

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМ. М.В. ЛОМОНОСОВА**

На правах рукописи

Новенко Елена Юрьевна

**РАСТИТЕЛЬНОСТЬ И КЛИМАТ ЦЕНТРАЛЬНОЙ И ВОСТОЧНОЙ ЕВРОПЫ В
ПОЗДНЕМ ПЛЕЙСТОЦЕНЕ И ГОЛОЦЕНЕ**

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
доктора географических наук

25.00.25 – Геоморфология и эволюционная география

Москва-2016

Работа выполнена на кафедре Физической географии и ландшафтоведения географического факультета ФГБОУ ВПО "Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова"

Научный консультант – доктор географических наук Борисова Ольга Кимовна

Официальные оппоненты:

Ведущая организация

Защита состоится « » г. в часов на заседании диссертационного совета по геоморфологии и эволюционной географии, гляциологии и криолитологии Земли, картографии (Д-501.001.61) при Московском государственном университете (МГУ) имени М.В. Ломоносова по адресу: 119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1, МГУ, Географический факультет, 21 этаж, ауд. 2109.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке МГУ им. М.В. Ломоносова по адресу: Ломоносовский проспект, д. 27, А8. Полный текст диссертации размещен на вебсайте географического факультета МГУ <http://www.geogr.msu.ru/>. Электронная версия автореферата размещена на вебсайтах ВАК Министерства образования и науки РФ <http://vak.ed.gov.ru> и географического факультета МГУ <http://www.geogr.msu.ru/>.

Автореферат разослан « » г.

Отзывы на автореферат (в двух экземплярах, заверенные печатью учреждения) просим направлять по адресу: 119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1, МГУ, географический факультет, ученому секретарю диссертационного совета Д 501.001.61. E-mail: science@geogr.msu.ru. Факс: (495) 932-88-32.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 501.001.61,
кандидат географических наук

А.Л. Шныпарков

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. Оценка реакции ландшафтных компонентов на глобальные изменения климата, проявляющиеся, прежде всего, в увеличении температуры воздуха и изменении режима осадков, является одной из актуальнейших фундаментальных научных проблем, требующих всестороннего изучения. По данным Межправительственной группы экспертов по изменению климата (IPCC, 2013), начиная с конца XIX века, средняя глобальная температура поднялась почти на 1°C. Принято считать, что эти изменения связаны, в основном, с воздействием антропогенных факторов, приводящих к увеличению содержания парниковых газов в атмосфере. Однако необходимо учитывать, что процесс глобального антропогенного потепления накладывается на естественный тренд климата к похолоданию, четко прослеживающийся по палеогеографическим данным (Борисова, 2008, 2013, 2014; Величко, 1973, 1982, 1991, 2012; Величко и др., 1997, 2002, 2004; Климанов, 1989, 1995; Климанов и др., 1995; Хотинский, 1977; Хотинский и др., 1991; Davis et al., 2003; Mayewsky et al., 2003; Wanner et al., 2008). Очевидно, что подобное сочетание разнонаправленных воздействий на ландшафтно-климатическую систему отрицательно влияет на ее устойчивость.

В то время как реконструкции растительности и климата для периодов квазиравновесных состояний природной среды в позднем плейстоцене и голоцене (оптимальные фазы последнего межледниковья и голоцена, максимум последнего оледенения) проведены по многочисленным разрезам с широчайшим географическим охватом (Величко, 1973, 1991, 1985, 2012; Величко и др., 1997, 2002, Палеогеография Европы..., 1982; Гричук, 1961, 1989; Динамика ландшафтных компонентов..., 2002; Палеоклиматы и палеоландшафты..., 2009), исследования для этапов перестройки экосистем при потеплении и похолодании климата до сих пор остаются немногочисленными (Анциферова, 2014; Болиховская, 1995; 2007; Борисова, 2008, 2013; Маркова и др., 2002, 2004, 2006; Новенко и др., 2008; Борисова, Новенко, 2014; Эволюция экосистем Европы..., 2008; Zelikson, 1995; Borisova, 2005; Borisova et al., 2007; Boettger et al., 2009; Novenko et al., 2005; 2009). Анализ палеогеографических данных показывает, что на фоне основных климатических ритмов плейстоцена развиваются относительно короткопериодные колебания климата второго и более высоких порядков, особенно характерные для переходных этапов между ледниковыми и межледниковыми эпохами (Величко и др., 1997). Именно этим

короткопериодным климатическим осцилляциям свойственны наибольшие естественные скорости изменения температур. Реконструкции перестроек экосистем, происходивших в ответ на подобные короткопериодные и резкие климатические изменения, имеют большое значение для оценки возможных последствий антропогенно обусловленного потепления текущего столетия.

Цели и задачи исследования

Цель работы состоит в выявлении специфики и географической дифференциации в истории растительности и климата Центральной и Восточной Европы в межледниковые эпохи в позднем плейстоцене и голоцене и на этапах перестройки ландшафтно-климатической системы от ледниковых условий к межледниковьям и от межледниковья к оледенению.

Задачи работы:

1) Выявление особенностей современных (субрецентных) спорово-пыльцевых спектров, свойственных лесной и лесостепной зонам Центральной и Восточной Европы.

2) Применение «метода наилучших аналогов» для реконструкции климатических условий и изменений лесистости рассматриваемой территории в позднем плейстоцене и голоцене, составление необходимой для его применения базы данных по поверхностным спорово-пыльцевым спектрам, сбор климатической информации и материалов дистанционного зондирования, тестирование этого метода для территории Центральной и Восточной Европы.

3) Палинологические исследования разрезов позднеплейстоценовых и голоценовых отложений на 8 ключевых участках, реконструкция растительности и климата на локальном и региональном уровнях.

4) Реконструкция долго- и короткопериодных изменений растительности и климата в зонах широколиственных и хвойно-широколиственных лесов и южной тайги Центральной и Восточной Европы в позднем плейстоцене и голоцене в полосе субширотного трансекта на основе полученных автором и опубликованных палинологических и других палеогеографических данных.

5) Выявление степени подобия и возможных различий в развитии растительности и климата в течение эмского/микулинского межледниковья и голоцена и на этапах перестройки ландшафтно-климатической системы от ледниковых условий к межледниковым и от межледниковья к последующему оледенению.

Предмет и объект исследования. Предмет исследования – ландшафтно-климатические изменения в позднем плейстоцене и голоцене в межледниковые и переходные этапы климатических макроциклов.

Объект исследования – позднплейстоценовые и голоценовые отложения Центральной и Восточной Европы.

Методы и районы исследования. Ландшафтно-климатические реконструкции для позднего плейстоцена и голоцена выполнены на ключевых участках, образующих субширотный трансект в пределах лесной зоны Центральной и Восточной Европы между 52 и 58°с.ш. Изучаемый трансект охватывает регионы, наиболее адекватно отвечающие задачам представленной работы. Во-первых, палеогеографические реконструкции для этой территории дают возможность рассмотреть полный спектр ландшафтно-климатических изменений внутри ледниково-межледникового цикла: от широколиственных лесов оптимума межледниковья до перигляциальных ландшафтов ледниковой эпохи. Во-вторых, разнообразие физико-географических условий и провинциальные различия современной растительности вдоль рассматриваемого субширотного профиля дают возможность проанализировать географические закономерности и региональные особенности реакции растительности Восточной и Центральной Европы на климатические изменения, как в настоящее время, так и в прошлые эпохи.

В основу реконструкций растительности и климата положены палеоботанические данные, полученные автором, в сопоставлении с опубликованными материалами, собранными другими исследователями. В работе использованы также данные геоморфологических, гляциологических, изотопно-геохимических и других методов исследований, результаты определения абсолютного возраста отложений.

Защищаемые положения:

1. Для земского/микулинского межледниковья и голоцена установлена сходная последовательность и длительность основных фаз изменения растительности и климата: становление и развитие лесных сообществ в условиях быстрого потепления, включающего серию осцилляций, повсеместное распространение широколиственных и смешанных лесов в оптимумы (термические максимумы) межледниковий с относительно стабильными климатическими условиями, и смена неморальных лесных сообществ бореальными в течение длительного и сложно построенного похолодания в постоптимальные фазы.

2. В позднем плейстоцене и голоцене наибольшая интенсивность естественных изменений природной среды была характерна для переходных этапов климатических макроциклов, в течение которых на фоне общего тренда к потеплению или похолоданию на рубежах межледниковых и ледниковых эпох развивались короткопериодные и резкие колебания климата, продолжительностью от нескольких сотен до тысячи лет.

3. Проведенное на основе большого объема палеоботанических данных сопоставление растительности и климата в Центральной и Восточной Европе в позднем плейстоцене и голоцене выявило близкие скорости климатических изменений и перестроек растительности на этапах перехода ландшафтно-климатической системы от ледниковых условий к межледниковым (в позднеледниковье) и похолодания климата на рубеже межледниковья и последующего оледенения. Интенсивность климатических изменений на переходных этапах климатических макроциклов была на порядок выше, чем на протяжении предшествующих им и последующих межледниковых и ледниковых эпох.

4. Пространственно-временная структура изменений растительности в Центральной и Восточной Европе в ранневислинское/ранневалдайское время (деградация лесных сообществ и становление перигляциальной растительности) свидетельствует о постепенном нарастании похолодания и увеличении континентальности климата, а также о возрастании широтного и меридионального градиентов температур и осадков в начальные фазы ледниковой эпохи (в раннеледниковье – МИС 5d-5a). В течение этого длительного этапа перестройки природной среды от межледниковья к пенигляциалу прослеживаются колебания второго, третьего и более высоких порядков, для которых характерна та же асимметричная форма, что и для климатических макроциклов в целом: быстрое потепление, термический максимум, более длительное похолодание и термический минимум.

Научная новизна результатов исследования. На основе анализа палинологических и других палеогеографических данных впервые проведено детальное сравнение изменений растительности и климата, проходивших в Центральной и Восточной Европе в течение эемского/микулинского межледниковья и голоцена, а также на этапах перестройки ландшафтно-климатической системы от ледниковых условий к межледниковью и от межледниковья к последующему оледенению. Впервые для этой территории для реконструкции растительности и палеоклиматических характеристик применен «метод наилучших аналогов» по рецентным пыльцевым пробам. Проведенные количественные реконструкции позволили устано-

вить высокую степень сходства в структуре и последовательности изменений растительности и климата в лесной зоне Центральной и Восточной Европы в межледниковых интервалах климатических макроциклов. Установлено подобие ландшафтно-климатических изменений на переходных этапах климатических макроциклов, в течение которых на фоне основного тренда к потеплению или похолоданию развивались относительно короткопериодные и резкие колебания климата второго и более высоких порядков.

Теоретическая и практическая значимость работы. Исследования, проведенные в рамках представленной работы, направлены на решение фундаментальной научной проблемы, связанной с изучением эволюции природной среды и прогнозом ее развития в условиях быстрых природных и антропогенных изменений. Как известно, в фазу климатического оптимума последнего межледниковья температура воздуха в Северном полушарии превышала современные значения на 1.7-2°C, а в период оптимума голоцена она была выше современной приблизительно на 0.7-1.0°C (Величко, 1982, 1991, 2012). Учитывая современные тенденции изменений климата, проявляющиеся, прежде всего, в стремительном росте глобальной температуры воздуха, анализ климатических условий и растительности Центральной и Восточной Европы для ключевых хроносрезов с условиями более теплыми, чем в настоящее время, имеет принципиальное значение для надежного прогноза возможных изменений растительных сообществ при различных сценариях будущих изменений климата. Особый интерес представляет анализ резких и короткопериодных климатических колебаний, характерных для переходных этапов, когда возрастала неустойчивость («колебательность») климатической системы. Анализ реакции ландшафтных компонентов на подобные колебания климата может быть очень полезным и эффективным для понимания современных процессов трансформации природной среды в условиях глобального потепления и определения основных трендов ее эволюции.

Исследования по тематике диссертационной работы велись в рамках базовой темы НИР Института географии РАН «Эволюция окружающей среды и климата под воздействием природных и антропогенных факторов», Программы фундаментальных исследований Президиума РАН № 4, направления 3 «Механизмы и прогнозы изменений климата и экстремальных природных явлений в атмосфере, криосфере и на поверхности суши», темы НИР кафедры Физической географии и ланд-

шафтоведения Географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова «Природные и антропогенные факторы устойчивости, функционирования и эволюции геосистем локального, регионального и глобального уровней», а также проектов РФФИ № 05-05-64479, 11-05-00557, 14-05-550 и проекта DEKLIM Министерства науки и образования Германии (BMBF), грант № 01LD0041.

Результаты диссертационной работы включены в лекционные курсы по палеоботанике и палеогеографии и использованы при подготовке практических работ и проведении полевых практик студентов. Составленная в ходе подготовки диссертации база данных по поверхностным пыльцевым спектрам для территории Центральной и Восточной Европы может быть использована для решения широкого спектра палеогеографических задач.

Личный вклад автора. В основу данной работы легли материалы 20-летних палинологических исследований автора в Лаборатории эволюционной географии ИГ РАН и на географическом факультете МГУ им. М.В. Ломоносова. Личный вклад автора заключается в постановке проблемы, разработке методики исследований, организации полевых работ и личном участии в них, проведении спорово-пыльцевого анализа образцов, статистической и графической обработке полученных данных и их последующей интерпретации. Автором проанализировано около 1000 образцов на спорово-пыльцевой анализ из разрезов позднеплейстоценовых и голоценовых отложений и 80 поверхностных проб. Автором проведено обобщение имеющихся литературных данных, сформулированы основные научные положения работы и выводы.

Апробация работы. Материалы диссертационной работы были представлены на Международных палинологических конгрессах (IX МПК, Гранада, Испания, 2004, X МПК, Бонн, Германия, 2008; XI МПК Токио, Япония, 2012); на Европейских палеоботанических и палинологических конференциях (Афины, Греция, 2002; Прага, Чехия, 2006); на ежегодных ассамблеях Европейского Геофизического Союза (EGU) в 2008, 2011, 2013 г.г., на XVIII Конгрессе ИНКВА (Берн, Швейцария, 2011), на 31-м и 32-м Международных Географических Конгрессах (Тунис, Тунис, 2008; Кельн, Германия, 2012), на Региональных конференциях Международного Географического Союза (Сантьяго, Чили, 2011; Киото, Япония, 2013), на Всероссийских палинологических конференциях (Москва, 1996, 1999, 2002, 2005, Санкт-Петербург, 2008, Сыктывкар, 2013); на XI Ландшафтной конференции (Москва,

2005); на V Всероссийском совещании по изучению четвертичного периода (Москва, 2007), на XV Всероссийском микропалеонтологическом совещании (Москва, 2012), на Всероссийских конференциях «Проблемы восстановления ландшафтов лесостепной зоны» (Государственный музей-заповедник «Куликово поле» 2009, 2011, 2013), на Всероссийских конференциях с международным участием «Исследования территориальных систем: теоретические, методологические и прикладные аспекты» (Киров, 2010, 2012), «Динамика современных экосистем в голоцене» (Казань, 2013); на Всероссийской конференции «Заповедники России и устойчивое развитие» (Центрально-Лесной заповедник, 2007) и на других международных и российских конференциях и совещаниях.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 55 печатных работ, в том числе 33 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России для представления материалов диссертационных работ, из которых 18 статей в иностранных рецензируемых журналах, одна монография в соавторстве, а также публикации в прочих изданиях, сборниках и материалах конференций.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 8 глав, заключения, списка литературы (638 наименований, из которых 412 на иностранных языках) и содержит 332 страницы текста, 86 рисунков и 8 таблиц.

Благодарности. Автор выражает искреннюю благодарность научному консультанту данного исследования, д.г.н. О.К. Борисовой и зав. Лабораторией эволюционной географии ИГ РАН д.г.н., проф. А.А. Величко за ценные советы и всестороннюю помощь при написании диссертации. Автор благодарит своих коллег и соавторов многих публикаций к.г.н. И.С. Зюганову, к.б.н. Е.М. Волкову, к.г.н. О.В. Бурову, д.г.н. проф. Ю.Г. Пузаченко, к.г.н. Д.Н. Козлова, к.б.н. А.Н. Цыганова, к.г.н. Э.М. Зеликсон, к.г.н. К.В. Кременецкого, к.б.н. М.Б. Носову за помощь в работе и обсуждении результатов. Автор выражает самую искреннюю благодарность своим немецким коллегам д-ру Т. Беттгер и д-ру Ф. Юнге за предоставленную возможность использования данных, полученных в рамках совместных проектов, за постоянную поддержку и ценные рекомендации. Автор благодарен директору Центрально-лесного заповедника А. Н. Потёмкину и всем сотрудникам ЦЛГПБЗ за помощь в организации и проведении полевых работ в заповеднике. Особую благодарность автор выражает своему коллеге к.г.н. А.В. Ольчеву за помощь и поддержку на всех этапах работы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Материалы и методика исследований

1.1. Материалы исследования. Изучение позднеплейстоценовых и голоценовых отложений выполнено на восьми ключевых участках, включающих наиболее полные и представительные разрезы отложений рассматриваемых временных интервалов и образующих субширотный трансект в пределах лесной зоны в Центральной и Восточной Европе (рис.1). В западном секторе трансекта в области распространения центральноевропейских широколиственных лесов были исследованы разрезы в стенках крупных буроугольных карьеров Клинге и Неймарк-Норд и разрез отложений озера Зальцигер в Восточной Германии. Ландшафтно-климатические изменения в позднем плейстоцене и голоцене для территории восточноевропейских хвойно-широколиственных лесов и северной лесостепи рассмотрены на основе разрезов в Центральном-лесном заповеднике (юг Валдайской возвышенности, Тверская область) и на двух ключевых участках в северной части Среднерусской возвышенности (Тульская область) – болото Клюква (окрестности г. Белев) и серия разрезов на территории музея заповедника «Куликово поле». В восточном секторе рассматриваемого трансекта в подзоне южной тайги палеоботанические исследования были проведены в бассейне Верхней Волги, где были изучены разрезы Черемошник (Ярославская область) и Плес (Ивановская область). Изменения растительности и климата позднеледниковья и голоцена этого региона реконструированы по данным изучения разреза осадков Галичского озера (Костромская область).

