLIM модели по ископаемым пыльцевым спектрам из 10-ти пыльцевых разрезов с территории Алтае-Саянской горной области был реконструирован детальный растительный покров для временных срезов 3200, 5300, 8000 и 10000 лет назад. Моделирование показало, что 10000 лет назад на территории Алтае-Саянского экорегиона климат был сухим и холодным, что способствовало распространению тундро-степи и субальпийской растительности, сочетавшихся с разреженными хвойными лесами. С 8000 по 5300 л.н. климат изменился на тёплый и влажный, что способствовало расширению площадей тёмнохвойной тайги, черневых лесов и подтайги, а площади тундр и субальпийской растительности сильно сократились. 3200 лет назад климат был суше и холоднее современного. Каппа статистика показала отличие современного растительного покрова от прошлого, но большое сходство растительного покрова, смоделированного для временных срезов 8000 и 5300 л.н. ($\kappa = 0,80$). Более выраженные изменения климата и растительности имели место на подветренных макросклонах Кузнецкого Алатау и Западного Саяна и менее выраженные – на наветренных склонах.

ГЛАВА 8. ОБЩАЯ ДИНАМИКА РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ИЗУЧАЕМОЙ ТЕРРИТОРИИ С ПОЗДНЕЛЕДНИКОВЬЯ ДО СОВРЕМЕННОСТИ ПО ТЫСЯЧЕЛЕТНИМ ВРЕМЕННЫМ СРЕЗАМ

На основе вновь полученных авторских пыльцевых разрезов для равнинной территории Западной и Средней Сибири и для Алтае-Саянской горной области и дальнейшей корреляции их с литературными диаграммами были выполнены следующие реконструкции основных этапов в динамике растительного покрова изучаемой территории с позднеледниковья до современности по тысячелетним срезам.

Позднеледниковье – 13-11 тысяч лет назад. Позднеледниковье было временем доминирования на равнине в основном открытых крио-аридных степей и тундро-степей, на фоне которых изредка встречались лесные участки в условиях, где локальный климат и увлажнённость почв позволяли им существовать. Это была своеобразная лесостепь, в которой лесные участки были представлены лиственнично-еловой формацией. В позднеледниковое время отепляющее влияние крупных водных бассейнов в горах Южной Сибири было настолько сильным, что похолодание позднего дриаса, повсеместно проявившееся в Западной и Восточной Европе и в некоторых областях Сибири, в Алтае-Саянском регионе было скомпенсировано и не повлияло на

растительный покров в приозёрных лесных рефугиумах. Древесная растительность здесь не только не погибала, но напротив - 11-10 тысяч лет назад ель значительно расширила эдификаторную часть своего палиноареала на Алтае и в Прибайкалье, сформировав в этих районах агрегационные очаги еловых лесов.

10 тысяч лет назад. Еловые и лиственнично-еловые, редколесья были распространены на Урале и по всей Западно-Сибирской равнине. Примечательным является стремительное распространение берёзовых лесов вдоль всей долины р. Оби. Однако лесной покров Западно-Сибирской равнины всё ещё оставался мозаичным и сочетался с обширными открытыми полынно-степными растительными сообществами. Раздел между зоной полностью открытых степей и зоной лиственнично-еловых разреженных и фрагментарных лесов проходил, по-видимому, по северной границе распространения карбонатов в почвах Обь-Иртышского междуречья - то есть по территории современной южной тайги. В горах Южной Сибири, в Центральном Алтае распространились островные лиственнично-еловые и кедровые леса, а на Кузнецком Алатау – кедровые леса. Однако и в горах участки лесной растительности были фрагментарны и сочетались со степями.

