

ПАЛЕОЭКОЛОГИЯ. КАМЕННЫЙ ВЕК

УДК 551.581.33:551.583.7:551.79(924/925)

Н.С. Болиховская

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова
Москва, ГСП-1, 119991, Россия
E-mail: nbolikh@geogr.msu.ru*

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ И КЛИМАТА СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ В НЕОПЛЕЙСТОЦЕНЕ*

Введение

При неполноте геологической летописи плейстоцена на большей части Северной Евразии решение вопросов детального расчленения толщ новейших отложений и корреляции межледниковых/ледниковых горизонтов, как периодизации, так и сопоставления климатообусловленных палеогеографических событий, должно опираться прежде всего на знание пространственно-временных закономерностей развития флоры, растительности и климата, установленных по палеогеографическим материалам подробно изученных страторайонов этой территории.

Приоритет в определении закономерностей изменения природы Земли в плейстоцене принадлежит акад. К.К. Маркову [1960]. Материалы по истории растительного покрова вошли в число важнейших палеогеографических свидетельств, на основе которых им сделан вывод, что главные закономерности изменения природной среды – направленность, ритмичность и метахронность (местная индивидуальность). Все последующие десятилетия изучения этих материалов палеогеографами были посвящены накоплению и синтезу новых аналитических данных с целью выявления особенностей направленного развития природной среды, определения количества теплых и холодных ритмов

разного ранга в пределах плейстоцена, а также региональной специфики природного процесса в различных естественно-исторических областях.

В настоящее время дробные климатостратиграфические схемы неоплейстоцена континентальных областей Северной Евразии базируются на непрерывных записях межледниковых и ледниковых ландшафтно-климатических сукцессий, реконструированных по результатам детального палинологического анализа наиболее полных разрезов Европейского субконтинента. Подобные палиноклиматостратиграфические записи получены для разрезов южных районов Западной Европы – Буш/Пракло на юго-востоке Центрального массива во Франции [Reille, Beaujieu de, 1995; Reille et al., 1998], Кастиглионе в Центральной Италии [Follieri, Magri, Sadori, 1988], Тенаги Филиппон в Северо-Восточной Греции [Wijmstra, 1969; Hammen, Wijmstra, Zagwijn, 1971; Wijmstra, Smit, 1976; Wijmstra, Groenhart, 1983], Иоаннина в Северо-Западной Греции [Tzedakis, 1993; Tzedakis et al., 2001], а также разрезов в центре и на юге Восточной Европы – Лихвин на верхней Оке [Болиховская, 1974, 1976, 1995б], Одинцово в Московском регионе [Маудина, Писарева, Величкович, 1985], Стрелица на верхнем Дону [Болиховская, 1976, 1995б], Отказное на средней Куме [Болиховская, 1995а, б] и др.

Основная проблема периодизации и корреляции палеогеографических событий и установления пространственно-временных закономерностей в развитии растительности на современном этапе исследований состоит в том, что стратиграфические построения

*Исследование выполнено в рамках программы Президиума РАН “Происхождение и эволюция биосфера” и проекта РГНФ № 07-01-00441.

и реконструкции истории развития растительности и климата большей частью выполняются по результатам палинологического анализа далеко удаленных друг от друга и фрагментарных разрезов, в которых имеются отложения лишь одного межледниково-ледникового цикла или, весьма редко, нескольких межледниковых и ледниковых ритмов.

В данной статье основное внимание уделено детальному палинологическому изучению опорных разрезов различных страторайонов, в которых новейшие отложения представлены наиболее полно, охарактеризованы всем комплексом палеогеографических материалов и содержат почти непрерывную палеогеографическую летопись неоплейстоцена. По полученным нами данным установлены количество теплых и холодных эпох неоплейстоцена и их палеоклиматические особенности, выявлен состав разновозрастных межледниковых и перигляциальных флор Восточно-Европейской лёссовой провинции и подробно реконструированы фазы в развитии растительности почти непрерывного ряда межледниковых и ледниковых эпох неоплейстоцена. На основании собственных и опубликованных другими исследователями материалов охарактеризованы основные этапы изменения растительности и климата в различных районах Восточно-Европейской равнины в последние 900 тыс. лет [Болиховская, 1995б, 2004; и др.].

Синтез обширной палеогеографической информации внес существенные корректизы в представления об особенностях трех важнейших пространственно-временных закономерностей развития флоры, растительности и климата – направленности, ритмичности и метахронности, позволил сделать новые выводы о направленном изменении неоплейстоценовых флор и специфике зональной дифференциации растительного покрова в межледниковые и ледниковые эпохи, а также установить еще одну главную закономерность в истории растительности и климата неоплейстоцена – цикличность и рассмотреть ее характерные особенности.