Для реконструкции ландшафтно-климатических изменений на территории Центральной и Восточной Европы было выполнено обобщение опубликованных данных по наиболее полным и детально изученным разрезам позднего плейстоцена и голоцена рассматриваемой территории. В рамках представленной работы были рассмотрены данные по 37 разрезам, включающим отложения эемско-го/микулинского межледниковья и начальных фаз последующего оледенения и 47 разрезам голоценовых отложений (см. рис.1). В ходе исследования из большого массива публикаций были отобраны разрезы, полностью охватывающие голоцен, не имеющие перерывов и имеющие 5 и более радиоуглеродных дат, что необходимо для построения корректной модели возраст/глубина и корреляции разрезов.

1.2. Методы отбора и лабораторной обработки образцов. В разделе приведена подробная информация о методах отбора образцов из разрезов разных типов (стенки карьера, естественное обнажение, буровая скважина), интервалах опробования и применяемом оборудовании для каждого ключевого участка, приведены методики лабораторной обработки образцов.

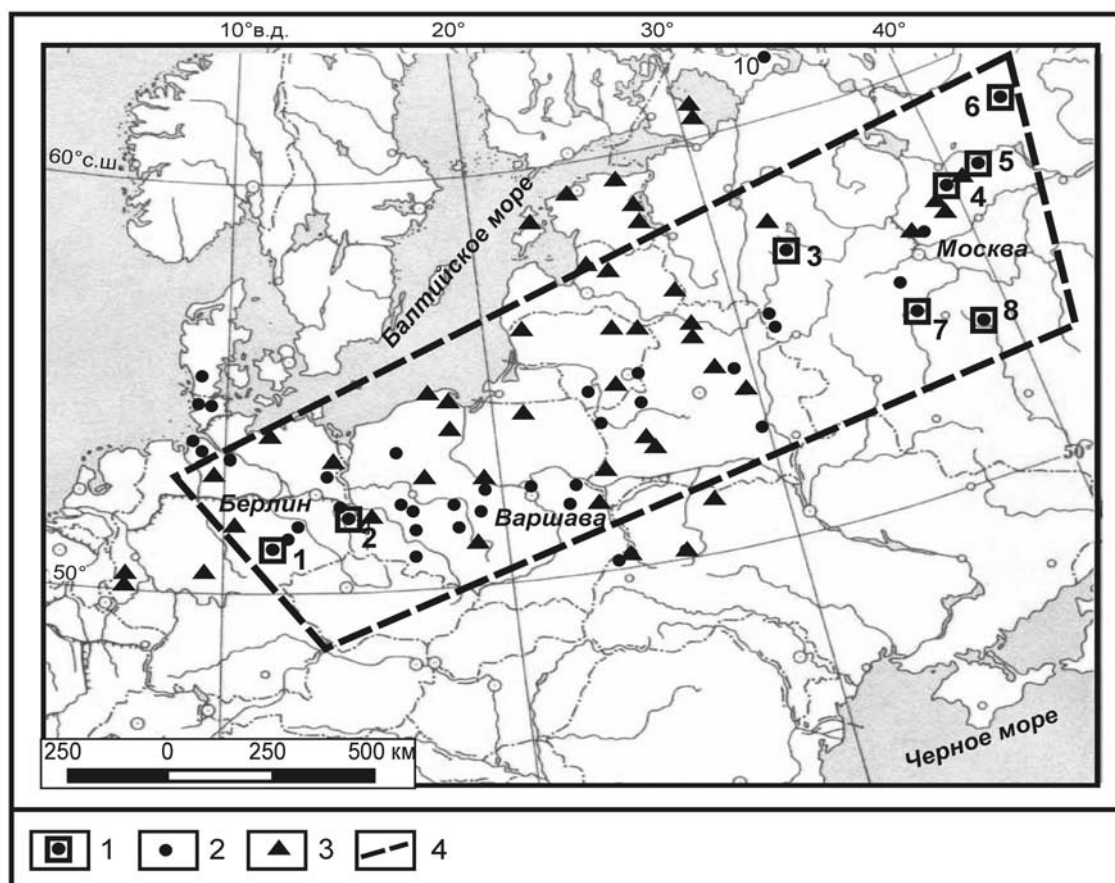


Рис.1. Географическое положение районов исследования

Условные обозначения: 1 – ключевые участки, 2 – разрезы отложений эемского/микулинского межледниковья, 3 – разрезы голоценовых отложений, 4 – границы субширотного трансекта.

Ключевые участки: 1 – Неймарк-Норд и оз. Зальцигер, 2 – Клингге, 3 - Центрально-Лесной заповедник, 4 – Черемошник, 5 - Плес, 6 – Галичское озеро, 7 – Болото Клюква (бассейн Верхней Оки), 8 – Куликово поле.

1.3. База данных по поверхностным спектрам. Для уточнения интерпретации ископаемых спорово-пыльцевых спектров, реконструкции растительности и применения аналогового метода палеоклиматических реконструкций автором данной работы совместно с А.А. Чепурной была составлена база данных по поверхностным спорово-пыльцевым спектрам (<http://pollendata.org>), куда были включены,

как собственные данные авторов, так и материалы Европейской палинологической базы данных (<http://www.europeanpollendatabase.net>) и базы данных PANGEA (<http://www.pangea.de>), а также результаты подсчетов пыльцы, переданные российскими коллегами. База данных включает около 300 местонахождений на территории Центральной и Восточной Европы и Сибири и 630 пыльцевых спектров (большинство точек представлены не одной пробой, а серией поверхностных проб, отобранных в различных растительных сообществах и геоморфологических условиях).

1.4. Методы палеоклиматических реконструкций. Существует два основных подхода к реконструкции климатических характеристик прошлого по палеоботаническим данным: первый основан на изучении экологических требований видов ископаемой флоры (Гричук, 1969,1985; Iversen, 1944; Kühn et al., 2002), второй – на выявлении статистических связей между составом современных спорово-пыльцевых спектров и климатическими условиями территории, где эти спектры формируются. Второй подход получил развитие в нескольких направлениях, как, например, в форме поиска переходных функций между составом спектров и температурными параметрами (Климанов, 1976, 1981; Huntley and Prentice 1988; Bartlein et al. 1984), а также в виде аналогового метода и его модификаций (Overpeck et al., 1985; Guiot, 1990; Nakagawa et al., 2002; Tarasov et al., 2007, 2009 и др.).

В представленной работе метод климатограм для палеоклиматических реконструкций (Гричук, 1985) был использован для характеристики условий эемско-го/микулинского межледниковья. Реконструкции климатических характеристик и лесистости в течение голоцена и постоптимальных фаз межледниковья были выполнены при помощи «метода лучших аналогов» (Guiot, 1990; Nakagawa et al., 2002) на базе пакета программ Polygon 1.5 (<http://dendro.naruto-u.ac.jp/~nakagawa/>). При реконструкции данным методом для каждого ископаемого спектра подбирается наиболее близкие его аналоги из базы данных современных спектров. В качестве меры сходства используется квадрат евклидоваго расстояния (Overpeck et al., 1985). Для каждой точки, откуда был взят современный спектр, определены интересные нас характеристики (температуры, осадки, лесистость и т.п.). При анализе современные условия территории происхождения спектров-аналогов принимаются в качестве реконструкций условий прошлого.

Климатические данные для исследуемой территории были взяты из архива MERRA (Modern Era Retrospective-Analysis for Research and Applications) Goddard

Earth Observing System (GEOS-5) Data Assimilation System (DAS), в котором доступна информация по всему Земному шару в узлах сетки размером $2/3$ градуса долготы и $1/2$ градуса широты, начиная с 1979 года (<http://gdata1.sci.gsfc.nasa.gov>). Оценки современной лесистости (отношение покрытой лесом площади к общей площади рассматриваемой территории) были выполнены с использованием данных космоснимков MODIS (<http://glcf.umiacs.umd.edu/data/vcf>).

Для оценки точности реконструкции температур, осадков и лесистости аналоговым методом была проведена перекрестная проверка, при которой каждый современный спорово-пыльцевой спектр последовательно исключался из базы данных и использовался как ископаемый спектр для реконструкции климатических характеристик. Затем полученные величины сравнивались с их действительными значениями. Полученные данные показали, что аналоговый метод позволяет достаточно хорошо реконструировать среднегодовую температуру и среднюю температуру июля. Коэффициент детерминации R^2 составляет 0.81 и 0.75 соответственно, при стандартной ошибке вычислений (SEE –Standard Error of Estimate) годовых температур 1.5°C , а июльских – 1.2°C . Для палеогеографических исследований такая точность является высокой. При восстановлении зимних температур $R^2 = 0.61$, SEE= 3.1°C , а для реконструкции среднегодового количества осадков $R^2 = 0.51$, SEE= 102 мм , что делает реконструкции этих климатических характеристик весьма неточными. В представленной работе мы используем реконструкции зимних температур и осадков аналоговым методом больше для выявления тенденций изменений, чем для оценки их количественных значений. Результаты перекрестной проверки показали удовлетворительную корреляцию между величинами лесистости, определенными по данным MODIS и реконструированными при помощи аналогового метода ($R^2=0.57$, SEE= 10.8%).

Глава 2. Особенности интерпретации результатов спорово-пыльцевого анализа для изучения экосистем лесной и лесостепной зон Центральной и Восточной Европы

2.1. Соотношение состава спорово-пыльцевых спектров и продуцирующей их растительности в лесной и лесостепной зонах Восточной и Центральной Европы.

Изучение субрецентных спектров, начиная с работ В.П. Гричука, Е.Д. Заклинской (Гричук, 1941; Гричук, Заклинская, 1948; Заклинская, 1951), Е.Л. Мальгиной (1952), Р.В. Федоровой (1950, 1952, 1956), М.Х. Монозон (1952), М.В.

Кабайлене (1969), Э.М. Зеликсон (1977) и до последних десятилетий, например, работы Л.В. Филимоновой (Филимонова, 1999; 2005), А.М. Короткого (2002), Н.Е. Рябогиной (2004, 2005), Е.Г. Лаптевой (2007, 2012), Л.М. Моховой (Mokhova et al., 2009), П.Е. Тарасова (Tarasov et al., 2007), О.В. Лисициной (Lisitsyna et al., 2011), Е.Ю. Новенко с соавторами (Новенко и др., 2011, 2012; Матишов и др., 2012), показали важность регионального подхода к интерпретации данных пыльцевого анализа.

За рубежом наибольшее количество работ принадлежит исследователям из США, Норвегии, Великобритании, Швеции, Финляндии и стран Балтии (Davis, 1963; Andersen, 1970; Bradshaw, Webb, 1985; Hicks, 1992, 2001; Hjelle, 1998; Bennet, Hicks, 2005; Sugita et al., 1999; Broström et al., 1998, 2005, 2008; Seppä et al., 2004; Gaillard et al., 2008; Giesecke, 2005; и др.). Большое внимание в этих работах уделено определению размеров области поступления пыльцы в рассматриваемый спектр, возможностям моделирования растительного покрова на локальном уровне на основе соотношений компонентов рецентных спектров.

В рамках представленной работы автором был проведен анализ особенностей состава и соотношения основных компонентов современных спорово-пыльцевых спектров из различных растительных сообществ северной, средней и южной тайги, хвойно-широколиственных лесов и лесостепи. Были использованы результаты анализа 80 поверхностных проб, отобранных на территориях Пинежского, Печеро-Ильчского, Центрально-лесного, Мордовского и Кологривского заповедников, заказников «Бурмакино» и «Былина», национального парка «Орловское полесье», музея-заповедника «Куликово поле», и ряда точек из относительно ненарушенных лесных массивов в Рязанской, Тульской и Пензенской областях. Помимо этого были привлечены материалы базы данных по поверхностным спектрам. Особенности современных спорово-пыльцевых спектров зарубежной Европы были проанализированы по литературным источникам (Dambach, 2000; Seppä et al., 2004, Vjune et al., 2005, Giesecke, 2005).

Полученные данные показали, что при формировании спорово-пыльцевых спектров в лесной и лесостепной зонах происходит искажение соотношения их основных компонентов за счет высокой доли растений, обладающий высокой пыльцевой продуктивностью (*Betula*, *Alnus*, *Pinus*, *Artemisia*, *Cyperaceae*), что необходимо учитывать при реконструкции растительности прошлого по палинологическим

данным. Для спорово-пыльцевых спектров каждой подзоны лесной зоны и лесостепи выявлены характерные признаки, позволяющие диагностировать эти сообщества по палинологическим данным. К таким признакам относятся: соотношение основных компонентов в группе пыльцы деревьев и кустарников, содержание пыльцы широколиственных пород, доля и состав пыльцы травянистых растений, участие спор лесных плаунов и папоротников, доля спор сфагновых мхов.

2.2. Признаки антропогенных нарушений растительного покрова в спорово-пыльцевых спектрах. Состав спорово-пыльцевых спектров может также отражать трансформации растительного покрова вследствие хозяйственной деятельности человека. На качественном уровне подобные реконструкции основаны на таких диагностических признаках изменений пыльцевых спектров, как увеличение доли травянистых растений, увеличение доли березы и сокращение содержания ели и широколиственных пород; появление пыльцы культивируемых растений и специфических видов – индикаторов нарушенных грунтов и сельскохозяйственных земель (Ralska-Jasiewiczowa, 1977; Behre, 1981; Vuorela, 1986; Vorren, 1986; Rybnicek, Rybnickova, 1992; Zernitskaya, Mikhailov, 2009; Гуман, 1978; Гуман, Хотинский, 1981; Благовещенская, 1995; Новенко и др, 2010, Носова и др., 2014).

Количественные оценки антропогенных нарушений растительности были связаны в основном с реконструкцией изменений соотношения площадей, покрытых лесной растительностью, и открытых пространств, занятых вырубками, полями или другими сельскохозяйственными землями (Frenzel et al., 1992; Rösch, 1992; Broström et al., 1998; 2005; 2008; Sugita et al., 1999, 2007; Caseldine et al., 2006). Реконструкции изменений лесистости в голоцене на ключевых участках в лесной и лесостепной зонах методом лучших аналогов показали, что предложенная методика может быть надежным инструментом для индикации нарушений растительного покрова в результате деятельности человека в доисторическое время (Новенко, Еремеева, 2013; Novenko et al., 2014).

Глава 3. Хроностратиграфические подразделения позднего плейстоцена и голоцена Центральной и Восточной Европы

2.1. Место земского/микулинского межледниковья в структуре климатического макроцикла позднего плейстоцена. Оценки продолжительности межледниковья. В разделе рассмотрены стратиграфические схемы позднего плейстоцена, применяемые в Центральной и Восточной Европе, приведены уран-

ториевые датировки (Кузнецов, 2008; Санько, 2004; Gaigalas et al., 2005) и датировки методом оптически-инфракрасно-стимулированной люминесценции для ряда разрезов (Degering, Krbetschek, 2007; Boettger et al., 2009; Mania et al., 2010; Rusakov et al., 2014; Strahl et al., 2010; Schokker et al., 2004). В разделе рассмотрены различные подходы к оценке продолжительности последнего межледниковья, в том числе, на основе данных изучения изотопно-кислородных серий ледниковых кернов Гренландии и Антарктиды (NorthGRIP Project members, 2004; NEEM Project members, 2013; Turney et al., 2010), исследования изотопного и геохимического состава натечных кальцитов пещер в различных регионах (Drysdale et al., 2009; Wainer et al., 2011; Winograd et al., 1997; Yuan et al., 2004), анализа озерных отложений с годичной слоистостью (Müller, 1974; Nahne et al., 1994; Caspers, 1997; Caspers et al., 2002), а также сопоставление глобальных климатических изменений, запечатленных в этих природных архивах, с астрономической хронологией, выраженной в изменении прихода солнечной радиации на верхней границе атмосферы (Kukla et al., 2002; Berger et al., 1981). В разделе приведены косвенные оценки хронологической позиции и продолжительности последнего межледниковья по данным изменения уровня Мирового океана, поскольку его колебания связаны с глобальными запасами материкового льда (Zagwijn, 1983, 1996; Shackleton, 1987; Forsström, 2001; Rohling et al. 2008; Slowey et al., 1996; Dutton, Lambeck, 2012; Kopp et al., 2013).