9 тысяч лет назад. Этот временной срез отражает период расцвета на равнинной территории Западной Сибири реликтового ландшафта берёзово-елово-лиственничных и берёзово-лиственнично-еловых разреженных лесов в сочетании с тундровыми (на севере) и степными (южнее) участками. Древесная растительность в составе таких ландшафтов продвигалась на 90-200 км севернее современной границы лесной зоны. В девятом тысячелетии назад берёза и сосна широко распространились по равнинной территории Западной Сибири, и на юге лесной зоны сформировалась берёзово-сосновая лесостепь. Быстрое распространение сосны, по-видимому, произошло, как за счет южно-сибирского, так и уральского рефугиумов. Следует подчеркнуть, что 9 тыс. лет назад степная растительность всё еще занимала большие, чем в настоящее время, площади на территории Западно-Сибирской равнины. Северная граница степной зоны была смещена к северу на 130-250 км. В растительном покрове Западно-Сибирской равнины 9 тыс. лет назад наблюдались ярко выраженные провинциальные различия. В восточном секторе равнины в лесах доминировала лиственница, а в западном секторе - берёза и ель. Возможно, такая асимметрия была обусловлена усилившимся влиянием тёплого течения Гольфстрим, достигавшим Карского моря. В отличие от реконструкций Н.А. Хотинского (Khotinskiy, 1984), мы считаем, что лесная зона 9 тыс. л.н. ещё не была представлена сплошным лесным покровом. По всей территории Западной Сибири лесные участки сочетались со степными. Структура палиноареалов показала, что смещение границ растительных зон на севере Западной Сибири было асимметричным. Кедр к этому времени еще не был распространён на территории Западно-Сибирской равнины. Зона собственно берёзовых лесов, по нашему мнению, была значительно уже, чем по реконструкциям Н.А. Хотинского (Khotinskiy, 1984). Сплошные кедрово-пихтовые леса 9 тысяч лет назад сформировались лишь в горах Южной Сибири.

8 тысяч лет назад. Реликтовые перигляциальные формации елово-лиственничных и лиственнично-еловых лесостепей исчезли с территории Западной Сибири, уступив место сосново-берёзовым лесам. Сосново-берёзовые леса стали доминировать по всему Среднему Приобью от Урала до Кеть-Чулымского междуречья, захватив территории современной средней и южной тайги. В горах Южной Сибири широко распространилась кедрово-пихтовая формация, процветавшая на Кузнецком Алатау, на Алтае и в Прибайкалье. В более континентальных и аридных районах Алтае-Саянской горной области доминировали елово-лиственничные леса (Батеневский кряж в Хакасии и Монгольский Алтай в Северо-Западной Монголии).

Хотя, по сравнению с предыдущими тысячелетиями, роль степей на территории Западной Сибири к восьмому тысячелетию назад значительно сократилась, всё же имеются свидетельства того, что северная граница зональных степей на равнине располагалась на территории современной южной тайги, то есть на 200-270 км севернее её современного положения. Особенно большим это смещение было в центральной части Западной Сибири и на юго-востоке. Сокращение общей площади степей произошло главным образом за счет исчезновения степных участков в северной (ныне таёжной) части равнины.

7 тысяч лет назад. В общей структуре растительного покрова увеличились зональные различия и сократились провинциальные. По всей территории Западной Сибири широко распространились сосново-берёзовые леса с примесью ели, лиственницы и кедра. На юге лесной зоны сформировалась отчетливо выраженная широтная зона берёзовых лесов и берёзовой лесостепи, южные границы которых на значительной территории уже совпадали с современными. В горных лесах Кузнецкого Алатау пихта доминировала над кедром. В лесах Центрального Алтая доминировал кедр, но пихта играла всё же более значительную роль, чем в настоящее время. По сравнению с восьмым тысячелетием, в седьмом тысячелетии роль полыней в растительном покрове исследуемого региона ещё больше сократилась, но теперь за счет отступления северной границы степей к югу.

6 тысяч лет назад. К шестому тысячелетию назад отчетливо сформировалась южно-таёжная зона елово-пихтово-кедровых лесов, простиравшаяся от Среднего Урала до Новосибирского Приобья. Зона этих мезофильных темнохвойных лесов была обширнее её современного ареала и захватывала территорию современной южной тайги и частично средней тайги. На юго-востоке Западно-Сибирской равнины эти темнохвойные леса соединялись с кедрово-пихтовыми горными лесами Кузнецкого Алатау, Саян, Алтая, и, возможно, Прибайкалья, где позиции этой формации были также более сильны, чем в настоящее время. В этот период вновь усиливается провинциальная неоднородность лесного покрова равнин Западной Сибири, в которой выделяется более влажный Приуральский сектор с доминированием еловых лесов.

5 тысяч лет назад. В центральной части Западно-Сибирской равнины, как и 6 тысяч лет назад, доминировали елово-кедровые и берёзово-елово-кедровые леса с участием сосновых лесов. В общем палиноареале кедра

сибирского к этому тысячелетию отчетливо обособились 3 широтных эдификаторных пояса: северный, среднеобский и южный (горный). К этому тысячелетию сосновые леса широко распространились на Кокчетавской возвышенности, в Казахском мелкосопочнике и в Прибайкалье. В горных лесах Южной Сибири начала сокращаться эдификаторная роль пихты, наметился явный разрыв между пихтовыми лесами равнины и гор.