Методические вопросы

Палеонтологические методы, используемые для воссоздания истории возникновения и развития, а также условий существования органического мира, включают обширный комплекс палеоботанических и палеозоологических исследований ископаемых остатков растений и животных, заключенных в толще разновозрастных и разнофациальных отложений. Ископаемые остатки грибов, лишайников, бактерий, низших растений (водоросли), а также генеративных (пыльца, споры, семена, плоды, шишечки) и вегетативных (листья, стебли и др.) органов высших растений

являются объектами палеоальгологического, палинологического, палеокарпологического, фитолитного, палеоксилологического и других анализов.

Палинологический (спорово-пыльцевой) анализ, результаты которого представлены в данной работе, относится к числу ведущих методов реконструкции наземной палеорастительности. Его приоритетное положение в составе палеоботанических методов обусловлено тем, что изучаемые палинологическим анализом пыльца и споры высших растений являются единственной группой не только палеоботаники, но и палеонтологии в целом, которая присутствует в осадках всех литолого-генетических типов. Наземные растения производят колоссальное количество пыльцы и спор, оболочка (спородерма) которых удавляющими числами растений обладает исключительной стойкостью к разрушающему химическому и физическому воздействию. Микроскопические размеры (преимущественно 10–100 мкм) и особенности морфологического строения способствуют распространению пыльцы и спор (ветром, насекомыми, водой и другими агентами) по поверхности суши и акваторий и их захоронению в рыхлых осадках. Ископаемые спорово-пыльцевые спектры (палиноспектры) являются отражением палеорастительности окружающей территории.

Наиболее широко палинологические данные используются при изучении природы последнего миллиона лет. Растительность быстро реагирует на изменения климата, поэтому палинологические данные позволяют не только установить все теплые и холодные периоды плейстоцена, но и реконструировать непрерывную последовательность флористических, фитоценотических и климатических смен, происходивших на протяжении этих периодов, и выявить климатофитоценотические особенности каждого из них.

Результатами палеогеографических интерпретаций палинологических данных являются реконструкции важнейших показателей основных этапов изменения растительности и климата – состава флоры, зонального типа растительного покрова, характера доминирующих растительных формаций и их дифференциации в пределах изучаемой территории, сукцессий фитоценозов на протяжении климатических ритмов разного ранга, качественных характеристик климата и количественных значений наиболее информативных климатических параметров (годовые температуры и суммы осадков, температуры самого теплого и самого холодного месяцев, сумма активных температур выше 5 °C и др.).

Палиноспектры новейших отложений служат основой для воссоздания облика как зональных (плакорных, автоморфных) палеоландшафтов, так и азональных или интразональных растительных

сообществ. Реконструкции гидроморфных палеоландшафтов и обоснование возраста субаквальных толщ существенно дополняются результатами изучения обнаруженных в их спектрах зерен пыльцы и спор прибрежно-водных и водных растений.

Материалы детального спорово-пыльцевого анализа новейших отложений разного генезиса, полученные в ходе комплексных стратиграфопалеогеографических исследований опорных разрезов плейстоцена в различных районах Северной Евразии, показали высокую информативность палинологических данных для восстановления непрерывной последовательности климатических событий последних 900 тыс. лет [Болиховская, 1995б, 1999; и др.]. Реконструкции, выполняемые по палинологическим данным, представляют такие характеристики плейстоценовой истории флоры, растительности и климата, как: 1) количество и ранг (межледниковый, ледниковый, межстадиальный, стадиальный и т.д.) основных этапов их развития; 2) особенности сукцессионных процессов внутри каждого теплого и холодного этапа; 3) дифференциация растительного покрова на различных по площади территориях для различных хронологических срезов (чаще всего климатических оптимумов межледниковых и пессимумов ледниковых эпох); 4) динамика (появление, миграция, исчезновение) отдельных таксонов, флор, растительных зон, формаций и т.д. на протяжении отдельных климатических ритмов и плейстоцена в целом; 5) величина смещения границ зон, подзон и более мелких природно-территориальных комплексов в различные отрезки плейстоцена; 6) состав, время существования и географическое положение рефугиумов. Как видим, палинологический метод по праву относится к числу ведущих методов воссоздания истории растительности и климата, а также климатостратиграфического расчленения и корреляции плейстоценовых отложений.