Последнее межледниковье, отделенное от текущего межледниковья (голоцена) продолжительной ледниковой эпохой, является хорошо изученным временным интервалом, описанным в сотнях разрезов, как морских, так и континентальных отложений по всему миру. В стратиграфических схемах Западной и Центральной Европы оно выделяется как земское межледниковье, в Европейской России - как микулинское, в различных региональных схемах ему соответствует муравинское (Беларусь), мяркинское (Литва), казанцевское (Западная Сибирь), сангамонское (Северная Америка) межледниковье (Величко, 1973; Гричук, 1961; Палеогеография Европы..., 1982; Кондратене, 1996; Вазнячук и др., 1979; Величкевич, 1982; Махнач и др., 1981; Еловичева, 2001; Динамика ландшафтных компонентов..., 2002, Палеоклиматы и палеоландшафты..., 2011). В лёссово-почвенных сериях Восточно-Европейской равнины микулинскому межледниковью соответствует салынская почва мезинского педокомплекса (Величко, 1973).

Большинством специалистов признается, что эемскому (микулинскому) межледниковью соответствует морская изотопная подстадия (МИС) 5e (Shackleton, 1969). При помощи изотопно-кислородной кривой SPECMAP, основанной на изменении изотопного состава бентосных фораминифер (Imbrie et al., 1984), продолжительность эемского (микулинского) межледниковья была оценена в 13 тыс. лет, между 128 и 115 тыс. л. н. (лет назад); климатический оптимум межледниковья наступил ~ 125 тыс. л. н. Такая геохронологическая позиция эемского межледниковья была принята Международной стратиграфической комиссией и закреплена в системе GSSP (Global Stratotype Section and Point) (Litt, Gibbard, 2008). Однако длительность последнего межледниковья и хронология его переходных этапов до настоящего времени остаются дискуссионными вопросами. По мнению ряда исследователей, эемское/микулинское межледниковье выходит за рамки подстадии 5e, и охватывает всю МИС 5 или ее часть (Kukla et al., 2002; Brauer et al., 2007; Allen, Huntley, 2008; Helmens, 2014; Болиховская, Молодьков, 1999, 2000; 2009; Еловичева, 2001 и др. публикации). В представленной работе автор принимает мнение тех исследователей (Turner, 2002; Sanchez-Gofñi et al., 1999, 2008; Klotz et al., 2003; Brauer et al., 2007; Voettger et al., 2009; Борисова, 2013), которые сопоставляют верхнюю границу эемского межледниковья с концом фазы сосны и началом гренландского стадиала C25. Выделение этой границы обусловлено существенным похолоданием, с которым связаны коренные изменения растительности Европы и распространение перигляциальных ландшафтов. Возраст стадиала C25 оценивается около 110-109 тыс. лет назад, он относится к МИС 5d (NorthGRIP Project members, 2004).

2.2. Биостратиграфические схемы эемского (микулинского) межледниковья. Принципы корреляции разрезов. В разделе приведены основные опорные разрезы эемского (микулинского) межледниковья Центральной и Восточной Европы (Zagwijn, 1961; Menke, Tynni, 1984, Litt, 1994; Гричук, 1961, 1982, 1989; Чеботарева, Макарычева, 1974; Махнач и др., 1981; Кондратене, 1996; Болиховская, 1995; Borisova et al., 2007, Savchenko, Pavlovskaya, 1999; Satkunas et al., 2003, Еловичева, 2001; Новенко и др., 2008), дан обзор основных схем биостратиграфического деления межледниковья для различных регионов (Selle, 1962; Erd, 1972; Müller, 1974; Menke, Tynni, 1984; Behre, 1989; Mamakowa, 1989; Litt, 1994, Гричук, 1961, 1982 и другие) и проведена их корреляция.

В представленной работе для разрезов Центральной Европы применялась получившая широкое распространение на западе биостратиграфическая схема земского межледниковья, предложенная Б. Менке и Р. Тунни (Menke, Tynni, 1984). В восточной части трансекта последовательность фаз развития растительности была рассмотрена согласно концепции В.П. Гричука (1961).

2.3. Вислинская/валдайская ледниковая эпоха. Хронологическое и стратиграфическое положение переходного этапа от межледниковья к оледенению.

В разделе приведены основные стратиграфические подразделения вислинской/валдайской ледниковой эпохи для территории Центральной и Восточной Европы и проведено сопоставление выделенных интервалов с морскими изотопными стадиями шкалы SPECMAP (Mangerud et al., 1989; Постановления..., 2002). Наиболее подробно для целей представленной работы рассмотрены фазы ландшафтно-климатических изменений раннеледниковья (МИС 5d-5a), как переходного этапа позднеплейстоценового климатического макроцикла.

В Западной и Центральной Европе раннеледниковье вислинского оледенения начинается стадиялом *гернинг* (стадия 5d). С первым значительным потеплением сопоставляется интерстадиал *брёруп*. В Нидерландах этот интерстадиал подразделяется на более раннюю фазу (*амерсфорт*) и более позднюю фазу (*брёруп*). Второе похолодание (стадия 5b) в зарубежной Европе носит название стадиал *редерсталь*. Второму ранневислинскому потеплению (стадия 5a) в европейской схеме соответствует интерстадиал *оддераде* (Menke, Tynni, 1984; Tobolski, 1986; Mangerud et al., 1989; Behre, 1989; Matakowa, 1989; Litt, 1994, 2008). Внутри ранневалдайского оледенения для Европейской России выделяются: первое послемиленинское (курголовское) похолодание (стадия 5d), верхневолжский (крутицкий) интерстадиал (стадия 5c), лапландское похолодание (стадия 5b) и круглицкий интерстадиал (стадия 5a) (Чеботарева, Макарычева, 1974; Палеогеография Европы..., 1982; Динамика ландшафтных компонентов..., 2002; Палеоклиматы..., 2009).

Помимо крупных хроностратиграфических подразделений внутри вислинской/валдайской ледниковой эпохи выделяются похолодания и потепления более низкого ранга продолжительностью порядка нескольких тысячелетий (Walker et al., 1999; Sanchez-Goni et al. 2008). Согласно изотопно-кислородным данным по морским отложениям и ледниковым кернам Гренландии, климатические условия Северной Атлантики в течение криохрона характеризовались серией резких и ярко

выраженных потеплений, так называемых событий Дансгора-Эшгера (D-O), которые вместе с последующими похолоданиями образуют D-O-циклы (Dansgaard et al., 1993; NorthGRIP Project members, 2004); всего выделено 25 таких циклов. В публикациях, посвященных непосредственно ледниковым кернам, потепления и похолодания также обозначают как гренландские интерстадиалы и стадиалы соответственно (Walker et al., 1999). В морских отложениях Северной Атлантики с холодными фазами D-O-циклов сопоставляются слои, насыщенные грубообломочным материалом, сформировавшиеся при участии айсбергового разноса, так называемые слои Хайнриха (Heinrich layers), а эпизоды их накопления получили название - события Хайнриха (Heinrich, 1988; Harrison, Sanchez-Goni; 2010).

2.4. Позднеледниковье и голоцен. Первые обобщения палинологических данных, соответствующих послеледниковому этапу развития природы принадлежат Ф. Фирбасу (Firbas, 1949), М.И. Нейштадту (1957) и В.П. Гричуку (1969, 1982). Большой вклад в изучение флоры и растительности позднеледниковья и голоцена внесли исследования Н.А. Хотинского (1977). Огромное количество работ посвящено реконструкции растительности и климата в позднеледниковье и голоцене на региональном уровне, основанным на палинологических данных по разрезам аллювиальных, озерных и болотных отложений Европейской части России (Величко и др., 1992, 1998, 2002; Борисова, 1994; Зеликсон, 1994; Климанов, 1989; 1996; Климанов и др. 1995; Болиховская, 1988, 1990, 2007, 2011; Болиховская и др., 2002; Благовещенская, 2009; Климанов, Серебрянная, 1985; Носова, 2008; Кременецкий и др., 1996, 1998; Сапелко и др., 2006, 2014; Спиридонова, 1991; Спиридонова, Алешинская, 2004, 2008; Субетто и др., 2003; Филимонова, 2005, 2009, 2014; Кожаринов и др. 2003; Эволюция экосистем Европы..., 2008; Borisova et al., 2006; Kremenetski et al., 2000; 2003; Subetto et al., 2002; Novenko et al., 2009; 2013; 2014 и др. публикации).

Большое значение для реконструкции ландшафтно-климатических изменений позднеледниковья и голоцена имеют появившиеся в последние несколько десятилетий результаты комплексных исследований хорошо датированных озерных отложений на территории Беларуси, стран Балтии, Польши и Германии (Litt, 1994; Goslar et al., 1993; Merkt, Müller, 1999; Jahns, 2000, 2001; Latałowa 1982, Latałowa, Borówka 2006; de Klerk, 2002, 2008; Heikkilä et al., 2009; Seppä, Poska, 2004; Stančikaite et al., 2004; 2008; 2009; Зерницкая и др., 2005; 2011; Zernitskaya,

Michailov, 2009 и др.). Обобщающие работы, посвященные климатическим условиям голоцена в глобальном и макрорегиональном масштабах, принадлежат А.А. Величко с соавторами (серия атласов-монографий: «Динамика ландшафтных компонентов...», 2002; «Палеоклиматы и палеоландшафты...», 2009), О.Н. Соломиной (2010), О.К. Борисовой (2014) и ряду коллективов зарубежных исследователей (Davis et al., 2003; Mayewski et al. 2004; Bradley, 2008; Wanner et al., 2008; Mann et al., 2009).

Позднеледниковье, период 14700 – 11700 календарных лет назад (кал. л.н.), характеризовалось короткопериодными (продолжительностью менее 1000 лет) колебаниями климата (Walker et al., 2009). Согласно изотопно-кислородным данным по ледниковым кернам Гренландии и материалам комплексного изучения континентальных отложений Европы этот временной интервал включал ярко выраженное потепление, состоящее из нескольких фаз и осцилляций (интерстадиалы *бёллинг* и *аллерёд*, 14700 - 14000 кал. л.н. / 12750-12250 радиоуглеродных (^{14}C) л.н. и 13600–12900 кал. л.н. / 11800-11000 ^{14}C л.н.), и глубокое похолодание (стадиал *поздний дриас*, 12900-11700 кал. л.н. / 11000-10300 ^{14}C л. н.).

Для изучения динамики растительности и климата голоцена широко применяется схема периодизации Блитта–Сернандера, первоначально созданная для Северной Европы и модифицированная для центральных районов Европейской части России Н.А. Хотинским (1977). Для территории Западной Европы схема периодизации Блитта–Сернандера была адаптирована Я. Мангерудом с соавт. (Mangerud et al., 1974). Согласно схеме Блитта–Сернандера голоценовая эпоха включает в себя пять климатических периодов: *пребореальный* (10300–9300 ^{14}C л. н. / 11700 – 10500 кал. л.н.), *бореальный* (9300–8000 ^{14}C л. н. / 10300 – 8800 кал. л.н.), *атлантический* (8000–4600 ^{14}C л. н./ 8800 – 5300 кал. л.н.), *суббореальный* (4600–2600 ^{14}C л. н./ 5300 – 2600 кал. л.н.), и *субатлантический* (с 2600 л. н.) периоды.

Глава 4. Палеоботанический анализ изученных разрезов Центральной Европы

В главе представлены результаты палеоботанического изучения разрезов Центральной Европы (ключевые участки: Клинге, Неймарк-Норд и оз. Зальцигер) приведены физико-географическая характеристика района исследований, схемы геоморфологического положения разрезов, описания разрезов и скважин, спорово-пыльцевые диаграммы и их интерпретация, реконструкции растительности на ло-

кальном и региональном уровнях. Приведены имеющиеся для этих разрезов результаты изотопно-геохимических исследований (Boettger et al., 2009), карпологические данные (Erd, 1960; Kühner et al., 1989), определения возраста отложений методом IR-OSL (Degering, Krbetschek, 2007) и термолюминисцентные даты (Strahl et al., 2010).

Глава 5. Палеоботанический анализ изученных разрезов Восточной Европы

В главе представлены результаты палеоботанического изучения разрезов Восточно-Европейской равнины, ключевые участки: Центрально-лесной заповедник, включающий четыре разреза микулинских и ранневалдайских отложений и два разреза голоценовых отложений, Черемошник, Плес, Галичское озеро и разрезы голоценовых отложений в бассейне Верхней Оки (болото «Клюква») и в бассейне Верхнего Дона, где были изучены два торфяника на территории музея-заповедника «Куликово поле». Приведены физико-географическая характеристика района исследований, схемы геоморфологического положения разрезов, описания разрезов и скважин, таблицы с радиоуглеродными датами, модели возраст-глубина, спорово-пыльцевые диаграммы и их интерпретация совместно с имеющимися данными по зольности и степени разложения торфа, результатами карпологического анализа и ботанического анализа торфа. Приведены выполненные реконструкции растительности на локальном и региональном уровнях.

Глава 6. Реконструкция изменений растительности и климата эемского (микулинского) межледниковья. Особенности переходных этапов

6.1. Переходный этап от среднеледникового оледенения к эемскому (микулинскому) межледниковью (позднеледниковье-начальная фаза межледниковья, граница МИС 6/5e). Полученные нами палинологические данные по ключевым участкам (Клинге, Неймарк-Норд, Центрально-лесной заповедник, Черемошник) и обобщение опубликованных материалов позволили выявить последовательность фаз изменения растительности в позднеледниковье оледенения, предшествующего эемскому/микулинскому межледниковью (рис. 2): (1) перигляциальная растительность ледниковой эпохи; (2) березовые и сосново-березовые редколесья (начало потепления); (3) сомкнутые сосновые и березово-сосновые леса с участием ели и лиственницы в Германии и Западной Польше и еловые леса с примесью сосны и березы в восточном секторе трансекта (максимум интерстадиального

потепления); (4) березовые и сосново-березовые редколесья в сочетании с перигляциальными сообществами (похолодание); (5) сосново-березовые леса с небольшим участием широколиственных пород (начало межледниковья).

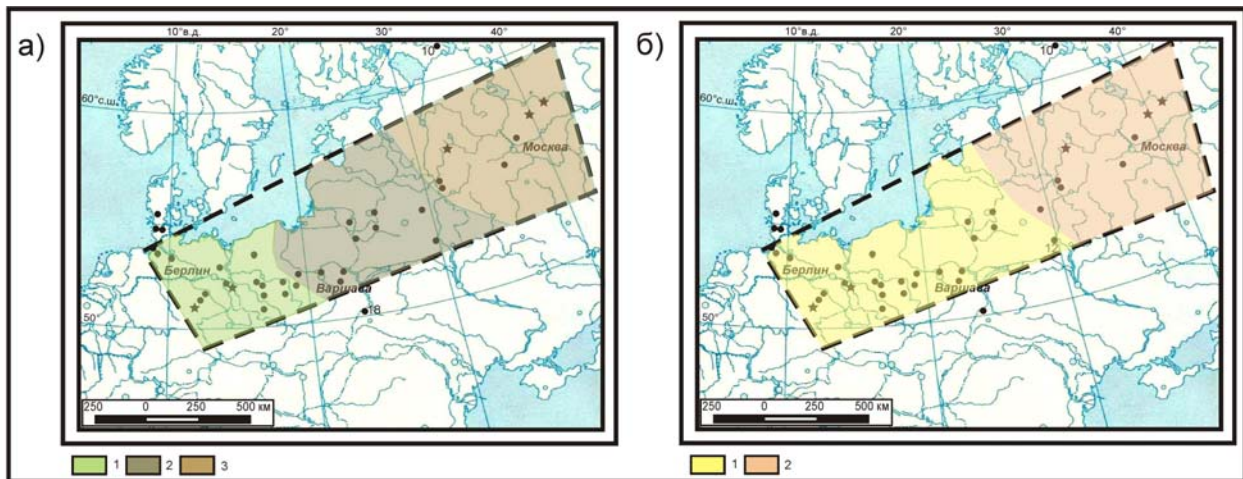


Рис. 2. Растительность позднеледниковья среднеплейстоценового оледенения
 а) **Фаза потепления:** 1 - Сосновые и березово-сосновые леса с участием ели и лиственницы; (2–3) - Комплексный растительный покров, включающий островные леса и редколесья, кустарниковые и перигляциально-степные сообщества: 2 – с сосновыми лесами с елью, 3 - с еловыми лесами.
 б) **Фаза похолодания.** Комплексный растительный покров, включающий перигляциальные степи с участками редколесий и кустарниковых сообществ: 1 – с березовыми редколесьями, 2 – с сосново-березовыми редколесьями.

Таким образом, переходный этап от оледенения к межледниковью включал две фазы: потепление, которое можно сопоставить с интерстадиалом *цайфен* (Jung et al., 1972, Woillard, 1979), и похолодание, соответствующее стадиалу *каттегат* (Seidenkrantz et al., 1993), продолжительность которого по разным оценкам составляет от 1000 до 300 лет (Sánchez Goñi, 2007; Brauer et al., 2007; Couchoud et al., 2009).

6.2. Растительность и климат ранних фаз межледниковья и его климатического оптимума. На территории Центральной и Восточной Европы эмское/микулинское межледниковье началось фазами березовых и сосновых лесов. Дальнейшее развитие потепления привело к распространению широколиственных лесов, когда основными лесобразующими породами становятся дуб и вяз (рис.3).