4 тысячи лет назад. В среднетаёжной зоне Западно-Сибирской равнины были распространены, как и в предыдущем тысячелетии, смешанные елово-кедровые леса на тяжёлых почвах и сосновые леса на песчаных почвах. Сосна начала распространяться на верховых болотах, и образовывала южную границу лесной зоны в центральном секторе Западно-Сибирской равнины. В западном и восточном секторах эту границу формировала берёза, роль которой здесь значительно возросла по сравнению с предыдущим тысячелетием. Отличием от предыдущего тысячелетия является возросшая роль полынно-степных группировок по всей южной половине исследуемой территории. Прежде всего, роль степей увеличилась в юго-западной части равнины. На Кокчетавской возвышенности 4 тысячи лет назад продолжали существовать сосновые и берёзовые леса, но в Казахском мелкосопочнике роль сосновых лесов сократилась. Расширились площади степей в Хакасии, в верховьях Иртыша, в Юго-Восточном Алтае, в Юго-Западной Туве и в Монгольском Алтае. В горах Алтая, Саян, в Прибайкалье повсеместно сократилась эдификаторная роль пихты, и доминирование перешло к кедру. С четвёртого тысячелетия назад леса окончательно отступили с высокогорий Юго-Восточного Алтая, Юго-Западной Тувы и с Монгольского Алтая, уступив место открытым полынно-степным сообществам.

3 тысячи лет назад. Северная граница лесной зоны к этому тысячелетию отступила к югу на 250-300 км, по сравнению с климатическим оптимумом. В западном и центральном секторах Западно-Сибирской равнины кедровые и елово-кедровые леса стали доминировать на территории современной северной и средней тайги. Пихта же заняла территорию южной и частично средней тайги. Берёза участвовала в этих лесах в качестве сукцессионных стадий, но в целом её эдификаторная роль в растительном покрове центральной части Западно-Сибирской равнины несколько сократилась, по сравнению с предыдущим тысячелетием.

2 тысячи лет назад. Северная граница лесной зоны отступила к югу до современных позиций. Теперь её формируют в основном берёзовые редколесья с примесью ели, а на северо-востоке – лиственница. На остальной территории равнины эдификаторная часть палиноареала кедра сдвигается к югу. В это время кедровые леса доминируют в основном на территории современной южнотаёжной подзоны. В сформировавшемся ранее поясе елово-пихтовых лесов в западном секторе ослабевают позиции ели, а в восточном – пихта отступает к югу почти на 180 км. В растительном покрове центральной части равнины существенно возрастает эдификаторная роль сосны лесной, вероятно, в связи с массовым переходом болот в верховую стадию развития и поселением на них болотной формы сосны.

1 тысяча лет назад. В южнотаёжных лесах сократилась роль ели и пихты. Кедровые леса вновь стали играть доминирующую роль в средней и в северной тайге западного и центрального секторов равнины, а восточнее 80° меридиана – в средней и южной тайге. Роль полыней увеличилась как в зональных степных сообществах, так и в интразональной растительности лесной и лесотундровой зон.

Современность. Отмечено некоторое увеличение роли берёзы в лесной зоне равнины как на северном, так и на южном экотонах. Отмечается некоторое увеличение роли полыней на территории современных предтундровых редколесий и кустарников на равнинной территории Западной Сибири. В горах Южной Сибири в настоящее время проявляется явная тенденция к увеличению эдификаторной роли пихты и сокращению роли кедра.

ВЫВОДЫ

1. Визуальный и статистический анализы вновь полученных поверхностных пыльцевых спектров с равнинной территории (юго-восток Западной Сибири) и горной территории (Алтае-Саянская горная область) показали, что:

- высокогорные и степные спектры, кроме пыльцы характерной для высокогорий и степей, несут черты регионального растительного покрова, а спектры горных лесов содержат преимущественно пыльцу растительности конкретного высотного пояса;
- в отличие от принятого в литературе мнения, в современных пыльцевых спектрах гор Южной Сибири пыльца сосны лесной отражает в большей степени локальную растительность, а пыльца пихты – региональную растительность;
- Диагностическими признаками, позволяющими отличить пыльцевые спектры островных степей и лесостепей от лесных спектров являются:
а) повышенное таксономическое разнообразие пыльцы в группе травянистых растений; б) более высокое таксономическое разнообразие в подгруппе мезофитных трав; в) присутствие пыльцы из группы высокогорных видов.