Термины палиостратиграфии и климатостратиграфии

“Палинозона (зона)”, “субпалинозона (или подзона)”, “фаза”, “подфаза”, “стадия”, “ритм”, “цикл” – термины, имеющие общепринятое употребление при палиостратиграфических исследованиях плейстоценовых отложений. Некоторые из них – “ритм”, “цикл” и “фаза” – наряду с терминами “ритмичность”, “цикличность”, “этап”, “этапность” и др. входят в число основных терминов климатостратиграфии и периодизации палеоклиматических событий.

Как показывает анализ работ, посвященных закономерностям развития палеоклиматов и палеоландшафтов, часто один и тот же термин понимается исследователями по-разному или в разные термины

вкладывается одно и то же содержание [Зубаков, 1968, 1986, 1992; Starkel, 1977; Изменения..., 1980; Величко, 1981, 1987; Веклич, 1982, 1990]. Наиболее часто и в отечественных, и в зарубежных публикациях в качестве синонимов употребляются слова “ритм” и “цикл”; ими обозначают временной интервал (период), в который включают одно потепление и одно похолодание разных рангов. С учетом времени, охватываемого климатостратиграфическими подразделениями, разработаны классификации климатостратиграфических таксонов. Например, А.А. Величко [1987, 1999] в зависимости от продолжительности циклов подразделяет их на мега-, макро-, мезо-, микро- и наноциклы в истории ландшафтной оболочки Земли. При обобщении результатов глубокого и всестороннего исследования эволюции природной среды Северной Евразии мегациклом им назван мезозой-кайнозойский цикл, а макроциклом – каждая пара межледниковых и ледниковых эпох позднего кайнозоя.

Учитывая разногласия палеогеографов по вопросу содержания терминов “цикл” и “ритм”, укажем, в каком значении они используются нами [Болиховская, 1988, 1990а, 1995б]. Слово “цикл” (от греч. “куклос” – круг) означает совокупность процессов с заключенным кругом развития. Поэтому этим термином нами, как и многими исследователями, обозначаются интервалы времени, которые характеризуются завершенными природными процессами и периодически повторяются. Циклами являются периоды от начала одной до начала другой межледниковой эпохи. Циклами, по нашим данным, являются также два более длительных 450-тысячелетних интервала неоплейстоцена. Каждый из этих интервалов, включающих чередование четырех пар межледниковых и ледниковых эпох, характеризуется индивидуальными особенностями климатофитоценотических изменений и законченностью процесса этих изменений. Цикличность – смена, повторяемость циклов.

Как показал анализ специализированных словарей и энциклопедий, слово “ритм”, в отличие от термина “цикл”, не обладает терминологической четкостью. Ритм (от греч. “theo” – теку, “rhythmos” – чередование) – форма протекания во времени каких-либо (любых) чередующихся процессов. Поскольку в основе ритмичности лежит деление на две части, ритмами, на наш взгляд, логичнее называть последовательные колебания (в сторону тепла или холода, влажности или сухости), каждое из которых содержит восходящую и нисходящую фазы или группу восходящих и группу нисходящих фаз. Как вытекает из результатов детального палинологического анализа, имеющие разный ранг теплые или холодные интервалы плейстоцена имеют свойственный каждому из них специфический климатический ритм. Каждую межледниковую

эпоху отличает характерный для нее межледниковый климатический ритм, а каждую ледниковую эпоху – присущий ей ледниковый климатический ритм.

Таким образом, климатические циклы плейстоцена состоят из одной пары или группы пар межледниковых и ледниковых климатических *ритмов*. Например, поздненеоплейстоценовый цикл содержит микулинский межледниковый и валдайский ледниковый ритмы.

Традиционные палиностратиграфические термины, перечисленные в начале этого раздела, употребляются автором в основном в тех значениях, которые сформулированы в классических работах В.П. Гричука [1950, 1960, 1961, 1989; и др.; Гричук В.П., Заклинская, 1948; Гричук М.П., Гричук В.П., 1960], заложившего в нашей стране основы стратиграфической, палеогеографической и палеоклиматической интерпретации результатов палинологического анализа кайнозойских отложений.

Каждая межледниковая и ледниковая эпоха и, соответственно, каждый отвечающий им климатический ритм состоят из двух *стадий*. Ледниковый климатический ритм включает криогигротическую и криоксеротическую стадии, внутри которых выделяются периоды собственно оледенений или похолоданий, т.е. *стадиалы*, и разделяющие их потепления – *межстадиалы*. Межледниковый ритм включает термоксеротическую и термогигротическую стадии.