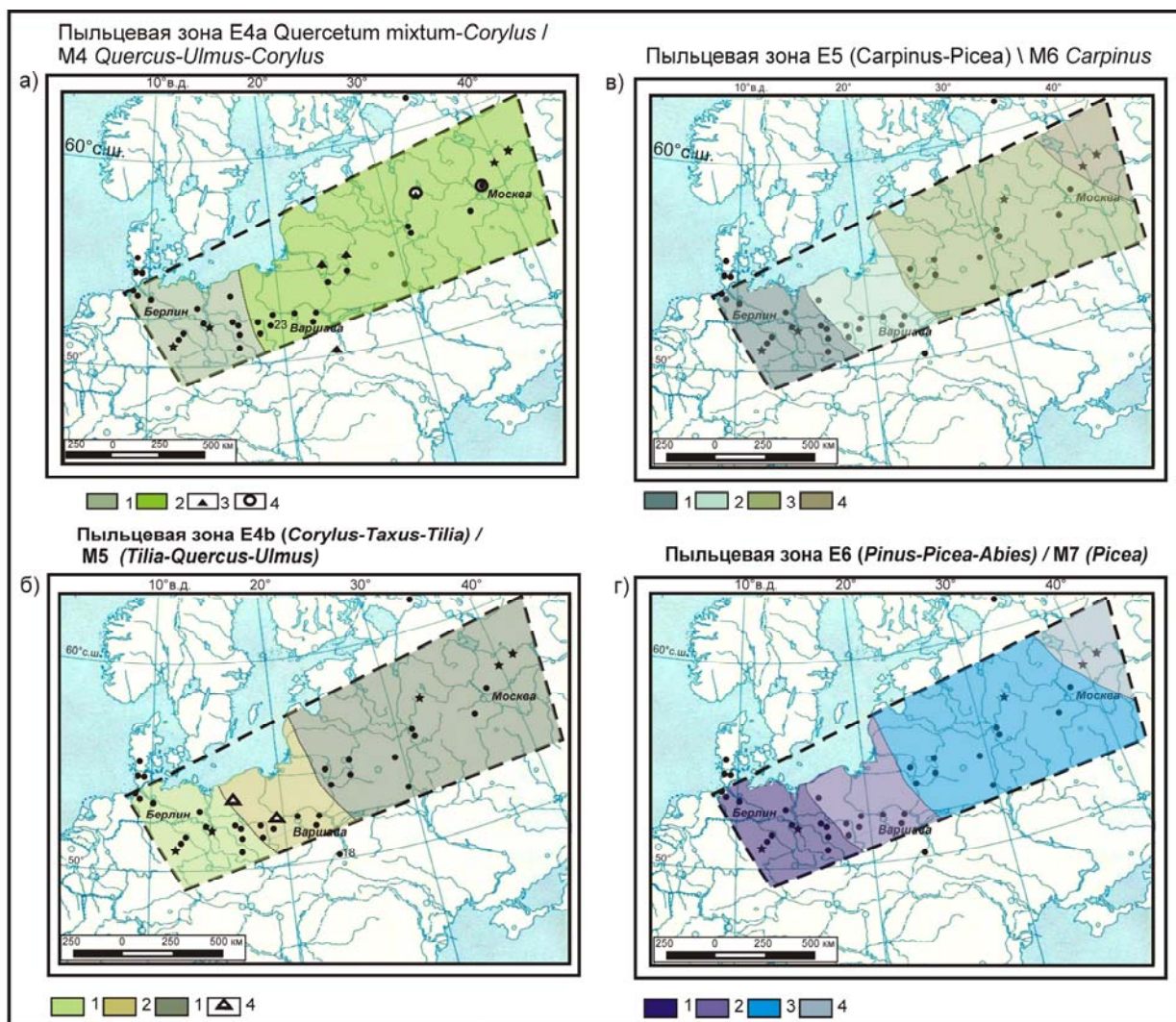


Рис.3. Растительность земского / микулинского межледниковья

а) Фаза сосново-дубовых и дубовых лесов. 1. – сосново-дубовые и дубовые леса с участием липы и вяза; 2. – дубовые леса с участием вяза; 3. – крайние восточные местонахождения пыльцы *Viscum album*; 4. – крайние восточные местонахождения пыльцы *Hedera helix*;

б). Фаза полидоминантных широколиственных лесов. 1. – широколиственные леса, образованные липой и дубом, с участием тиса и граба; 2. - широколиственные леса, образованные липой и грабом, с участием дуба и ольхи. 3. - широколиственные леса, образованные липой, дубом и вязом. 4. - крайние восточные местонахождения пыльцы *Ilex aquifolium*.

а) Фаза грабовых лесов. 1. – Грабовые леса с участием липы, тиса и ели. 2. - Грабовые леса с участием липы и дуба в сочетании с избыточно увлажненными лесами (с *Alnus glutinosa*); 3. – Грабовые леса с липой и дубом; 4. – Полидоминантные широколиственные леса с участием ели.

б) Фаза еловых и сосновых лесов с участием пихты. 1. – Еловые и сосновые леса с грабом, дубом и пихтой. 2. - Еловые и сосновые леса с грабом, пихтой и ольхой; 3. - Еловые и сосновые леса с примесью широколиственных пород; 4. Еловые и березово-сосновые леса.

Характерной чертой растительности оптимума межледниковья, зафиксированной на всех пыльцевых диаграммах, относящихся к эемскому/микулинскому времени, была высокая доля орешника в растительном покрове.

Последующей фазе межледниковья соответствует фаза полидоминантных широколиственных лесов, образованных липой, дубом, грабом с участием вяза и ясеня. В западных районах заметная роль в лесных сообществах принадлежала тису (*Taxus baccata*), к востоку от Вислы основными лесобразующими породами были липа и дуб. Во вторую половину межледниковья основным доминантом стал граб на всей рассматриваемой территории вплоть до бассейна Верхней Волги (см. рис.3). В конце фазы граба начинает распространяться ель, а на западе трансекта – также пихта.

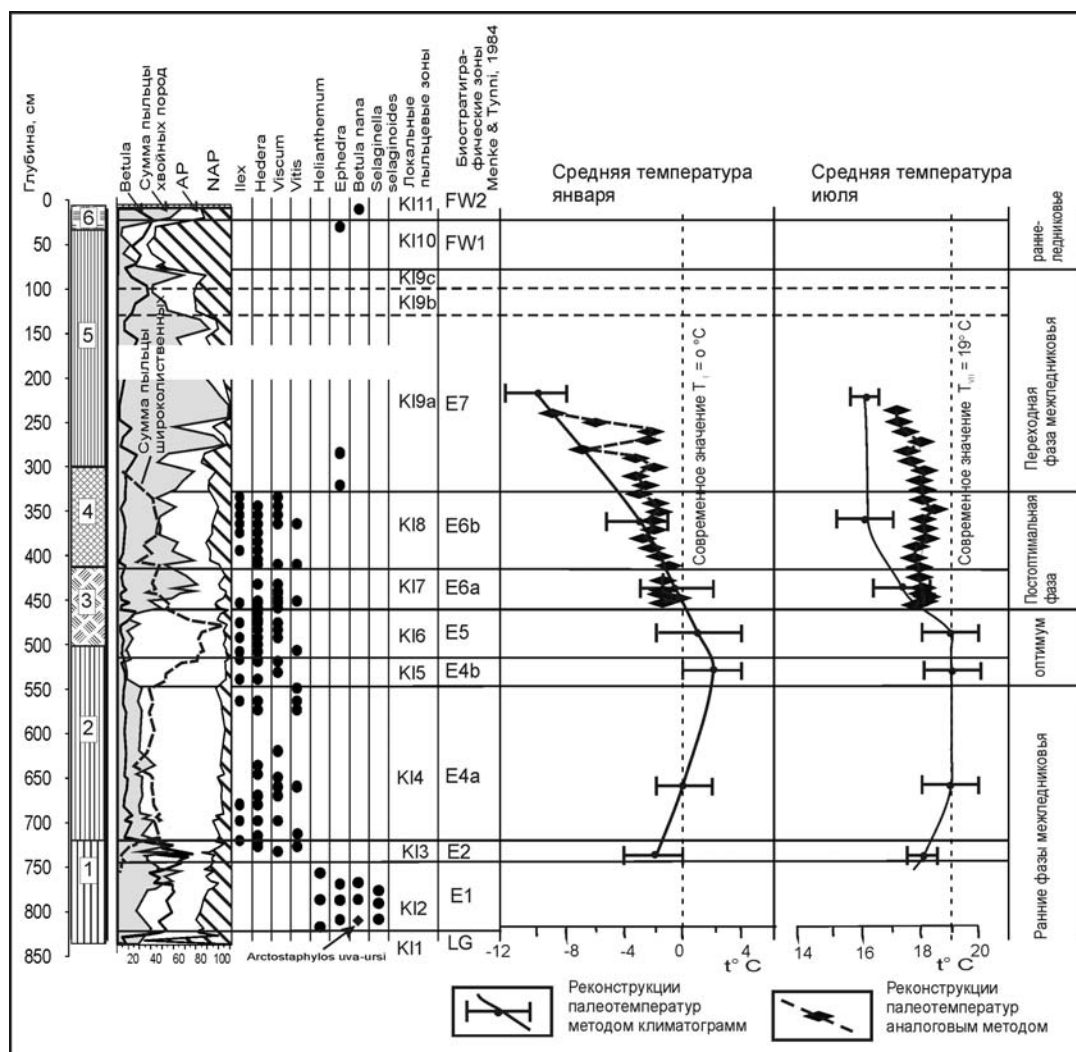


Рис. 4. Реконструкции палеотемператур по палинологическим данным разреза Клинге (Novenko et al., 2008)

Реконструкциям климатических изменений эемского/микулинского межледниковья, и особенно времени его климатического оптимума, посвящена обширная литература (Гричук и др., 1982, Гричук, 1989; Величко и др, 1983, 1984, 1997, 2002, 2004; Динамика ландшафтных компонентов..., 2002; Палеоклиматы и палеоландшафты..., 2009, Matakowa, 1989; Frenzel, 1991; Litt et al., 1996; Kuszell, 1997, Köhl et al, 2007; Zagwijn, 1996; Aalbersberg, Litt, 1998; Velichko et al., 1991, 2002, 2005 и другие публикации). Палеоклиматические реконструкции, выполненные автором, показали, что зимние температуры в Центральной Европе возросли в течение первой половины межледниковья на 4°C (рис.4), а на Восточно-Европейской равнине – на 6°C. При этом, на западе летние температуры увеличились на 2°C, а на востоке – только на 1°C. В оптимум эемского (микулинского) межледниковья меридиональный градиент температур был существенно редуцирован по сравнению с настоящим временем и начальными фазами межледниковья (Velichko et al., 1991). В восточной части трансекта январские температуры наиболее теплой фазы межледниковья превышали современные показатели на 10°C, в западных районах положительные отклонения зимних температур были не столь значительны – около 2°C. Средние температуры июля отличались от современных температур не более чем на 2°C.

6.3. Растительность и климат постоптимальной фазы межледниковья.

Изменения растительности в фазу «верхнего максимума ели» эемского/микулинского межледниковья (биостратиграфическая зона E6 *Pinus-Picea-Abies* – M7 *Picea*) происходили на фоне общего тренда к похолоданию климата, однако на основании полученных данных этот этап межледниковья можно разделить на две подфазы. Похолодание климата в течение более ранней подфазы привело к сокращению доли широколиственных формаций на всем протяжении рассматриваемого трансекта. Провинциальная дифференциация в растительном покрове стала еще более заметной по сравнению с оптимумом межледниковья (см. рис.3). На западе трансекта были распространены елово-сосновые леса с грабом, дубом и пихтой. В Польше помимо ели, сосны и граба значительную роль в древостоях играла черная ольха. На территории Белорусского Полесья и в Прибалтике были распространены еловые и сосновые леса с примесью широколиственных пород. В центральных районах Восточно-Европейской равнины в лесных сообществах доминировала ель

(«верхний максимум ели», выделенный В.П. Гричуком для микулинских отложений, зона M7 *Picea*).

Потепление климата в позднюю подфазу послужило причиной возрастания доли граба, дуба, ясеня, ольхи и орешника в сообществах. Оценка продолжительности таких колебаний проблематична из-за небольшого числа разрезов, в которых выполнены определений абсолютного возраста для зоны ели (Болиховская, Молодьков, 2013). Но если принять во внимание общую длительность фазы E6, полученную с использованием анализа озерных отложений с годичной слоистостью из разреза Биспинген и нескольких других разрезов Германии (Müller, 1974; Nahne et al., 1994; Caspers et al., 2002), в 2000 лет, то интервалы похолодания и потепления внутри этой фазы могут охватывать от нескольких столетий до тысячелетия.

Выполненные климатические реконструкции методом климатограмм по материалам изученных разрезов и опубликованные количественные климатические характеристики по данным ряда разрезов (Malkiewicz, 2002; Kuszell, 1997, Aalbersberg, Litt, 1998; Величко и др., 2004; Рылова, Савченко, 2004) указывают на то, что похолодание, как в Центральной, так и в Восточной Европе, проявилось в первую очередь в снижении летних температур примерно на 2-4°C по сравнению с климатическим оптимумом межледниковья. Соответственно летние температуры были ниже современных значений на 2-3°C. Зимние температуры также понизились на 1-3 °C, но, возможно, оставались близкими к современным значениям или чуть выше.

6.4. Заключительная фаза земского (микулинского) межледниковья. Переходный этап к оледенению. Состав и соотношение основных компонентов спорово-пыльцевых спектров зоны сосны (E7 *Pinus*, M8 *Pinus-Picea-Betula*) земского/микулинского межледниковья в рассмотренных разрезах свидетельствуют о деградации лесных сообществ на всем протяжении субширотного трансекта и формировании комплексной растительности.

Растительный покров заключительной фазы межледниковья был образован с участием еловых, лиственнично-сосново-березовых и березовых лесов, заболоченных редколесий, зарослей холодолюбивых кустарников, лугов и болот (Erd, 1960; Mamakowa, 1989; Litt, 1994; Granoszewsky, 2003; Satkunas et al., 2003; Borisova, 2005; Величкевич, 1982; Величко и др., 2004; Зюганова, 2008; Новенко и др., 2008)

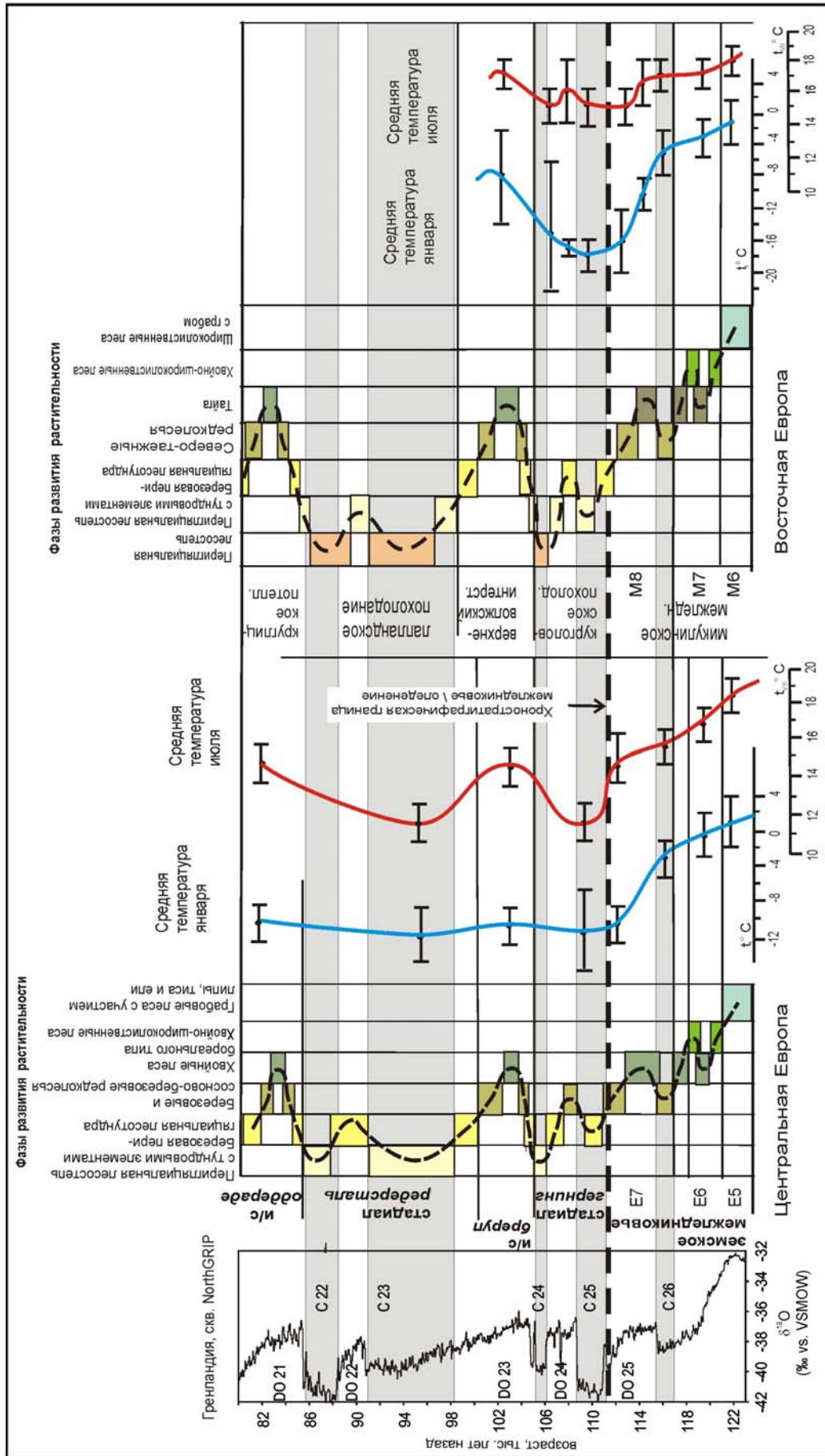


Рис. 5. Изменения растительности и климата Центральной и Восточной Европы во вторую половину земского\микулинского межледниковья и в раннеледниковье валдайской ледниковой эпохи

Для построения палеотемпературных кривых использованы реконструкции по разрезам Центральной Европы: Клинге (Novenko et al., 2008), Греберн (Kühl et al, 2007), Китглиц (Aalbersberg, Litt, 1998); и Восточной Европы: Центрально-лесной заповедник (Новенко и др., 2008), Плес (Borisova et al., 2007; Борисова, 2013) и Черемошник (Новенко, Зюганова, 2013).