2. Палеопалинологические исследования 22-х новых разрезов озёрно-болотных отложений равнинной территории Западной Сибири, Средней Сибири и Алтае-Саянской горной области выявили локальные фазы в развитии растительного покрова в 6-ти ключевых участках. При этом в близко расположенных разрезах локальные пыльцевые зоны совпадали, отражая сходные фазы в развитии растительного покрова, характерные, вероятно, для провинций, округов или районов.

3. Корреляция вновь полученных пыльцевых разрезов с наиболее полными литературными спорово-пыльцевыми диаграммами изучаемого региона, выполненная с помощью построения меридиональных трансектов на единой временной шкале, позволила выявить следующие закономерности в развитии растительного покрова изучаемого региона:

- в истории растительного покрова исследуемой территории с позднеледниковья (13 тысяч лет назад) до современности выделяется 5 основных, относительно стабильных ландшафтно-климатических периодов, границы которых совпадают с общепринятыми хроно-стратиграфическими подразделениями в позднем голоцене, но не совпадают с ними в позднеледниковое время и в раннем голоцене;
- глобальные климатические изменения послеледниковья вызывали синхронные перестройки в растительном покрове, как на северном, так и на южном экотонах лесной зоны;
- в динамике растительного покрова крайнего юго-востока исследуемой территории (Юго-Западная Тува) проявились закономерности общие с динамикой семиаридных и аридных территорий Монголии, а в динамике растительности Центрального Алтая и Кузнецкого Алатау – закономерности общие с бореальной зоной Западной Сибири.

4. Пространственные реконструкции изменений палиноареалов основных эдификаторных видов растительного покрова Западно-Сибирской равнины и Алтае-Саянской горной области по тысячелетним временным срезам с использованием авторских и литературных диаграмм позволили восстановить пространственную динамику ареалов отдельных видов древесных пород и всего растительного покрова изучаемой территории с 13 тысяч лет назад до современности. Выявлены следующие закономерности в динамике растительного покрова:

- Кардинальная и резкая перестройка растительного покрова равнин Западной Сибири и гор Алтае-Саянского экорегиона произошла на границе позднеледниковья и голоцена, когда преимущественно безлесные ландшафты начали стремительно заселяться древесной растительностью. Но в течение примерно 2000 лет (с 10 по 8 тысячелетия) лесная зона на исследуемой территории не была сплошной. В ней доминировала реликтовая формация лиственнично-еловых и елово-лиственничных лесов в сочетании с пространствами, занятыми полынно-степной растительностью. Сплошной лесной покров раньше всего сформировался в горах Алтае-Саянской горной области 9-8,7 тыс. лет назад, и лишь после 8,5 тыс. лет назад лесная зона со сплошным лесным покровом сформировалась на территории Западно-Сибирской равнины. При этом в этих первоначальных лесах на равнине доминировали сосна и берёза, а в горах – кедр.
- При заселении лесными породами равнинных территорий и в дальнейшей динамике растительного покрова равнин проявились такие известные в фитоценологии этапы как – миграция (первое появление), эцезис (закрепление первых представителей на новой территории), агрегация (расширение первичных очагов), инвазия (стремительное расширение и слияние первичных очагов), конкуренция, стабилизация, а также редукция ценоареалов. На всех

перечисленных этапах проявлялось сильное влияние на растительный покров экотопического отбора и изменений климата.

- В голоценовый оптимум, проявившийся почти синхронно на всей исследуемой территории с 9 по 5 тыс. лет назад увеличивалась роль темнохвойных пород в лесах: ель доминировала на северной границе лесной зоны, а пихта максимально распространялась в горах и на равнине, кедр и ель продвигались в высокогорья Тувы на крайнем юго-востоке исследуемого региона. Голоценовый оптимум имел 2 волны: бореальную (9 тыс. лет назад) и атлантическую (6 тыс. лет назад). Было отмечено, что в голоценовые оптимумы усиливались провинциальные особенности в структуре растительного покрова Западной Сибири, а вне их – структура растительного покрова приобретала более выраженную широтную зональность. Причиной этих изменений в растительности могло быть усиление тепляющего и увлажняющего влияния Гольфстрима, достигавшего Карского моря в голоценовые оптимумы (Porinchu et al., 2009). Ослабление этого влияния, проявившееся кратковременно в середине атлантического периода и окончательно - в позднем голоцене, способствовало: переходу к доминированию широтно-зональной структуры в растительном покрове Западно-Сибирской равнины, сокращению роли пихты в горной тайге, отступлению северной границы лесной зоны к югу, отступлению лесов с высокогорных плато Юго-Западной Тувы и Юго-Восточного Алтая.