Кроме того, как показали материалы проведенных нами детальных палинологических исследований наиболее полных разрезов неоплейстоцена, межледниковые ритмы содержат одно или несколько внутримежледниковых похолоданий. Относительно кратковременные интервалы внутримежледниковых похолоданий, разделяющих термические максимумы межледниковой, нами предлагается называть *эндотермальными похолоданиями* [Болиховская, 1990б, 1991]. Эндотермальные похолодания, имеющие разную степень выраженности на палинологических диаграммах, установлены в изученных нами разрезах для большинства из девяти реконструированных межледниковых неоплейстоцена [Болиховская, 1995б]. Чаще всего по своим флорофитоценотическим характеристикам они близки региональным межстадиалам. Важным палеогеографическим и стратиграфическим признаком является стабильное присутствие эндотермала между термоксеротической и термогигротической стадиями межледниковых ритмов.

Внутри стадиалов, межстадиалов, стадий климатических ритмов и эндотермалов нередко можно выделить криогигротические и криоксеротические или, соответственно, термоксеротические и термогигротические *субстадии*.

Самыми дробными климатостратиграфическими единицами палинологии являются *фазы* и *подфазы*,

характеризующие зональные и формационные особенности реконструированных палеофитоценозов. Они соответствуют выделяемым на спорово-пыльцевых диаграммах *палинозонам* и *субпалинозонам*, представляющим собой один или группу палиноспектров, отличающихся от других составом и процентным содержанием пыльцы и спор.

Особенности ритмического развития растительности и климата

К.К. Марков [1978] подчеркивал, что самой главной закономерностью изменения природы является ее направленное развитие. Результаты исследований эволюции природной среды плейстоцена убеждают, что установить особенности направленного развития растительности и климата невозможно без детальной реконструкции климаторитмики этого периода.

К настоящему времени накоплен обширный аналитический материал; он лег в основу схем периодизации межледниковых и ледниковых событий, отражающих глобальную климатическую ритму плейстоцена. Однако, как свидетельствует анализ межрегиональных и региональных стратиграфических схем Восточно-Европейской равнины [Алексеев и др., 1997; Шик, Борисов, Заррина, 2002], выводы о количестве, таксономическом ранге и хронологии теплых и холодных эпох, сменявших друг друга на протяжении последних примерно 900 тыс. лет, пока разноречивы. В схемах различных районов для неоплейстоцена указывается от 10 до 20 подразделений межледникового и ледникового рангов. Это объясняется прежде всего неполнотой геологической летописи и недостаточной изученностью ряда регионов. Например, в северной части ледниковой области эти причины связаны как с ледниковой экзарацией, эрозионными и отчасти дефляционными процессами, так и с труднодоступностью ранне- и среднеплейстоценовых отложений, чаще всего сохранившихся лишь под толщами более молодых осадков в глубоких экзарационных ложбинах, древних долинах и котловинах. Немаловажной причиной многообразия оценок количества и ранга термохронов и криохронов является недостаточная изученность позднекайнозойских разрезов всем комплексом необходимых методов. Так, до сих пор отсутствуют репрезентативные палинологические характеристики для подавляющего большинства лёссовых и палеопочвенных горизонтов, которые предложены в качестве стратотипов климатостратиграфических подразделений неоплейстоцена в лёссово-почвенных сериях различных районов Евразии – Восточной Европы [Величко, Писарева, Фаустова, 2005], Западной Сибири [Зыкина, 2006], Средней Азии [Додонов, 2002] и т.д. Это положение

обусловлено чрезвычайной трудоемкостью получения репрезентативных палеоботанических материалов для субаэральных отложений.

Полноценными доказательствами самостоятельности ледниковых эпох на равнинах К.К. Марков [1938, 1939] считал только те данные, которые однозначно свидетельствуют о том, что выделяемые ледниковые седиментации и коррелятные им перигляциальные отложения непосредственно в едином разрезе разделяются межледниковыми осадками, которые содержат ископаемые остатки растений и/или животных, указывающих на климатические условия, сходные с современными или более мягкие, чем климатические условия изучаемого района.

Наземная растительность быстро реагирует на изменения климата и в любые климатические периоды продуцирует большое количество пыльцы и спор, поэтому только палинологические данные позволяют установить все теплые и холодные этапы плейстоцена, реконструировать непрерывную последовательность изменений флоры, растительности и климата внутри различных этапов и выявить климатофитоценотические особенности каждого из них.