Детальный анализ изменения растительности и климата этой фазы позволяет установить, что направленное похолодание было прервано небольшим потеплением в самом конце межледниковья (рис.5), проявившимся в частичном восстановлении бореальной лесной растительности на изучаемой территории, которое было выявлено, как по палинологическим, так и по изотопно-геохимическим данным отложений палеозер в Центральной и Восточной Европе (Boettger et al., 2009). Увеличение содержания пыльцы ольхи, ели, пихты и орешника в самом конце земско-го межледниковья было отмечено при анализе палинологических данных на ключевых участках, а также в большом числе разрезов в пределах рассматриваемого трансекта.

Полученные данные показали, что в течение финальной фазы земско-го/микулинского межледниковья существенно повысились скорости климатических изменений. Выполненные палеоклиматические реконструкции показали, что при продолжительности финальной фазы межледниковья 6-7 тысяч лет (Kukla et al., 2002; Sanchez-Goni et al., 1999, 2008; Brauer et al., 2007) за этот период средняя температура января в Центральной и Восточной Европе понизилась на 5-7°C по сравнению с предыдущей фазой межледниковья (см. рис.5), а в бассейне Верхней Волги снижение зимних температур превышало 10°C. Июльские температуры понизились на 2°C, как в западных, так и в восточных районах. Согласно полученным данным и рассмотренным литературным источникам, медленное похолодание в постоптимальную фазу межледниковья (Е6 *Pinus-Picea-Abies* – М7 *Picea*), в течение которой среднегодовая температура понижалась в среднем на 0,003°C за 10 лет (Борисова, 2013) на всем протяжении субширотного трансекта, ускорило на порядок в его финальную фазу, когда скорость похолодания достигла ~0,02°C/10 лет.

Глава 7. Реконструкция изменений растительности и климата ранне-ледниковья вислинского (валдайского) оледенения

7.1. Основные представления о развитии ранних этапов оледенения в Европе.

В разделе приведены сведения о хронологии основных фаз ранневислинского/ранневалдайского оледенения, рассмотрены этапы развития и деградации Скандинавского ледникового покрова, границы его распространения и дана информация об опорных разрезах, а также рассмотрены колебания уровня Мирового океана в начале ледниковой эпохи (Последний ледниковый..., 1969; Чеботарева,

Макарычева, 1974; Динамика ландшафтных компонентов..., 2002; Палеоклиматы и палеоландшафты..., 2009; Andersen, Mangerud, 1989; Thiede, Bauch, 1999; Donner, 1996).

7.2. Растительность и климат стадии *гернинг* ранневислинской (ранневалдайской) ледниковой эпохи. Как показывают полученные данные палинологического анализа рассмотренных нами ключевых участков в пределах широтного трансекта, с наступлением ледниковой эпохи роль лесных сообществ в растительном покрове резко снижались. В состав комплексного растительного покрова, близкого по структуре к современной лесотундре, входили березовые редколесья, кустарниковые, степные и луговые сообщества, а также участки с разреженной растительностью и нарушенным (или несформированным) почвенным покровом.

Согласно расчетам, основанным на современном распространении видов жесткокрылых, остатки которых обнаружены в отложениях стадиала *гернинг* в Восточной Германии (разрез Греберн), $T_I = -15^\circ\text{C}$ и ниже, $T_{VII} = 11^\circ\text{C}$ (Walkling, Coore, 1996). В то же время, реконструкции (см. рис. 5), основанные на анализе ископаемой флоры, показали, что зимние температуры в течение стадиала *гернинг* не опускались ниже $-8...-12^\circ\text{C}$ (Litt, 1994; Aalbersberg, Litt, 1998), а летние были не ниже 12°C . Оценки минимальных средних температур июля для территории Центральной Польши находятся в интервале $10-12^\circ\text{C}$ (Aalbersberg, Litt, 1998). Продолжительность безморозного периода сократилась до 90 дней (Hoffman et al., 1998). Количество осадков составляло 400-500 мм (Kühl et al., 2007). Сопоставляя полученные реконструкции с современными температурными показателями, можно заключить, что июльские температуры были на $6-7^\circ\text{C}$, а январские на $8-15^\circ\text{C}$ ниже современных значений, осадков выпадало меньше на 300-200 мм в год.

На Восточно-Европейской равнине, в бассейне Верхней Волги, реконструкции палеотемператур для первого послемеикулинского (*курголовского*) похолодания с использованием данных по ключевому участку Плес показали следующие значения: $T_I = -14...-19^\circ\text{C}$ и ниже, $T_{VII} = 15-16^\circ\text{C}$. Возможно, существенно сократилась продолжительность вегетационного периода, поэтому, несмотря на относительно высокие показатели термического режима, существование сомкнутых лесов стало невозможным.

Ландшафтно-климатические условия в течение первой холодной фазы ранневислинского/ранневалдайского оледенения не были однородными. В спорово-

пыльцевых спектрах отложений, соответствующих первому похолоданию раннеледниковья, выделен интервал существенного увеличения доли пыльцы древесных пород (до 70-80%), преимущественно за счет увеличения содержания пыльцы березы (Borisova, 2005; Borisova et al., 2007; Новенко и др., 2008). Как зональный тип растительности, на данной территории по-прежнему господствовала березовая лесотундра с хорошо развитым кустарниковым ярусом, но с большей ролью древостоев, чем в предыдущую фазу. По-видимому, некоторое смягчение климатических условий, благоприятное для белой березы, было неглубоким и непродолжительным, так что другие деревья, в отличие от этой пионерной породы, не успели на него отозваться. В Западной и Центральной Европе признаки этого «березового интерстадиала» прослеживаются в разрезах, где отложения стадии *гернинг* хорошо представлены и изучены с высокой степенью детальности (Averdieck, 1967; Behre, 1974; Menke, Tynni, 1984; Hahne et al., 1994; Litt, 1994, Boettger et al., 2009). Если рассматривать корреляцию событий стадии *гернинг* с изменениями изотопно-кислородного состава ледниковых кернов Гренландии, то это потепление («березовый интерстадиал») можно сопоставить с теплой фазой события Дансгора-Эшгера DO 24.

7.3. Растительность и климат интерстадиала бреруп (верхневолжского / крутицкого) ранневислинской (ранневалдайской) ледниковой эпохи

Первое интерстадиальное потепление (*бреруп, верхневолжский интерстадиал*) внутри ранневислинской (ранневалдайской) ледниковой эпохи зафиксировано во множестве разрезов (Гричук, 1961, Величко и др., 2004; Behre, 1989; Borisova et al., 2007; Boettger et al., 2009; и др. публикации). В настоящее время общепринятой является корреляция интерстадиала *бреруп* с изотопно-кислородной подстадией 5с и сопоставление этого потепления с теплой фазой цикла Дансгора-Эшгера DO 23.

Пыльцевые спектры отложений из Центральной Европы, характеризующие интерстадиал *бреруп*, отражают экспансию березово-сосновых лесов в первую половину этого интервала, и распространение ели и лиственницы в течение его второй половины (Erd, 1973; Litt, 1994; Tobolski, 1986; Matakowa, 1989; Novenko et al., 2008). Как показывают полученные данные по разрезам на Восточно-Европейской равнине, в начале верхневолжского интерстадиала происходило относительно быстрое распространение сосновых лесов с участием березы и ели, возможно, заболоченных. Во вторую половину интервала широкое распространение

получили березовые и березово-сосновые леса с участием лиственницы, ели и кедровой сосны (Гричук, 1961; Борисова, Гуртовая, 1994, Борисова, 2008; Новенко и др., 2008; Satkunas et al., 2003; Borisova et al., 2007), близкие по структуре к современным среднетаежным лесам северо-востока Восточно-Европейской равнины.

Существует довольно много количественных реконструкций термического режима интерстадиала *бреруп* в зарубежной Европе, основанных как на палинологических и карпологических данных, так и на результатах изучения фауны жесткокрылых (Andersen, 1961; Aalbersberg, Litt, 1998; Caspers, Freund, 2001; Freund et al., 2001; Behre et al., 2005; Köhl et al., 2007; Väliiranta et al., 2009). Согласно этим оценкам: $T_I = -12 \dots -14^\circ\text{C}$; $T_{VII} = 11-17^\circ\text{C}$, но большинством исследователей наиболее вероятными для Центральной Европы считаются $T_{VII} = 15-17^\circ\text{C}$. Среднегодовое количество осадков было близко к современным значениям, 600-700 мм в год (Kühl et al., 2007). С продвижением на восток теплообеспеченность понижалась. При этом, летние температуры были близки к таковым в западной части трансекта, а зимние были существенно ниже. Согласно реконструкциям по палеоботаническим данным по разрезу Плес, $T_I = -16 \dots -20^\circ\text{C}$, $T_{VII} = 15-16^\circ\text{C}$ (см. рис. 5).

7.4. Растительность и климат стадиала редерсталь и интерстадиала оддераде ранневислинской ледниковой эпохи и соответствующих им интервалов ранневалдайского времени. Отложения стадиала *редерсталь* и последующего интерстадиала *оддераде* в Центральной и Восточной Европе представлены лишь в небольшом числе разрезов. Известна целая серия местонахождений на северо-западе Германии, в Дании и Южной Швеции, где эти отложения были впервые описаны и детально изучены. В восточной Германии к таким разрезам относятся Греберн и Китлиц, в Польше - Горошки, Владиславов, Згиерц-Рудунки, в Литве - Йоненис и Медининкай, в Беларуси - Корачевщина. В настоящее время большинством исследователей принята корреляция стадиала *редерсталь* с МИС 5b (около 95-85 тыс. лет назад), а следующего за ним теплого интервала *оддераде* с МИС 5a (около 85-75 тыс. лет назад).

Похолодание в начале стадии 5b привело к существенным перестройкам ландшафтной структуры Европы и к трансформации многих физико-географических процессов. Согласно палинологическим данным, начало стадиала *редерсталь* ознаменовалось деградацией древесной растительности на всем пространстве современной лесной зоны Европы. Спорово-пыльцевые спектры, соот-

ветствующие стадиялу *редерсталь*, характеризуются значительным увеличением содержания пыльцы полыней и злаков, возрастанием обилия и разнообразия пыльцы представителей разнотравья и резким сокращением процентного содержания пыльцы деревьев, из которых только древесная береза сохранила небольшое участие в спектрах. В то же время, доля пыльцы кустарников – карликовой березки, ивы и можжевельника заметно возрастает. По сравнению с составом пыльцевых спектров из отложений стадиала *гернинг*, доля пыльцы полыни в спектрах стадиала *редерсталь* заметно выше даже в западных районах Европы, при этом пыльца вересковых менее обильна, что, вероятно, указывает на нарастание континентальности климата. В западных и центральных районах Восточно-Европейской равнины соответствующее похолодание климата (в Литве – стадиал нямунас-2, в России – лапландское похолодание) привело к смене среднетаежных формаций березовыми редколесьями в сочетании с травянистыми группировками и ерниковыми сообществами.

В виду небольшого количества разрезов и относительной бедности ископаемой флоры для стадиала *редерсталь*, информация о температурном режиме весьма ограничена. Данные о находках фауны жесткокрылых и составе ископаемой флоры в разрезе Греберн позволяют реконструировать среднюю температуру июля в Восточной Германии - 11-12°C (Aalbersberg, Litt, 1998; Hoffman et al., 1998). Средняя температура января составляла -10...-12 °C.

Спорово-пыльцевые диаграммы по разрезам в Германии и Польше, отражающие изменения растительности в течение интерстадиала *оддераде*, позволяют реконструировать распространение березовых и березово-сосновых лесов в первую половину потепления и елово-сосновых лесов с участием лиственницы - в течение его второй половины. Как показывают палинологические данные по разрезам Литвы, в которых отложения интерстадиала *йоненис 2*, сопоставляемого с *оддераде*, хорошо изучены - Медининкай, Микунай, Диснай и Смалвос (Satkunas et al., 2013) – зона елово-сосновых и елово-березовых лесов с участием лиственницы охватывала территорию Прибалтики, и, судя по данным по разрезу Корачевщина (Вознячук и др., 1978), протягивалась на территорию Беларуси. В центральных районах Восточно-Европейской равнины в это время были распространены северотаежные сосновые леса (Борисова, 2008).

Реконструкции палеотемператур для территории Германии и Польши, осно-

ванные на флористических данных и остатках фауны жесткокрылых, показали, что $T_{VII}=15-16^{\circ}\text{C}$ (Litt, 1994) при минимальных возможных значениях 10°C (Aalbersberg, Litt, 1998; Walking, Coore, 1996). Средняя температура января не опускалась ниже -13°C . Ряд исследователей отмечает, что климатические условия интерстадиала *оддераде* были более холодными, чем условия более раннего интерстадиала *бреруп* (Menke, Tynni, 1984; Behre, 1989; Litt, 1994; Caspers, Freund, 2001),

Глава 8. Реконструкция изменений растительности и климата в позднеледниковье и голоцене

8.1. Изменения растительности и климата на переходном этапе от оледенения к межледниковью (14700-10500 кал. л.н, позднеледниковье - пребореал.)

8.1.1. Интерстадиал *беллинг/аллерёд*. Изменения соотношения основных компонентов спорово-пыльцевых спектров, соответствующие временному интервалу 14700 – 12900 кал. л.н., из разрезов в Германии и Польше, в том числе изученного нами озера Зальцигер в Средней Саксонии, свидетельствуют о распространении сосновых и березово-сосновых лесов в западной части изученного субширотного трансекта (рис.6). На Восточно-Европейской равнине, в центральной части трансекта (страны Балтии и Беларусь) структура растительного покрова *аллерёда* сохраняла элементы перигляциальной растительности (Зеликсон, 1994; Seppa, Poska, 2004; Stančikaite et al., 2004; 2008; 2009; Зерницкая и др., 2005; Zernitskaya, Michailov, 2009; Makhnach et al., 2004). Как показывают полученные палинологические данные, растительный покров территории в восточных районах трансекта в *аллерёде* (см рис.6) включал в себя еловые и сосново-березовые редколесья, кустарниковые сообщества наряду с перигляциально-степными и луговыми ассоциациями (Khotinsky, Klimanov, 1997; Зеликсон, 1994; Kremenski et al., 2000; Wohlfarth et al., 2006, 2007; Novenko et al., 2009).

Климатические реконструкции для территории Центральной Европы, полученные различными методами, показали что июльские температуры могли быть в пределах $14-17^{\circ}\text{C}$ (Beug, 1976; Balaga, 1990; Bos, 1998; Walker et al., 1998; van Asch, 2012). Средняя температура января не поднималась выше -2°C , хотя могла быть значительно ниже (Bos, 1998).

Выполненные реконструкции палеотемператур аналоговым методом для Восточно-Европейской равнины выявили $T_I=-12^{\circ}\text{C}$, $T_{VII}= 16^{\circ}\text{C}$, что на 2°C и 1°C ниже современных значений соответственно (Ольчев, Новенко, 2012). Однако ре-

зультаты реконструкции палеофлористическим методом для этой же территории показали более низкие температурные характеристики для *аллерёда*: $T_I = -17 \dots -19^\circ\text{C}$, а $T_{VII} = 16-17^\circ\text{C}$ (Зеликсон, 1994; Борисова, 1994, 2008). Очевидно, отсутствие близких аналогов перигляциальных сообществ в современной растительности приводит к завышению зимних температур при реконструкции на основе статистических методов.

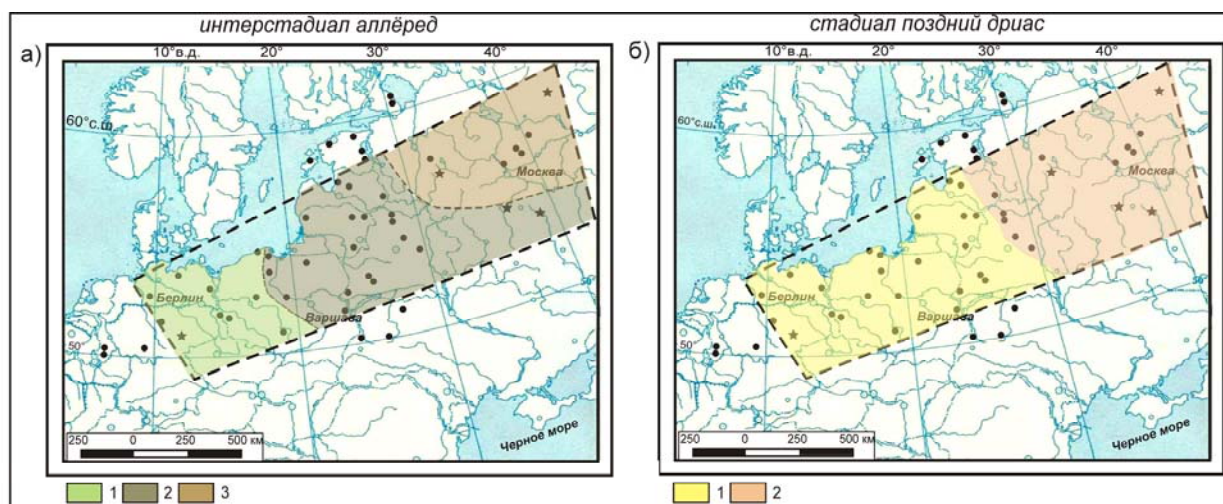


Рис. 6. Растительность позднеледниковья валдайского оледенения

а) **Интерстадиал *аллерёд***: 1 - Сосновые и березово-сосновые леса с участием ели и лиственницы; (2–3) - Комплексный растительный покров, включающий островные леса и редколесья, кустарниковые и перигляциально-степные сообщества: 2 – с сосновыми лесами с елью, 3 - с еловыми лесами.