5. Моделирование с помощью горной биоклиматической модели MontBioClim (Tchebakova et al., 2009), позволившее построить детальные карты растительности для временных срезов 3200, 5300, 8000 и 10000 лет назад показало, что современная структура растительного покрова и климат Алтае-Саянского региона отличаются от растительности и климата указанных временных срезов. Сухой и холодный климат 10000 л.н. способствовал доминированию холодных степей и тундр с островами лиственнично-еловых лесов. В период голоценового оптимума расширялись площади темнохвойной тайги, «черневых» лесов и подтайги, а холодные оробиомы, такие как тундра, почти исчезали, существенно сокращались субальпийские разреженные леса. Климат времени 3200 л.н. был суше и холоднее современного, в результате чего в лесах сократились площади занимаемые черневой тайгой, а на юге вновь расширились площади сухих степей.

6. Палеоклиматические реконструкции методом информационно-статистического анализа (Климанов, 1976) по трём пыльцевым диаграммам юго-востока Западной Сибири выявили следующие особенности в изменении климатических параметров в данном районе:

- на протяжении всех периодов голоцена происходили неоднократные потепления и похолодания климата. Эти колебания климата, реконструированные по нескольким пыльцевым разрезам, имеют значимую положительную корреляционную связь. Наиболее частые

смены климата имели место в начале и в конце голоцена, что свидетельствует о неустойчивости климата в эти периоды;

- амплитуды отклонений температурных характеристик от современных значений на юго-востоке Западно-Сибирской равнины были больше в похолодания, чем в потепления. В максимумы потеплений наиболее сильно повышались зимние температуры;
- климатический оптимум голоцена на юго-востоке Западной Сибири был выражен менее ярко, чем в более северных районах;
- в общем ходе реконструированных палеоклиматических характеристик наблюдаются четыре волны изменений более высокого порядка, разделённые более мелкими периодами потеплений и похолоданий.

СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в журналах, рекомендованных ВАК

1. Tarasov P., Thompson Webb III, Andreev A., Afanas'eva N.B., Beresina N.A., Besusko L.G., **Blyakharchuk T.A.**, Bolikhovskaya N.S., Cheddadi R., Chernyavskaya M.M., Chernova G.M., Dorofeyuk N.I., Dirksen V.G., Elina G.A., Filimonova L.V., Glebov F.Z., Guiot J., Gunova V.S., Harrison S.P., Jolly D., Khomutova V.I., Kvavadze E.V., Osipova I.M., Panova N.K., Prentice I.C., Saarse L., Sevastyanov D.V., Volkova V.S., Zernitskaya V.P. Present-day and mid-Holocene biomes reconstructed from pollen and plant macrofossil data from the former Soviet Union and Mongolia // Journal of Biogeography. 1998. № 25. P. 1029-1054.

2. Tarasov P.E., Guiot J., Cheddadi R., Andreev A.A., Bezysko L.G., **Blyakharchuk T.A.**, Dorofeyuk N.I., Filimonova L.V., Volkova V.S., Zernitskaya V.P. Climate in northern Eurasia 6000 years ago reconstructed from pollen data // Earth and planetary science letters. 1999. № 171. P. 635-645.

3. **Blyakharchuk T.A.**, Sulerzhitsky L.D. Holocene vegetational and climatic changes in the forest zone of Western Siberia according to pollen records from the extrazonal palaeobog Bugristoye // The Holocene. 1999. № 9,5. P. 621-628.

4. **Бляхарчук Т.А.** История растительности юго-востока Западной Сибири в голоцене по данным ботанического и спорово-пыльцевого анализа торфяных отложений // Сибирский экологический журнал. 2000. № 5. С. 659-668.

5. Кирпотин С.Н., **Бляхарчук Т.А.**, Воробьёв С.Н. Динамика субарктических плоскобугристых болот Западно-Сибирской равнины как индикатор глобальных климатических изменений // Вестник Томского государственного университета. 2003. № 7. С. 122-134.