В качестве объектов для получения результатов детального палинологического анализа и воссоздания на их основе непрерывной палеогеографической летописи плейстоцена нами были избраны опорные разрезы наиболее характерных ледниково-перигляциальных и внеледниковых областей Восточно-Европейской равнины, отличающихся друг от друга строением новейших отложений и историей палеогеографического развития. Располагаясь в пределах развития максимальных (донского, окского и днепровского) покровных оледенений и во внеледниковой зоне, они содержат важнейшие палеогеографические реперы: морены этих оледенений и коррелятные им лессовые горизонты, стратотипические (лихвинский, чекалинский и др.) межледниковые горизонты и др. Для них получены хроностратиграфические данные по фаунам мелких млекопитающих и положению палеомагнитной инверсии Матюма–Брюнес, датируемой ок. 783 тыс. л.н.

Обобщение результатов детального палинологического анализа и многодисциплинарного палеогеографического исследования опорных разрезов новейших отложений Северо-Среднерусской, Деснинско-Днепровской, Окско-Донской, Днестровско-Прутской, Северо-Приазовской, Восточно-Предкавказской и других восточно-европейских областей позволило использовать обширный комплекс историко-флористических и палеофитоценотических критериев для их дробного климатостратиграфического расчленения и определения возраста содержащихся в них межледниковых и перигляциальных палиофлор. Реконструированы сукцессионные

фазы в развитии растительности почти непрерывного ряда глобальных климатических ритмов разного ранга [Болиховская, 1995б].

Совокупность палеогеографических материалов свидетельствует, что в Восточной Европе в неоплейстоцене была значительно более сложная межледниково-ледниковая климаторитмика, чем представлялась ранее. Нами установлены следующие особенности ритмического развития природы в неоплейстоцене:

I. Изменения природной среды Восточно-Европейской равнины на протяжении неоплейстоцена были обусловлены сменами 17 глобальных климатических событий – девяти межледниковых и восьми разделяющих их оледенений или похолоданий ледникового ранга (рис. 1). Они реконструированы в виде полных климатических ритмов ледникового и межледникового рангов или в виде большой части составляющих их климатофитоценотических фаз. В пределах хrona Брюнес, т.е. в последние примерно 780 тыс. лет, произошли последовательные смены восьми межледниковых и семи разделяющих их холодных этапов.

Развитие покровного оледенения на Русской равнине происходило, как доказано современными данными, не только в валдайский, днепровский, окский и донской этапы, но и во время девицкого похолодания (сетуньская морена Подмосковья), а также одного из послелихвинских (калужское, жиздринское) похолоданий (вологодская, печорская морены) [Шик, 1993, 2005].

II. Благодаря результатам детального палинологического изучения наиболее полных разрезов неоплейстоцена климатические ритмы ледникового и межледникового рангов подразделены на более дробные климатостратиграфические единицы:

1. В ледниковых климатических ритмах выделяются криогигротические и криоксеротические стадии, стадиалы, межстадиалы и межфазиалы. Согласно палинологическим данным, каждый ледниковый климатический ритм подразделялся на две стадии – криогигротическую и криоксеротическую, внутри которых чередовались разные по суровости климата и продолжительности холодные интервалы (стадиалы) и относительные потепления климата (межстадиалы и межфазиалы).

Наиболее сложная климаторитмика реконструирована нами для четырех ледниковых этапов – донского, калужского, днепровского и валдайского. В образованиях донского и калужского ледниковых этапов реконструировано по одному интерстадиалу. Для днепровского ледникового времени установлены три межстадиала. Средним межстадиалом этот ледниковый ритм разделялся на две (днепровскую и московскую) стадии, внутри которых выявлены раннеднепровский и позднемосковский межстади-

Раздел	Звено	Горизонты и надгоризонты межрегиональной шкалы [Алексеев и др., 1997]	ПМ шкалы	Этап развития лёссово-почвенной формации (по: [Болиховская, 1995])	ИКС
		Голоценовый горизонт		Голоценовый межледниковый IV	1
		Валдайский »		Валдайский ледниковый III v	4–2
		Микулинский »		Микулинский межледниковый III mk	5
		Среднерусский надгоризонт		Днепровский ледниковый II dn	6
				Черепетьский межледниковый II chr	7
				Жиздринский ледниковый II zh	8
				Чекалинский межледниковый II ch	9
				Калужский ледниковый II kl	10
				Лихвинский межледниковый II l ss	11
		Окский горизонт		Окский ледниковый I ok	14/13/12
		Беловежский »		Мучкапский межледниковый I mch (=bv)	15
		Донской »		Донской ледниковый I dns	16
				Семилукский (позднеильинский) межледниковый I sm	17
		Ильинский надгоризонт		Девицкий (среднеильинский) ледниковый I dv	18
				Гремячьевский (раннеильинский) межледниковый I gr	19
		Покровский горизонт		Покровский ледниковый I pk	20
		Петропавловский »	Матуза/Брюнес	Петропавловский межледниковый I pp	21

Рис. 1. Схема периодизации межледниковых и ледниковых этапов неоплейстоцена внеледниковой и ледниково-перигляциальной зон Восточно-Европейской равнины (по: [Болиховская, 1995б]).