б) **Стадиал *поздний дриас***. Перигляциальная лесостепь: 1 – с березовыми редколесьями, 2 – с сосново-елово-березовыми редколесьями.

8.1.2. Стадиал *поздний дриас*. Холодная фаза *позднего дриаса* (12900-11700 кал. л.н.) проявляется на спорово-пыльцевых диаграммах на всей рассматриваемой территории резким увеличением доли кустарников и травянистых растений: в западном секторе преимущественно за счет пыльцы полыней, осок и злаков, а в восточном секторе также существенную долю в спектрах составляет пыльца маревых. В эту холодную стадию в растительности на всей территории Европы ведущую роль снова стали играть перигляциальные формации, близкие по структуре к растительному покрову ледниковой эпохи (Гричук, 1982). Реконструкции летних температур *позднего дриаса* для северо-запада Европы, полученные методом индикаторных видов, показали, что средняя температура июля не опускалась ниже 13°C , и, возможно, была около 16°C (Isarin, Bohncke, 1999). Реконструкции по данным

изучения хирономид выявили снижение температур в летний период на востоке Германии до 11°C (van Asch, 2012). Оценки зимних температур для северо-западной части Европы, основанные на изучении фауны жесткокрылых (Atkinson et al., 1987) и следов перигляциальных явлений в отложениях позднего дриаса (Isarin, 1997), указывают на глубокое похолодание, когда средняя температура января могла быть -21°C и даже ниже.

Согласно палеоклиматическим реконструкциям, полученным различными методами для территории Восточно-Европейской равнины, похолодание позднего дриаса проявилось в снижении январских температур до -16...-18°C, и летних до 14-16°C, что на 6–8°C и 2-4°C ниже современных значений соответственно (Климанов, 1996; Величко и др., 2001; Борисова, 2008; Velichko et al., 2002; Borisova et al., 2006)

8.1.3. Начальная фаза голоцена. Пребореал. В спорово-пыльцевых спектрах пребореального периода голоцена (11700-10700 кал. л.н.) из разрезов в Западной и Восточной Европе начало голоцена маркируется резким увеличением содержания пыльцы древесных пород, преимущественно за счет увеличения доли сосны и березы, при этом участие трав и растений открытых местообитаний понижается. Несмотря на очень близкий состав пыльцевых спектров, в растительности Центральной и Восточной Европы проявляется секторная дифференциация. В составе лесных сообществ в западной части трансекта уже в начале пребореала появился вяз, а в конце фазы дуб, ольха и орешник (Litt et al., 2001; de Klerk, 2008). В разрезах Латвии пыльца *Corylus* и *Ulmus* отмечена в спектрах, начиная с 11000 кал. л.н., а пыльца *Alnus*, *Quercus* и *Fraxinus* становится постоянным компонентом спорово-пыльцевых спектров с 10100 кал. л.н. (Heikkilä et al., 2009). В то же время в восточных районах в составе растительности сохранялись элементы перигляциальной флоры. В спектрах отмечена пыльца *Betula nana*, *Kochia prostrata* и *Selaginella selaginoides* (Хотинский, 1977). Единичные зерна пыльцы широколиственных пород появились в спектрах из разрезов Восточно-Европейской равнины только после 10700 кал. л.н.

Гляциологические, палинологические и изотопно-геохимические исследования разрезов континентальных и морских отложений в Северной и Западной Европе, выполненные с высоким временным разрешением (Björck et al., 1996; Amman, Lotter, 1989; Lotter et al., 1992; Bos et al., 2007; Суббето и др., 2003), а также изме-

нения изотопно-кислородного состава ледяных кернов в Гренландии (Thomas et al., 2007), свидетельствуют о фазах похолодания внутри пребореального периода. Первое похолодание, получившее название «пребореальная осцилляция» реконструировано для интервала 11300–11150 кал. л.н. Второе похолодание, так называемое «событие 10200 кал. л.н.», имело место на рубеже пребореального и бореального периодов голоцена. В восточном секторе наших исследований в разрезе Половецко-Купанского болота пребореал разделяется на 2 фазы – потепление в начале, получившее название «половецкое потепление», и похолодание во второй половине, так называемое «переславское похолодание» по Н.А. Хотинскому (1977).

8.1.4. Сопоставление изменений растительности и климата на переходном этапе от вислинского/валдайского оледенения к голоцену с соответствующим этапом перехода от среднеледниковой оледенения к эемскому/микулинскому межледниковью. Полученные данные позволили выявить сходство динамики природной среды этих двух интервалов. Так, позднеледниковье, предшествующее эемскому (микулинскому) межледниковью, так же как позднеледниковье валдайского оледенения, включало две основные фазы. Ранняя фаза (интерстадиал *цайфен*) характеризовалась потеплением и распространением бореальной растительности, сходной с растительностью в течение интерстадиала *бёллинг-аллерёд*. Поздняя фаза (стадиал *каттегат*) соответствует похолоданию *поздний дриас* и по характеру растительности имеет много общего этой с холодной стадией. Быстрое потепление в начале эемского/микулинского межледниковья, так же как и в начале пребореального периода голоцена, послужило импульсом к распространению сосново-березовых и березовых лесов с небольшим участием широколиственных пород в западных районах.

Выявленное сходство ландшафтной структуры в Центральной и Восточной Европе в течение двух рассмотренных переходных этапов от оледенения к межледниковью и, возможно, близкая длительность основных фаз дают нам основания предположить подобие климатических характеристик этих интервалов и скоростей их изменений. Тем не менее, короткопериодные климатические флуктуации в позднеледниковье валдайского оледенения, возможно, были значительно более резко выражены, чем соответствующие флуктуации в позднеледниковье московского оледенения.

8.2. Изменения растительности и климата при потеплении климата в раннем голоцене и в период климатического оптимума

8.2.1. Временной интервал 10500-8000 кал. л.н. (бореальный период и начало атлантического периода голоцена). Как показывают рассмотренные палинологические данные, в период 10500-8800 кал. л.н. на территории Центральной Европы были распространены березово-сосновые и дубово-сосновые леса с участием вяза и густым подлеском из лещины. Начиная с 10500 кал. л.н., в спектрах из разрезов на территории современной Германии, Польши и стран Балтии (Jahns, 2000, 2006; Bos, Urz, 2003; Galka et al., 2013; Lamentowicz et al., 2008; Heikillä, Seppä, 2004; Seppä, Poska, 2004) увеличивается доля пыльцы сосны (до 40-50%), а также заметно участие дуба и вяза. Характерной чертой пыльцевых диаграмм является максимум пыльцы лещины в период 10500-8000 кал. л.н. Исследования Т. Гизике с соавт., основанные на большом фактическом материале (Giesecke et al., 2011), показали, что кульминация содержания пыльцы лещины в раннем голоцене происходит почти синхронно на обширной территории Западной и Центральной Европы. В восточной части трансекта проявлялось некоторое запаздывание в распространении широколиственных формаций. В Беларуси увеличение доли пыльцы широколиственных пород и лещины характерно для слоев, имеющих возраст около 8500 кал. л.н. На территории стран Балтии подъем кривых дуба и вяза на пыльцевых диаграммах соответствует возрасту 8500-8000 кал. л.н., а в центральной России - около 8000 кал. л.н.

В восточном секторе рассматриваемого нами субширотного трансекта участие пыльцы широколиственных пород и лещины в спектрах отложений раннего голоцена сокращается. Согласно палинологическим данным по разрезам из центральных районов Восточно-Европейской равнины, обширные территории были покрыты и сосново-березовыми редколесьями (Хотинский, 1977; Величко и др., 2001; Khotinski, Kilmanov, 1997; Kremensky et al., 2000; Wohlfarth et al., 2006, 2007; Novenko et al., 2009). Южнее, на Среднерусской возвышенности были распространены сосново-березовые леса с небольшим участием широколиственных пород (Новенко и др, 2014). Реконструкции площадей, занятых лесными сообществами, по данным разрезов болота Старосельский мох, Галичского озера и болота Клюква показали, что лесистость в центре Европейской части России составляла 30-40%, и

только на юге современной лесной зоны древесная растительность занимала большую часть территории.

Климатические реконструкции для Центральной Европы указывают на достаточно высокую теплообеспеченность в течение бореального периода: $T_I = -2^\circ\text{C}$, $T_{VII} = 17-19^\circ\text{C}$ (Zagwijn, 1993; Coore, 1998). Быстрое потепление и относительно теплые климатические условия в бореале выявлены и для побережья Балтийского моря. Так, например, в Латвии летние температуры около 10000 кал. л.н. были на 1°C ниже современных значений (около 17°C), но уже к 9000 превышали их на 0.5°C (Heikkilä, Seppä, 2010).

Климатические реконструкции аналоговым методом, основанные на данных спорово-пыльцевого анализа изученных нами разрезов на территории Восточно-Европейской равнины, показывают, что средние годовые температуры были ниже современных значений в период 7900-10100 кал. л.н. и изменялись от -1 до 2°C (рис.7). Это хорошо согласуется с реконструкциями А.А. Величко с соавторами (Velichko et al., 1997) и Н.А. Хотинского и В.А. Климанова (Khotinski, Kilmanov, 1997), полученными информационно-статистическим методом.

Реконструкции палеотемператур по данным разрезов ключевых участков позволили выделить два хорошо выраженных кратковременных похолодания 9100-9300 кал. л.н. и 8100-8500 кал. л.н. Более позднее похолодание может быть уверенно сопоставлено с так называемым «событием 8200 кал. л.н.», которое широко прослеживается по многочисленным климатическим реконструкциям (Alley et al., 1997; Korhola et al., 2000; Rosén et al., 2001; Seppä, Birks, 2001, Seppä, Poska, 2004; Antonsson et al., 2006; Allen et al., 2007; Thomas et al., 2007 и др.).

Согласно результатам наших исследований среднегодовая температура в период 8100-8500 кал. л.н. понизилась на $2-3^\circ\text{C}$ в бассейне Верхней Волги и на Валдайской возвышенности и на 1°C в бассейне Верхней Оки.

Согласно выполненным реконструкциям, в период до 9500 кал. л.н. среднегодовое количество осадков было меньше современных значений в бассейне Верхней Волги и на Валдае, но превышало их на северо-западе Среднерусской возвышенности. Увеличение количества осадков на всей территории центральных районов Европейской части России реконструировано для периода 9100-8000 кал. л.н.

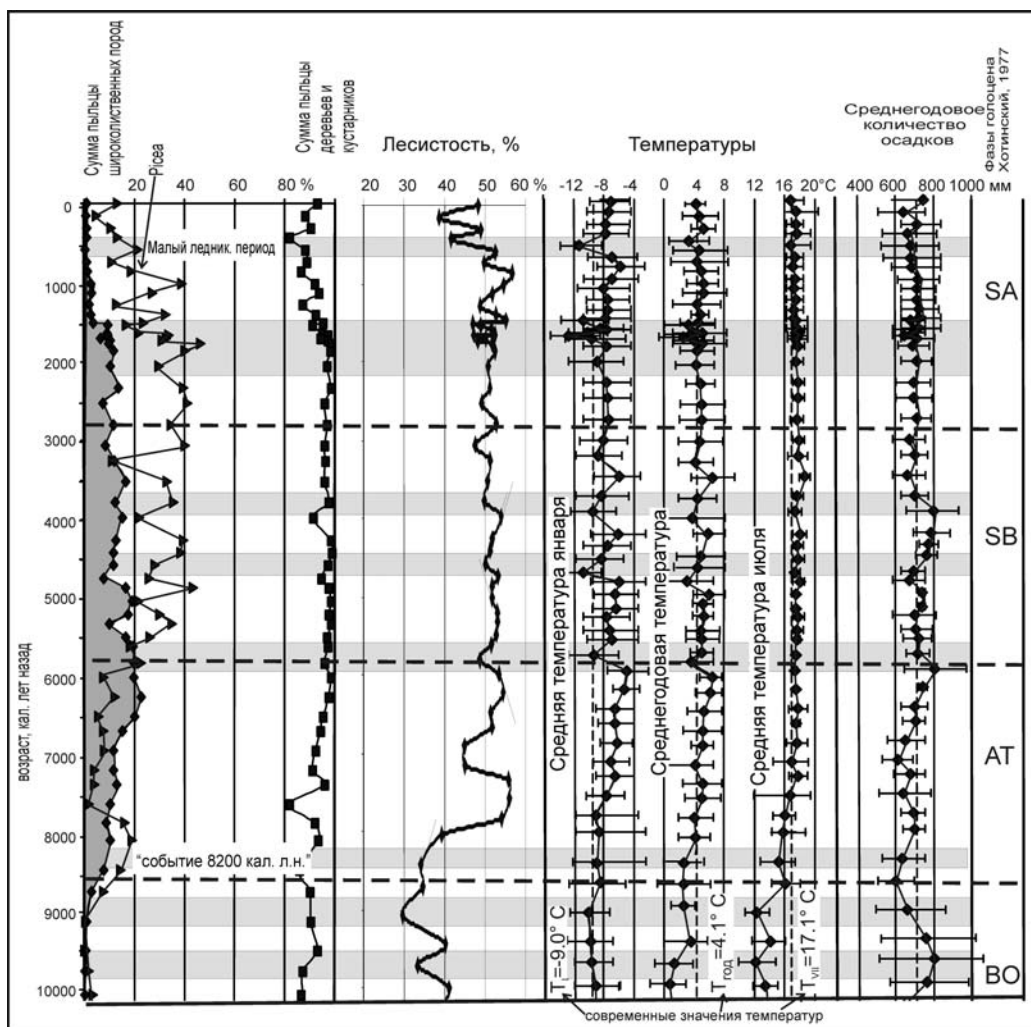


Рис.7. Реконструкция изменений климатических характеристик и лесистости для территории Центрально-лесного заповедника по палинологическим данным болота Старосельский мох

8.2.2. Временной интервал 8000-5700 кал. л.н. (средняя и поздняя фаза атлантического периода голоцена). Рассмотренные палинологические данные позволяют сделать вывод, что в среднем голоцене (в интервале 8000-5700 кал. л.н.) в Центральной и Восточной Европе существовала единая зона широколиственных лесов, образованных дубом с участием вяза и липы (рис.8).

Рассматривая опубликованные данные о палеоклиматических условиях периода 8000-5700 кал. л.н., как в глобальном масштабе (Guiot et al., 1993, 1999; Cheddadi et al., 1997; Peyron et al., 1998; Tarasov et al. 1999; Davis et al., 2003, Mayewski et al., 2004 и другие публикации), так и на региональном уровне (Korhola et al., 2000; Heikkila, Seppä, 2003; Seppä, Poska, 2004; Antonsson, Seppä, 2007; Kühl et al., 2010), можно сделать вывод о четко выраженном максимуме теплообеспе-

ченности климата в Европе, который по данным наших исследований в Центральной и Восточной Европе в пределах субширотного трансекта наиболее ярко проявился в восточных районах.

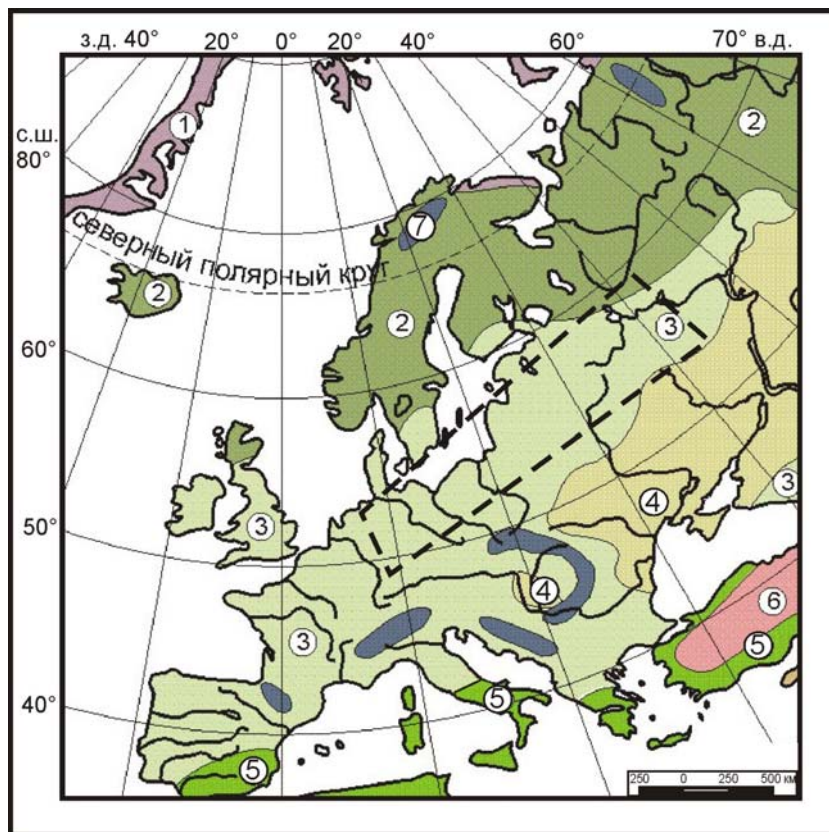


Рис. 8. Растительность Европы в оптимум голоцена (фрагмент карты реконструкции растительности оптимума голоцена Северного полушария, по Новенко, 2009)

Цифрами в кружках обозначены типы растительности: 1 – тундра, 2 – тайга, 3 – смешанные и широколиственные леса, 4 – степь, 5 – средиземноморский тип растительности, 6 – горные кустарники, 7 – области высотной поясности.