6. **Blyakharchuk T.A.** Four new pollen sections tracing the Holocene vegetational development of the southern part of the West Siberian Lowland // The Holocene. 2003. № 13,5. P. 715-731.

7. *Blyakharchyk T.A.*, Wright H.E., Borodavko P.S., van der Knaap W.O., Amman B. Late-glacial and Holocene vegetational changes on the Ulagan high-mountain plateau, Altai mountains, southern Siberia // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2004. № 209. P. 259-279.

8. Westover K.S., Fritz S., *Blyakharchuk T.A.*, Wright H. Diatom paleolimnological record of Holocene climatic and environmental change in the Altai Mountains, Siberia // *Journal of Paleolimnology*. 2006. № 35. P. 519-541.

9. *Blakharchuk T.A.*, Wright H.E., Borodavko P.S., W.O. van der Knaap, Ammann B. Late Glacial and Holocene vegetational history of the Altai Mountains (southwestern Tuva Republic, Siberia) // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2007. № 245. P. 518-534.

10. *Blakharchuk T.A.*, Wright H.E., Borodavko P.S., van der Knaap W.O., Ammann B. The role of pingos in the development of the Dzhangyskol lake-pingo complex, central Altai Mountains, Southern Siberia // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2008. № 257. P. 404-420.

11. *Бляхарчук Т.А.* Реконструкция лесной и высокогорно-степной растительности юго-западной части Тувы с позднеледниковья до современности // *География и природные ресурсы*. 2008. № 1. С. 89-96.

12. Tchebakova N.M., *Blyakharchuk T.A.*, Parfenova E.I. Reconstruction and prediction of climate and vegetation change in the Holocene in the Alta-Sayan mountains, Central Asia // *Environmental Research Letters*. 2009. № 4. P. 1-11.

Публикации в других научных изданиях

13. Львов Ю.А., *Бляхарчук Т.А.* Палеоботаническое исследование торфяника в центре падения Тунгусского метеорита // *Метеоритные и метеорные исследования*. Новосибирск : Наука, 1982. С. 89-99.

14. *Бляхарчук Т.А.* Палеогеографический аспект лесов юго-востока Западной Сибири в вопросах охраны и воспроизводства лесных ресурсов // *Экологические проблемы охраны природы : материалы Всесоюзной конференции*, Москва, 1990. М., 1990. С. 8-9.

15. Климанов В.А., *Бляхарчук Т.А.* Изменение климата в районе Подкаменной Тунгуски в голоцене // *Геология и минеральные ресурсы Западно-Сибирской плиты и её складчатого обрамления*. Тюмень, 1991. С. 147-149.

16. *Бляхарчук Т.А.* Отражение состава растительности в субрецентных спорово-пыльцевых спектрах юго-востока Западной Сибири // *Чтения памяти Ю.А. Львова*. Томск : Изд-во Том. гос. ун-та, 1998. С. 10-11

17. *Blyakharchuk T.A.*, Klimanov V.A., Preis Yu.I. Climatic factors and the development of peat deposits in the south-east of Western Siberia // *Turve paiva*. 1999. № 99. P. 61-65.

18. *Бляхарчук Т.А.* Естественные тенденции развития лесов на территории Томской области за последние 10 тысяч лет по данным спорово-

пыльцевого анализа // Лесное хозяйство и зелёное строительство в Западной Сибири. Томск : Изд-во Том. гос. ун-та, 1999. С. 40-44.

19. **Blyakharchuk T.A.** Succession of plant communities in the mires of the southeast of West Siberian lowland during the Holocene // Proceedings of the 11-th International peat Congress. Quebec, 2000. P. 1-5.

20. **Blyakharchuk T.A.**, Kirpotin S.N., Vorob'ev S.N., Muldiyarov E.Ja. Preliminary results of spore-pollen analyses of peat section in the northern ecotone of the forest zone in Western Siberia // West Siberian peatlands and carbon cycle: past and present : proceedings of the International field symposium. Noyabrsk, 2001. P. 18-22.

21. **Blyakharchuk T.A.**, Stefanova I., Wright H.E., Ammann B. Paleoenvironmental reconstructions for mountains in the Eurasia mid-continent // PAGES News. 2002. № 9 (3). P. 11-13.

22. Wright H., Ammann B., Stefanova I., Atanassova J., Margalitadze N., Wick L., **Blyakharchuk T.A.** Late-glacial and Early-Holocene dry climates from the Balkan peninsula to Southern Siberia // Aspects of Palynology and palaeoecology. Sofia, 2003. P. 127-136.