алы (рис. 2). Сведения о возрасте и природных обстановках древнейших межстадиалов весьма малочисленны, поэтому остановимся на характеристике днепровских потеплений.

А.Н. Молодьковым и автором была выполнена корреляция климатических колебаний в последние 200 тыс. лет, реконструированных по палинологическим материалам плейстоценовых разрезов и данным ЭПР-хроностратиграфии морских отложений Северной Евразии. Эти исследования позволили уточнить абсолютный возраст трех зафиксированных палиностратиграфической летописью Лихвинского разреза потеплений на протяжении днепровской ледниковой эпохи, которая датируется интервалом

примерно от 200 до 145–140 тыс. л.н. и отвечает большей части шестой изотопно-кислородной стадии (ИКС 6) [Molodkov, Bolikhovskaya, 2006; Болиховская, Молодьков, 2005]. Согласно палиоспектрам водноледниковых осадков Лихвинского разреза, во время раннеднепровского межстадиального потепления, приведшего к таянию льдов днепровского оледенения, в долине верхней Оки господствовали перигляциальные сосновые редколесья. Судя по определениям ЭПР-возраста раковин моллюсков, отобранных из поднятых морских горизонтов Северной Земли, дата этого потепления – приблизительно 184 тыс. л.н. В ландшафтах второго (днепровско-московского) интерстадиала здесь преобладали