Согласно полученным данным, летние и зимние температуры на территории Германии и на западе Польши были близки к современным ($T_I = -1 \dots 0^\circ\text{C}$; $T_{VII} = 19^\circ\text{C}$). В Скандинавии и странах Балтии в период 8000–4800 кал. л.н. годовые температуры превышали современные значения в среднем на 2°C . (Seppä et al., 2009), Для территории Беларуси и центральных районов Европейской части России реконструировано превышение среднегодовых температур на $2\text{--}4^\circ\text{C}$ по сравнению с современными значениями, а также существенный рост зимних температур (Ольчев, Новенко, 2012; Зерницкая, Новенко, 2013; Новенко и др., 2014).

Согласно реконструкции среднего отклонения годовой суммы осадков от современных значений для Северного полушария для хроносреза примерно 6800-6300 кал. л.н. (6000-5500 ¹⁴С л.н.), полученной А.А. Величко с соавт. (Величко и др., 2009) при помощи информационно-статистического метода, на территории Центральной Европы среднегодовое количество осадков было близко к современным показателям, а на территории Восточной Европы в пределах рассматриваемого трансекта было характерно сокращение осадков на 25 мм в год.

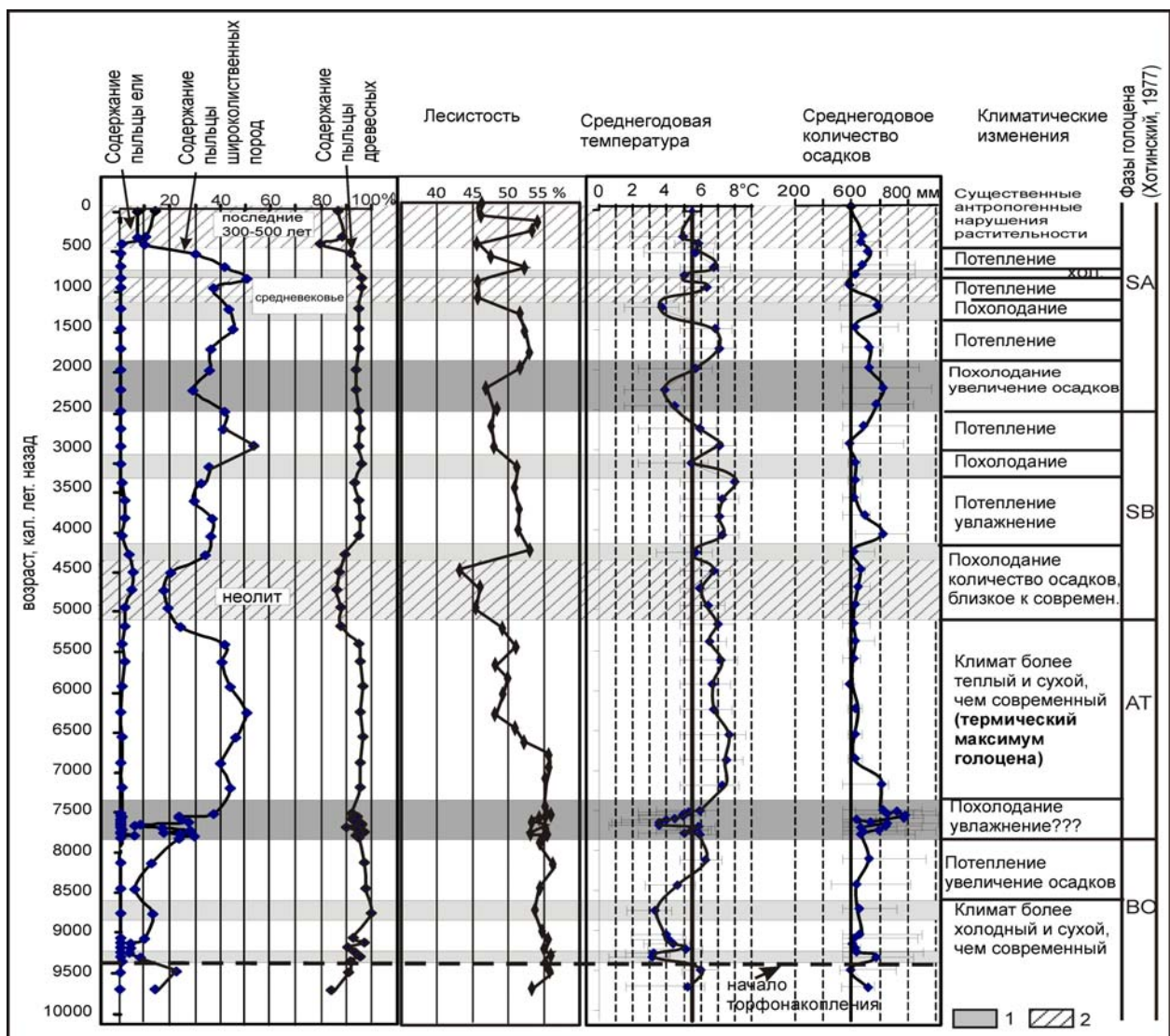


Рис.9. Реконструкция изменений климатических характеристик и лесистости для северо-запада Среднерусской возвышенности по палинологическим данным болота Клюква

Условные обозначения: 1 – периоды похолодания, 2 – периоды антропогенных нарушений растительности.

Аналогичные результаты были получены для этой же территории Ж. Гуйо с соавт. (Guiot et al. 1993) при реконструкции годового количества осадков аналоговым методом. Полученные нами характеристики изменений увлажнения климата по разрезам на территории Восточно-Европейской равнины показали, что годовое количество осадков в северной части Беларуси и на северо-западе Среднерусской возвышенности было близким к современному (рис.9), что при повышении летних температур, возможно, могло приводить к иссушению климата за счет увеличения испарения. На юге Валдайской возвышенности в период 7500-6800 кал. л.н. осадков в год выпадало на 50-75 мм меньше, чем сейчас, а в период 6800-6100 кал. л.н. условия увлажнения были близки к современным (см. рис.7).

8.3. Ландшафтно-климатические изменения при похолодании климата: временной интервал 5700 кал. л.н. – настоящее время (суббореальный и субатлантический периоды голоцена)

8.3.1. Изменения растительности. Роль антропогенного фактора в динамике растительного покрова в течение постоптимальных фаз голоцена. В период 5700-4000 кал. л.н. в Центральной Европе сохранялись широколиственные леса из дуба, липы, вяза и дубово-сосновые леса. Начиная с примерно 3900 кал. л.н. в западной части рассматриваемого субширотного трансекта, на территории Германии и Польши до междуречья Варты и Вислы, начинают распространяться буковые леса. В распространении буковых лесов отмечается запаздывание в направлении с запада на восток. Так, в западной и центральной Германии, в бассейнах Рейна, Везера и Заале подъем кривой бука относится ко времени около 3700-3900 кал. л.н., но уже на востоке Германии в бассейнах Эльбы и Одера и в западной Польше бук становится основной лесобразующей породой только около 2800-2600 кал. л.н (Behre, Kuřan 1994; Jahns, 2000; Lamentowicz et al., 2008, Galka et al., 2012). В спорово-пыльцевых спектрах из разрезов на территории Германии, за исключением наиболее западных районов, практически одновременно с подъемом кривой бука происходит увеличение участия пыльцы граба.

На фоне направленных смен растительных сообществ, связанных с экспансией граба и бука на территории Центральной Европы, происходили существенные изменения растительного покрова, обусловленные климатическими колебаниями и нарушениями растительности в результате хозяйственной деятельности человека. Для фаз похолодания климата было характерно сокращение доли широколиствен-

ных пород и распространение сосны и березы. При потеплении климата буковые, грабово-буковые и дубово-грабовые леса восстанавливали свои позиции.

Относительно мягкий климат и плодородные почвы Центральной Европы делали эту территорию привлекательной для жизни населения. Например, в южных районах Германии и Польши первые постоянные поселения появились в среднем голоцене, и в дальнейшем человек уже не покидал эти территории (Kalis et al., 2003; Ralska-Jasiewiczowa et al., 2003). Вследствие этого растительный покров находился под постоянным антропогенным прессом на протяжении всей второй половины голоцена, который усиливался по мере роста плотности населения. Начиная примерно с рубежа 1200 кал. л.н. на спорово-пыльцевых диаграммах из практически всех разрезов на территории Центральной Европы отмечается резкое падение участия в спектрах пыльцы широколиственных пород, увеличение доли пыльцы сосны, березы и травянистых растений, рост содержания пыльцы культурных злаков и видов - антропогенных индикаторов.

В восточной части рассматриваемого в работе субширотного трансекта, на территории современной лесной зоны в центре Восточно-Европейской равнины в течение периода 5700-4000 кал. л.н. роль широколиственных пород в лесных формациях оставалась достаточно высокой, о чем свидетельствуют как палинологические материалы по изученным нами разрезам (рис. 10), так и опубликованные данные (Величко и др., 2001; Климанов и др., 1995; Клименко, Климанов, 2003; Kremenetski et al., 2000; 2003). В то же время увеличение содержания пыльцы ели в спектрах из разрезов на Валдайской возвышенности и в бассейне Верхней Волги отражает активную экспансию ели - «верхний максимум ели» по Н.А. Хотинскому (1977). В Верхнем Поволжье, как показывают данные по разрезам Половецко-Купанского болота (Khotinsky, Klimanov, 1997) и Галичского озера (Величко и др., 2001), деградация широколиственных сообществ в период 5700-4000 кал. л.н. была значительной, господствующими растительными формациями в этих районах стали южнотаежные ельники.

Южнее, на Смоленско-Московской возвышенности (например, разрез оз. Долгое, Kremenetski et al., 2000) и в бассейне Верхней Оки (разрез болота Клюква) сохранялись широколиственные леса из дуба, вяза и липы и с густым подлеском из лещины (см. рис.10).

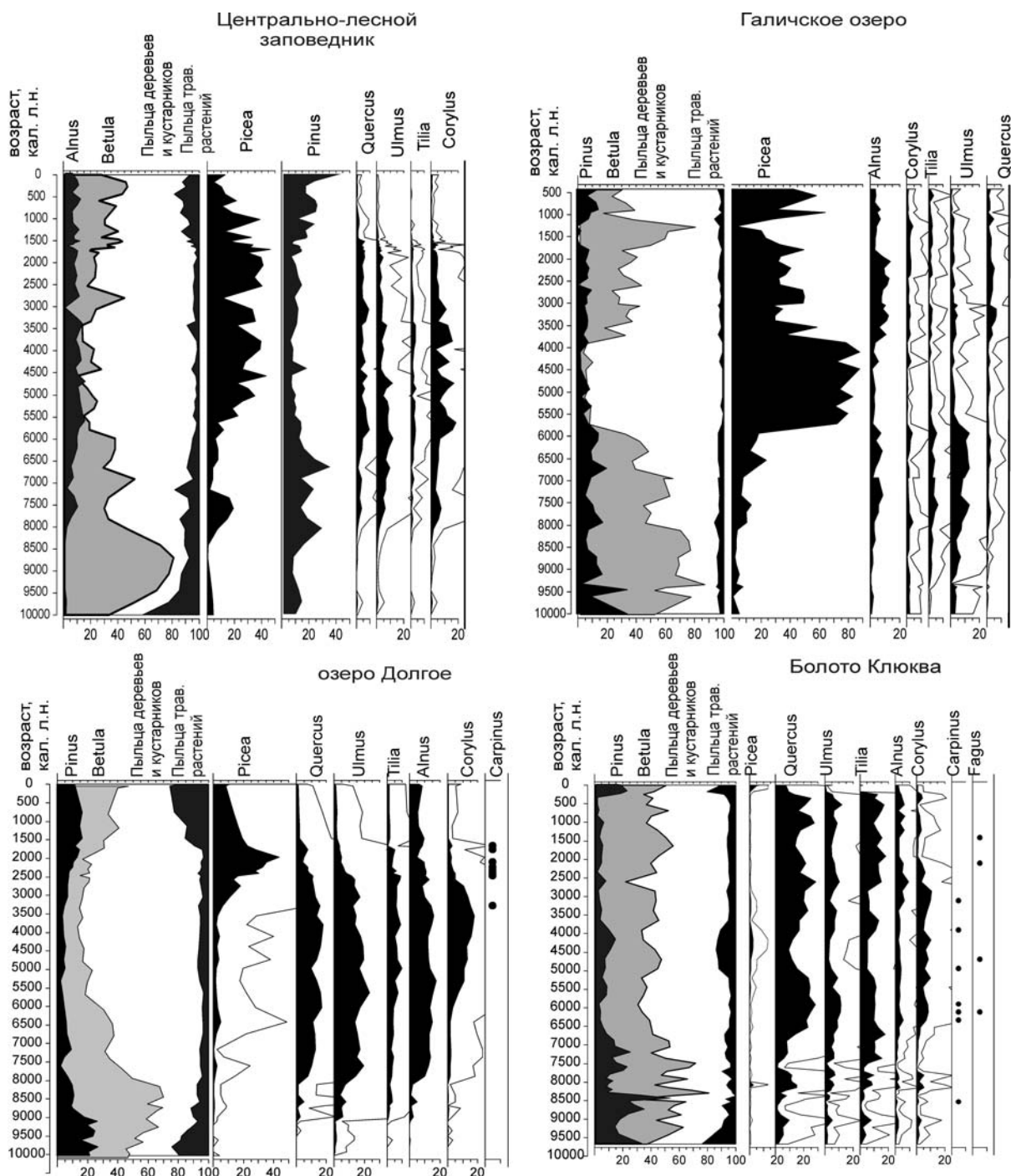


Рис. 10. Изменения содержания пыльцы основных лесобразующих пород на спорово-пыльцевых диаграммах разрезов Восточно-Европейской равнины (диаграмма разреза оз. Долгое построена по материалам О.К.Борисовой, К.В. Кременецкого и Э.М. Зеликсон)

Существенные изменения растительности выявлены в интервале 4000-3000 кал. л.н. и связаны с сокращением доли пыльцы ели и увеличением содержания широколиственных пород (липы, дуба и вяза) и березы. После 3000 кал. л.н. еловые леса восстановили свои позиции на Валдае и в Верхнем Поволжье и начали про-

двигаться к югу. Хорошо выраженный максимум пыльцы ели (до 50%) и резкое падение участия пыльцы дуба, вяза и орешника на диаграмме оз. Долгое, расположенного на Смоленско-Московской возвышенности в Московской области, относится к временному интервалу 2600-1800 кал. л.н. (Kremenetski et al., 2000).

В течение последних двух тысячелетий еловые и елово-широколиственные формации в центре Европейской части России постепенно были замещены вторичными березово-сосновыми лесами, при этом переломным этапом во взаимоотношениях человека и окружающей среды в лесной зоне Восточно-Европейской равнины был XVII век. Участие пыльцы ели в спектрах заметно сократилось, содержание пыльцы широколиственных пород упало до нескольких процентов, при этом, доля пыльцы сосны, березы и травянистых растений увеличилось. Реконструкции лесистости аналоговым методом на ключевых участках показали существенное сокращение доли лесопокрытой площади в изученных регионах. На юге современной лесной зоны, в бассейне Верхней Оки широколиственные и сосново-широколиственные леса сохранялись вплоть до последних нескольких столетий, хотя также испытывали влияние рубок и пожаров (Новенко и др., 2014).

8.3.2. Изменения климата постоптимальных фаз голоцена. Палеоклиматические реконструкции с использованием различных природных архивов, не только в Европе, но и в других регионах мира, убедительно демонстрируют, что после 5700-5500 кал. л.н. глобальное потепление термического максимума голоцена сменилось похолоданием (Хотинский, 1977; Климанов, 1996, Климанов и др., 1995; Борисова, 2014; Seppä, Birks, 2002; Davis et al., 2003; Wanner et al., 2008), причиной которого, очевидно, явилось сокращение прихода солнечной радиации в летний период (Berger, 1978; Wright et al., 1993).