23. **Blyakharchuk T.A.**, Wright H.E., Borodavko P.S., van der Knaap W.O., Ammann B. Peculiarities of landscape and vegetation development in Late Glacial and Holocene in Altai mountains according to pollen data from the high elevation lakes // Природные условия и культура Западной Монголии и сопредельных регионов : материалы междунар. конф. Ховд, Монголия. Томск : Изд-во Том. гос. ун-та, 2003. С. 58-59.

24. **Blyakharchuk T.A.**, Wright H., Borodavko P.S., Ammann B., van der Knaap W.O. Forest-steppe relationship in the Altai and Tuva mountains as reaction to abrupt climatic changes in the Late glacial and Holocene // Pollen Volumen 14 : abstracts of XI International palynological conference. Nice, 2004. P. 494-495.

25. **Бляхарчук Т.А.**, Райт Х., Бородавко П.С. Эволюция ландшафтов высокогорной степи и горных лесов как среды обитания древних культур Алтае-Саянской горной страны // Природные условия, история и культура Западной Монголии и сопредельных регионов : материалы Международной конференции. Кызыл, 2005. С. 94-97.

26. **Бляхарчук Т.А.**, Бородавко П.С., Ревушкин А.С. Динамика леса и степи в горах Южной Сибири как реакция на изменения климата и атмосферной циркуляции в позднеледниковье и голоцене // Проблемы изучения растительного покрова Сибири : материалы III Международной научной конференции, посвященной 120-летию Гербария им. П.Н. Крылова Томского государственного университета. Томск : Изд-во Том. гос. ун-та, 2005. С. 53-54.

27. **Бляхарчук Т.А.** Торфяные отложения как летопись палеогеографической информации // Болота и биосфера : материалы четвертой научной школы. Томск, 2005. С. 133-137.

28. **Blyakharchuk T.A.**, Wright H., Westover K.S., Bolek O.S. Reflection of abrupt climatic changes of termination of last Glacial Period and Holocene in structure of vegetation and landscapes in Altai mountains by evidence of multi proxy

methods // ENVIROMIS : materials of International conference. Tomsk, 2006. P. 127-128.

29. **Бляхарчук Т.А.** Отражение ботанического биоразнообразия в поверхностных спорово-пыльцевых спектрах гор Южной Сибири // Биоразнообразие и сохранение генофонда флоры, фауны и народонаселения Центрально-Азиатского региона : материалы конференции. Кызыл, 2007. С. 30-31.

30. Парфёнова Е.И., **Бляхарчук Т.А.**, Чебакова Н.М. Климатические параметры ареалов и моделирование разнообразия основных лесообразующих пород Алтае-Саянского региона // Биоразнообразие и сохранение генофонда флоры, фауны и народонаселения Центрально-Азиатского региона : материалы конференции. Кызыл, 2007. С. 146-149.

31. **Бляхарчук Т.А.**, Масленникова А.В. Споры папоротников в поверхностных спорово-пыльцевых спектрах гор Южной Сибири (Алтай, Тува, Хакасия) // Труды первой российской птеридологической конференции. Томск : Изд-во Том. гос. ун-та, 2007. С. 123-128.

32. **Blyakharchuk T.A.** Changes of vegetation and climate in the Altai-Sajany mountain region since the late glacial based on pollen data from lake's sediments // 3rd LIMPACS (IGBP, PAGES): Holocene lake records. Chandigarh, 2009. P. 12-14.

33. **Бляхарчук Т.А.**, Кусков А.И. Результаты реконструкции изменений климата голоцена по данным пыльцевого анализа с помощью 2-х различных численных методов // Восьмое Сибирское совещание по климато-экологическому мониторингу : материалы российской конференции. Томск : Аграф-Пресс, 2009. С. 67-70.

34. **Blyakharchuk T.A.** Western Siberia, a Review of Holocene Climatic Changes // Journal of Siberian Federal University. Biology. 2009. № 1 (2). С. 4-12.

35. **Бляхарчук Т.А.**, Кусков А.И. Палинологические свидетельства древних периодов опустынивания ландшафтов в Алтае-Саянском регионе // Восьмое Сибирское совещание по климато-экологическому мониторингу : материалы российской конференции. Томск : Аграф-Пресс, 2009. С. 104-107.