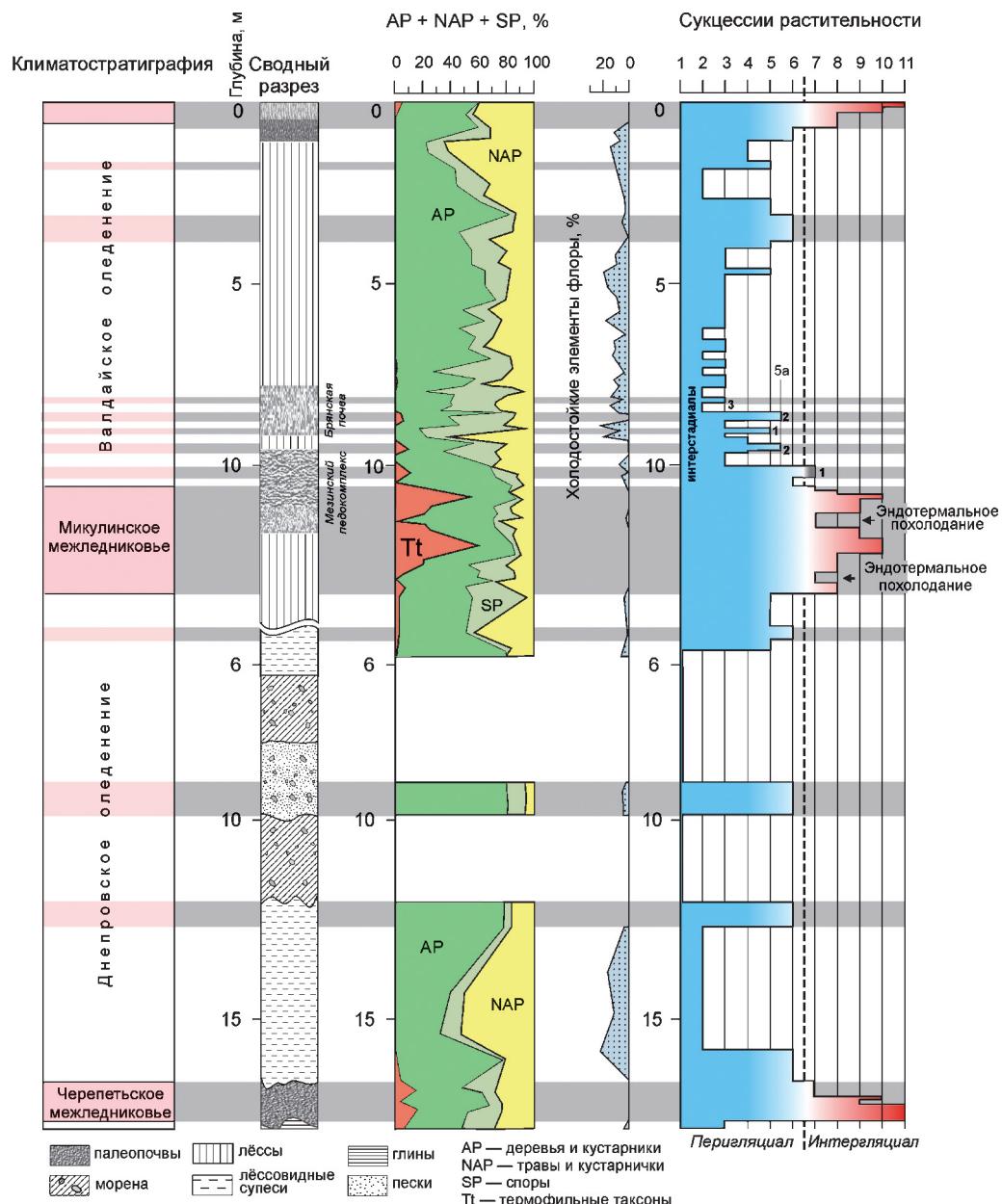


Рис. 2. Сукцессии растительности и климата последних 235 тыс. лет, реконструированные по результатам детального палинологического изучения отложений разрезов Араповичи и Лихвин/Чекалин.

1 – оледенение; перигляциальные типы растительности: 2 – тундра; 3 – лесотундра; 4 – степь; 5 – лесостепь с участками хвойно-березовых лесов; 5а – лесостепь с участием широколиственных деревьев в составе хвойных и березовых лесов; 6 – леса; межледниковые типы растительности: 7 – хвойные леса; 8 – хвойные и мелколиственные леса с примесью широколиственных пород; 9 – хвойные и березово-широколиственные леса; 10 – широколиственные леса; 11 – хвойно-широколиственные и широколиственные леса с неогеновыми реликтами.

сосновые редколесья и ерниковые кустарниковые сообщества из ольховника *Alnaster fruticosus* и карликовой берески. ЭПР-даты по морским отложениям высокотропных областей Евразийского Севера свидетельствуют, что второе интерстадиальное потепление имело место приблизительно 172 тыс. л.н. Третье

(позднемосковское) интерстадиальное потепление характеризовалось на верхней Оке развитием перигляциальных бересковых редколесий с *Betula fruticosa* в кустарниковом ярусе и травяно-кустарниковым покровом, в котором участвовали криофиты и ксерофиты (арктоус *Arctous alpina*, конопля *Cannabis sp.*,

полынь *Artemisia subgenus Seriphidium*, василистник *Thalictrum cf. alpinum* и др.). На основе определений ЭПР-возраста раковин моллюсков, отобранных из морских отложений п-ова Таймыр, возраст третьего интерстадиала днепровского времени А.Н. Молодьков определяет приблизительно в 155 тыс. лет.

В валдайском ледниковом климатическом ритме (примерно 70–10 тыс. л.н., ИКС 4–2) реконструированы десять холодных (стадиальных) интервалов, девять межстадиалов и несколько межфазиалов [Bolikhovskaya, 1986; Болиховская, 1995б]. Все они отличаются своеобразием флористических, фитоценотических и климатических характеристик, подробно освещенных нами и другими исследователями (ссылки на лит. см.: [Болиховская, Гунова, Соболев, 2001]). Ландшафтно-климатические обстановки, несколько приближавшиеся к межледниковым, реконструированы нами для времени кетровского (первого ранневалдайского) межстадиала на средней Десне (рис. 2), а также кишинского (второго ранневалдайского) и днестровского (третьего средневалдайского) межстадиалов на среднем Днестре. По материалам палинологических исследований позднеплейстоценового лёссово-почвенного разреза Араповичи, расположенного в долине средней Десны, внутри валдайского плениглациала реконструированы два ранневалдайских, три средневалдайских интерстадиальных этапа и пять холодных стадиальных этапов. В поздневалдайском интервале выделены один интерстадиал, три межфазиала и пять холодных стадиальных этапов. Начиная со второго ранневалдайского похолодания и до начала голоцене центральные районы Русской равнины были заняты разнообразными типами перигляциальных ландшафтов. По данным ЭПР-исследований морских осадков внутри валдайского климатического ритма также выделены шесть интерстадиалов возрастом ок. 65, 56, 44, 32, 26 и 17 тыс. лет [Molodkov, Bolikhovskaya, 2006].