Выполненные реконструкции основных климатических показателей различными методами и анализ имеющихся литературных данных показывают в целом синхронные колебания температур и осадков во вторую половину голоцена вдоль субширотного трансекта в Центральной и Восточной Европе. Расхождения во времени начала и конца теплых и холодных фаз в различных районах трансекта составляют 100-200 лет, что находится в пределах допустимой погрешности радиоуглеродных дат и также может быть связано с неточностями построения моделей возраст/глубина для конкретных разрезов, по которым проводились реконструкции. Полученные реконструкции показали, что на фоне общего тренда к похолода-

нию климата происходили четко выраженные потепления и похолодания второго порядка. Похолодания климата соответствуют временным интервалам 5700-5000, 4500-3800, 2700-2100 и 1500-1000 кал. л.н., амплитуды изменений среднегодовых и зимних температур составляли 1-2 °С. Во всех рассмотренных палеоклиматических реконструкциях четко выделяется похолодание Малого ледникового периода (650-150 кал. л.н.), когда все температурные показатели понизились на 3°С. За исключением периода 2700-2100 кал. л.н., снижение теплообеспеченности происходило одновременно с увеличением среднегодового количества осадков, как в Центральной, так и в Восточной Европе.

8.4. Этапы резких климатических изменений в голоцене. Сопоставление динамики климата в постоптимальные фазы земского/микулинского межледниковья и голоцена. В разделе проводится сопоставление полученных климатических реконструкций для субширотного трансекта с этапами резких климатических изменений (ЭРКИ), выделенными по многочисленным палеоклиматическим реконструкциям для голоцена, как в Европе, так и в других регионах мира (Mayewski et al. 2004). Установлено сходство выявленных фаз с ЭРКИ, относящимися к 9000–8000, 6000–5000, 4200–3800, 3500–2500, 1200–1000 и 600–150 кал. л.н. Проведено сопоставление климатических изменений в постоптимальные фазы земского/микулинского межледниковья и голоцена, выявлено наличие схожих закономерностей.

Выводы

По результатам исследований были получены следующие выводы:

1. Полученные данные показали, что направленность и последовательность изменений растительности и климата Центральной и Восточной Европы в двух теплых интервалах климатических макроциклов (в земское/микулинское межледниковье и в голоцене) обладают высокой степенью сходства. Внутри межледниковий четко выделяются три основных этапа: (1) становление и развитие лесных сообществ в условиях быстрого потепления ранних фаз межледниковья, включающего серию осцилляций. (2) относительно короткий период климатического оптимума, характеризующийся стабильными климатическими условиями и повсеместным распространением широколиственных и смешанных лесов, (3) длительное похолодание, осложненное этапами резких климатических изменений, в течение которого происходила смена неморальных лесных сообществ бореальными.

2. Сопоставление изменений растительности и климата двух переходных этапов климатических макроциклов от оледенения к межледниковью показало сходство динамики природной среды этих двух интервалов. Согласно полученным данным, позднеледниковье, предшествующее эемскому/микулинскому межледниковью, так же как позднеледниковье валдайского оледенения, включало две основные фазы: раннюю относительно теплую фазу (интерстадиал *цайфен*) и похолодание, предшествующее началу межледниковья (стадиал *каттегат*). Климатические реконструкции позднеледниковья валдайского оледенения свидетельствуют о короткопериодных (длительностью от нескольких сотен до тысячи лет) и резких климатических колебаниях, когда амплитуды температур между стадиями потепления и похолодания в пределах субширотного трансекта достигали 3–7°C. Выявленное сходство ландшафтной структуры территории Центральной и Восточной Европы в течение двух рассмотренных переходных этапов от оледенения к межледниковью и, возможно, близкая длительность основных фаз дают нам основания предположить некоторое подобие климатических характеристик этих интервалов и скоростей их изменений, однако амплитуды климатических флуктуаций в позднеледниковье последнего оледенения, возможно, были значительно выше, чем на переходном этапе к эемскому/микулинскому межледниковью.

3. Для постоптимальных фаз межледниковий (для эемского/микулинского межледниковья – это биостратиграфическая зона E6 *Pinus-Picea-Abies* - M7 *Picea*, а для голоцена - суббореальный и субатлантический периоды, 5700 кал. л.н. – настоящее время) установлено, что на фоне направленного снижения температуры и роста увлажнения в среднеширотной области Европы происходили более или менее отчетливо выраженные климатические колебания второго и третьего порядков. На границах таких климатических фаз достигались наибольшие естественные скорости изменений климата внутри межледниковых эпох.

4. Согласно климатическим реконструкциям, в течение финальной фазы эемского/микулинского межледниковья (биостратиграфическая зона M8 *Pinus-Picea-Betula* - E7 *Pinus*) интенсивность понижения температуры возросла на порядок по сравнению с предыдущей фазой межледниковья (зоной ели), при этом на фоне общего тренда к похолоданию выявлены отчетливые колебания климата второго порядка.

5. Рассмотренные данные о динамике растительности и климата ранневислинской/ранневалдайской ледниковой эпохи позволили сделать заключение, что раннеледниковье – это длительная (около 40 тыс. лет, около 1/3 позднеплейстоценового макроцикла), сложно построенная эпоха перестройки природной среды от межледниковья к плингициалу, для которой были характерны деградация лесных сообществ и становление перигляциальной растительности, постепенное нарастание похолодания климата и увеличение степени его континентальности, усиление широтного и меридионального градиента изменений температур и осадков. В течение раннеледниковья прослеживаются колебания второго, третьего и более высоких порядков, для которых была свойственна та же асимметричная форма, что и для макроциклов в целом: быстрое потепление, термический максимум, более длительное похолодание, термический минимум. Согласно климатическим реконструкциям, скорости изменений растительности и климата в течение раннеледниковья были существенно ниже, чем в предшествующую фазу межледниковья (фаза сосны E7/M8).

7. Среди факторов, определяющих изменение растительности в Центральной и Восточной Европе в голоцене, одним из наиболее важных является хозяйственная деятельность человека. Однако степень нарушенности растительного покрова была различна в западном и восточном секторе наших исследований. В Центральной Европе значительные трансформации растительности вследствие действия антропогенного фактора прослеживаются, начиная примерно с 5000 кал. л.н., а в лесной зоне Восточно-Европейской равнины - с 3000-2500 кал. л.н. Переломным этапом во взаимоотношениях человека и окружающей среды был XVII век. В течение последних столетий естественные растительные сообщества постепенно были уничтожены на больших территориях, и их место заняли вторичные леса и сельскохозяйственные угодья.

Список основных работ, опубликованных по теме диссертации

Монография:

Динамика лесных экосистем юга Валдайской возвышенности в позднем плейстоцене и голоцене / Под ред. Е.Ю. Новенко. – М.: ГЕОС, 2011. – 112 стр. – Коллективная монография, доля автора - 60%.

Статьи в журналах, рекомендованных ВАК

1. Величко А.А., Куренкова Е.И., Грибченко Ю.Н., Новенко Е.Ю., Корниец Н.Л. Палеогеография первоначального освоения первобытным человеком Восточно-Европейской равнины // Изв. РАН, сер.геогр., 2001. – №4. – С.14-22.

2. Величко А.А., Кременецкий К.В., Негеданк Й, Минграм Й, Борисова О.К., Грибченко Ю.Н., Зеликсон Э.М., Климанов В.А., Новенко Е.Ю., Пирумова Л.Г., Писарева В.В., Разумовский Л.В., Тимирева С.Н. Позднечетвертичная история окружающей среды северо-восточной области Европы (Костромское Заволжье) по данным комплексного изучения осадков Галичского озера // Изв. РАН, сер. геогр., 2001. – № 3. – С. 42-54.
3. Величко А.А., Новенко Е. Ю., Зеликсон Э.М., Писарева В.В., Космакова А.В., Бёттгер Т.В., Юнге Ф.В. Природные условия микулинского (эемского межледниковья в Центральной и Восточной Европе. Сравнительный анализ // Изв. РАН, сер. геогр., 2004. – № 5. – С. 41-57.
4. Новенко Е.Ю., Зюганова И.С., Козлов Д.Н. Эволюция растительного покрова в позднем плейстоцене на территории Центрально-лесного заповедника // Изв. РАН, сер. геогр., 2008. – № 1. – С. 87-99.
5. Новенко Е.Ю. Применение анализа ископаемой флоры для реконструкции растительности поздневалдайской ледниковой эпохи // Изв. РАН, сер. геогр., 2008. – № 4. – С. 52-59.
6. Новенко Е.Ю., Носова М.Б., Красноуцкая К.В. Особенности поверхностных спорово-пыльцевых спектров южной тайги Восточно-Европейской равнины // Известия ТулГУ. Естественные науки, 2011. – Вып. 2. – С. 345-354.
7. Ольчев А.В., Новенко Е.Ю. Испарение лесных экосистем центральных районов Европейской территории России в голоцене // Математическая биология и биоинформатика, 2012. – Т. 7. – № 1. – С. 284–298.
8. Новенко Е.Ю., Еремеева А.П. Реконструкция антропогенных нарушений растительности на юге Валдайской возвышенности в голоцене // Вестник Московского университета. Серия 5: география, 2013. – №5. – С. 19-24.
9. Новенко Е.Ю., Гласко М.П., Волкова Е.М., Зюганова И.С. Динамика ландшафтов и климата бассейна Верхнего Дона в среднем и позднем голоцене // Изв. РАН, сер. геогр., 2013. – № 2. – С. 68-82.
10. Носова М.Б., Новенко Е.Ю., Зерницкая В.П., Дюжова К.В. Палинологическая индикация антропогенных изменений растительности восточно-европейских хвойно - широколиственных лесов в позднем голоцене // Изв. РАН, сер. геогр., 2014. – № 4. – С. 35-43.
11. Новенко Е.Ю., Зюганова И.С., Ольчев А.В. Применение метода палеоаналогов для прогноза динамики растительности при изменениях климата. Доклады Академии наук, 2014. – Т. 457. – № 1. – С. 117-121.
12. Новенко Е.Ю., Руденко О.В., Волкова Е.М., Зюганова И.С. Динамика растительности национального парка «Орловское полесье» в позднем голоцене // Ученые записки Орловского государственного университета. Серия "Естественные, технические и медицинские науки", 2014. - №3(59). - С.302-310.
13. Борисова О.К., Новенко Е.Ю. Изменения растительности и климата в предмикулинское позднеледниковье (реконструкция по палинологическим данным) // Вестник Московского университета. Серия 5: география, 2014. – №5. С. 30-35.
14. Новенко Е.Ю., Цыганов А.Н., Волкова Е.М., Бабешко К.В., Мазей Ю.А. Динамика ландшафтов и климата на северо-западе Среднерусской возвышен-

- ности в голоцене // Вестник Московского университета. Серия 5: география, 2014. – №6. С. 24-31.
15. Новенко Е.Ю., Чепурная А.А. База данных спорово-пыльцевых спектров территории России и сопредельных стран как инструмент палеоэкологических исследований // Изв. РАН, сер. геогр., 2015. – № 1. – С. 119-128.
 16. Velichko, A., Novenko E., Pisareva V., Zelikson E., Boettger, T., Junge, F.W., Knetsch S. Vegetation and climate change during Eemian in Central and East Europe: comparative analysis // *Boreas*, 2005. – V. 34. – P. 207-219.
 17. Novenko E. Yu., Velichko, A.A, Zuganova I.S., Boettger, T., Junge, F.W. Dynamics of vegetation at the Late Pleistocene Glacial/Interglacial transition (new data from the center of the East European Plain) // *Polish Geological Institute Special Papers*, 2005. - V. 16. – P. 77-82.
 18. Novenko E.Yu. Late Valdai pollen flora from loess sediments in the central East-European Plain: Paleoenvironmental reconstruction. *Quaternary International*, 2006. – V. 152/153. – P. 146-152.
 19. Borisova O.K. Novenko E.Yu, Velichko A.A., Kremenetski, K.V. Junge F.W., Boettger T. Vegetation and climate changes during the Eemian and Early Weichselian in the Upper Volga region (Russia) // *Quaternary Science Reviews*, 2007. – V. 26. – P. 2574–2585.
 20. Novenko E.Yu., Seifert-Eulen M., Boettger T., Junge F.W. Eemian and Early Weichselian vegetation and climate history in Central Europe: A case study from the Klinge section (Lusatia, Eastern Germany) // *Review of Palaeobotany and Palynology*, 2008. – V. 151. – P. 72–78.
 21. Junge F.W., Novenko E., Seifert-Eulen M., Boettger T. Early Saalian landscape dynamics in the Saale-Elbe region (Profen opencast mine, Central Germany): fluvial sedimentation, vegetation history and geochemistry // *Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften*, 2008. – V. 159/2. – P. 221–235
 22. Novenko E. Yu., Glasko M.P., Burova O.V. Landscape-and-climate dynamics and land use in Late Holocene forest-steppe ecotone of East European Plain (upper Don River Basin case study) // *Quaternary International*, 2009. – V. 203. – P. 113–119.
 23. Novenko E.Yu., Volkova E.M., Nosova M.B., Zuganova I.S. Late Glacial and Holocene landscape dynamics in the southern taiga zone of East European Plain according to pollen and macrofossil records from the Central Forest State Reserve (Valdai Hills, Russia) // *Quaternary International*, 2009. – V. 207. – P. 93–103.
 24. Boettger T., Novenko E. Yu., Velichko A. A., Borisova O. K., Kremenetski K. V., Knetsch S., Junge F.W. Instability of climate and vegetation dynamics in Central and Eastern Europe during the final stage of the Last Interglacial (Eemian, Mikulino) and Early Glaciation // *Quaternary International*, 2009. – V. 207. – P. 137–144.
 25. Novenko E., Olchev A., Desherevskaya O., Zuganova I. Paleoclimatic reconstructions for the south of Valdai Hills (European Russia) as paleo-analogs of possible regional vegetation changes under global warming // *Environmental Research Letters*, 4 (2009) 045016.
 26. Binney H.A., Willis K.J., Edwards M.E., Bhagwat S.A., Anderson P.M., Andreev A.A., Blaauw M., Damblon F., Haesaerts P., Kienast F., Kremenetski K.V.,

- Krивоногов S.K., Lozhkin A.V., MacDonald G.M., Novenko E.Y., Oksanen P., Sapelko T.V., Välranta M., Vazhenina L. The distribution of late-Quaternary woody taxa in northern Eurasia: evidence from a new macrofossil database // *Quaternary Science Reviews*, 2009. – V. 28 (23-24). – P. 2445 – 2464.
27. Fletcher W.J., Sánchez Goñi M-F., Allen J.R.M., Cheddadi R., Combourieu-Nebout N, Huntley B., Lawson I., Londeix L., Magri D., Margari V., Müller U.C., Naughton F., Novenko E., Roucoux K., Tzedakis P.C. Millennial-scale variability during the last glacial in vegetation records from Europe // *Quaternary Science Reviews*, 2010. – V. 29 (21-22). – P. 2839-2864
28. Novenko E.Yu., Zuganova I.S. Landscape dynamics in the Eemian Interglacial and Early Weichselian Glacial Epoch on the south Valdai Hills (Russia) // *The Open Geography Journal*, 2010. – V. 3. – P. 44-54.
29. Olchev A., Novenko E. Estimation of potential and actual evapotranspiration of boreal forest ecosystems in the European part of Russia during the Holocene // *Environmental Research Letters*, 6 (2011) 045213.
30. Novenko E. Yu., Volkova E. M. Glasko M. P. Zuganova I. S. Palaeoecological evidence for the middle and late Holocene vegetation, climate and land use in the upper Don River basin (Russia) // *Vegetation History and Archaeobotany*, 2012. – V. 21. – P. 337–352.
31. Novenko E.Yu., Eremeeva A.P., Chepurnaya A.A. Reconstruction of Holocene vegetation, tree cover dynamics and human disturbances in central European Russia, using pollen and satellite data sets // *Vegetation History and Archaeobotany*, 2014. – V. 23. – P. 109–119.
32. Novenko E.Yu., Olchev A.V. Early Holocene vegetation and climate dynamics in the central part of the East European Plain (Russia) // *Quaternary International*, 2015 (в печати). DOI: 10.1016/j.quaint.2015.01.027
33. Novenko E., Tsyganov A., Volkova E., Babeshko K., Lavrentiev N., Payne R., Mazei Yu. The Holocene palaeoenvironmental history of Central European Russia reconstructed from pollen, plant macrofossil and testate amoeba analyses of the Klukva peatland, Tula region // *Quaternary Research*, 2015. – V. 83. – P. 459–468.

Главы в монографиях

34. Boettger T., Junge F.W., Knetsch S., Novenko E.Yu., Borisova O.K., Velichko A.A. Indications to short-term climate warming at the very end of the Eemian in terrestrial records of Central and Eastern Europe // *The Climate of Past Interglacials. Chapter 17. Series “Development in Paleoenvironmental Research / Sirocko, F., Litt, Th., Claussen, M. (eds.). – Heidelberg: Springer, 2006. - P. 255-264.*
35. Velichko A.A., Novenko E.Yu., Zelikson E.M., Boettger T., Junge F.W (2006). Comparative analysis of Vegetation and climate changes during the Eemian Interglacial in Central and Eastern Europe // *The Climate of Past Interglacials. Chapter 18. Series “Development in Paleoenvironmental Research / Sirocko, F., Litt, Th., Claussen, M. (eds.). – Heidelberg: Springer, 2006. - P. 265-276.*
36. Новенко Е.Ю. Голоцен // *Палеоклиматы и палеоландшафты внетропического пространства Северной Евразии. Поздний плейстоцен-голоцен. Атлас-монография / Под ред. А.А. Величко. – М.: ГЕОС, 2009. – С. 74-78.*