2. Полученные палинологические записи отражают значительные колебания климата на протяжении всех реконструированных межледниковых эпох неоплейстоцена. В межледниковых климатических ритмах четко фиксируются эндотермальные похолодания, термоксеротические и термогигротические стадии. Здесь следует пояснить, что названия стадий межледникового (или ледникового) климатического ритма не являются собственно характеристикой их климата. Например, определение “термоксеротическая стадия межледникового” не всегда означает, что климат исследуемого района в этот период был теплым и сухим, а словосочетание “термогигротическая стадия” не всегда говорит о теплом и влажном климате. Этими терминами (как и терминами “криогигротическая” и “криоксеротическая” стадии) определяются конкретную климатическую обстановку, а важную

закономерность в изменении климата на протяжении каждого межледникового (или ледникового) плейстоцена – неоднородность климатических условий внутри ритмов, выраженную в первую очередь их разделением на две стадии. Эта закономерность впервые была установлена М.П. Гричук и В.П. Гричуком [1960] на основании результатов анализа палеоботанических материалов по межледниковым и ледниковым отложениям ряда термохронов и криохронов Европы, Западной Сибири и Дальнего Востока и подтверждена нашими данными для всех реконструированных межледниковых и ледниковых ритмов.

Рассмотрим особенности стадий межледниковых климатических ритмов. Во всех случаях, независимо от того, какими зональными типами или формациями (лесными, лесостепными, степными и т.д.) были представлены сукцессии межледниковой растительности, прослеживается следующая закономерность: первая – термоксеротическая – стадия каждого межледникового ритма характеризовалась сменами фитоценозов, требовавших меньшую влагообеспеченность, чем фитоценозы второй – термогигротической – стадии этого же межледникового.

Климатофитоценотические особенности обеих стадий межледниковых климатических ритмов были обусловлены географическим положением и историей палеогеографического развития исследуемого района, возрастом анализируемого межледникового и т.д. Поэтому одна и та же межледниковая эпоха могла характеризоваться в одном районе сукцессиями только широколиственно-лесной, в другом – лесостепной и широколиственно-лесной, а в третьем – степной и лесостепной растительности. Соответственно, климат термоксеротической стадии в одном районе мог быть значительно более влажным, чем климат термогигротической стадии в другом районе. Другой пример: в одном и том же страторайоне периоду развития растительности лихвинского межледникового были свойственны сукцессии только степных ценозов, а предшествующее мучкапское межледниковые характеризовалось сукцессиями влаголюбивых широколиственно-лесных сообществ. Как видим, термогигротической стадии одного, полностью степного межледникового соответствовал более сухой климат, чем термоксеротической стадии другого межледникового, на протяжении которого всегда господствовали влаголюбивые леса. Однако во всех случаях термоксеротическую стадию каждого межледникового представляла растительность, требовавшая меньшую влагообеспеченность, чем растительность термогигротической стадии этого же межледникового. Если проанализировать смены перигляциальных фитоценозов на протяжении полных ледниковых ритмов, то увидим, что для растительности первой (криогигротической) стадии всегда свойственна большая

влагообеспеченность, чем для растительности второй (криоксеротической) стадии.

Остановимся подробнее на важнейшей особенности межледниковой климаторитмики – внутримежледниковых похолоданиях, названных эндотермальными похолоданиями [Болиховская, 1990б, 1991]. Эндотермальные похолодания той или иной степени выраженности нашли отражение в палиноспектрах большинства межледниковых, охарактеризованных нами по разрезам в центральной и южной частях Восточно-Европейской равнины. В зависимости от климатических особенностей различных межледниковых и зональной принадлежности фитоценотических смен, происходивших на протяжении межледниковых эпох, эти интервалы характеризуются сокращением участия или полным исчезновением в растительном покрове термофильных растений. Внутримежлед-

никовые похолодания наиболее наглядно выражены на кривых суммарного содержания пыльцы широколиственных пород и других теплолюбивых растений, представленных на палинологических диаграммах, а также на графиках климатофитоценотических сукцессий (рис. 2, 3).

Эндотермалы, разделявшие термоксеротическую и термогигиантскую стадии межледниковых ритмов, по нашим данным, имели гремячевское, мучкапское, лихвинское s.str., чекалинское, черепетьское и микулинское межледниковые. В реконструированном по данным разреза Араповичи ходе изменений растительности микулинского межледникового ритма четко фиксируются два эндотермала: один также между стадиями климатического ритма, другой – в первой половине межледниковых (см. рис. 2). Кривая суммы термофильных таксонов лихвинского межлед-

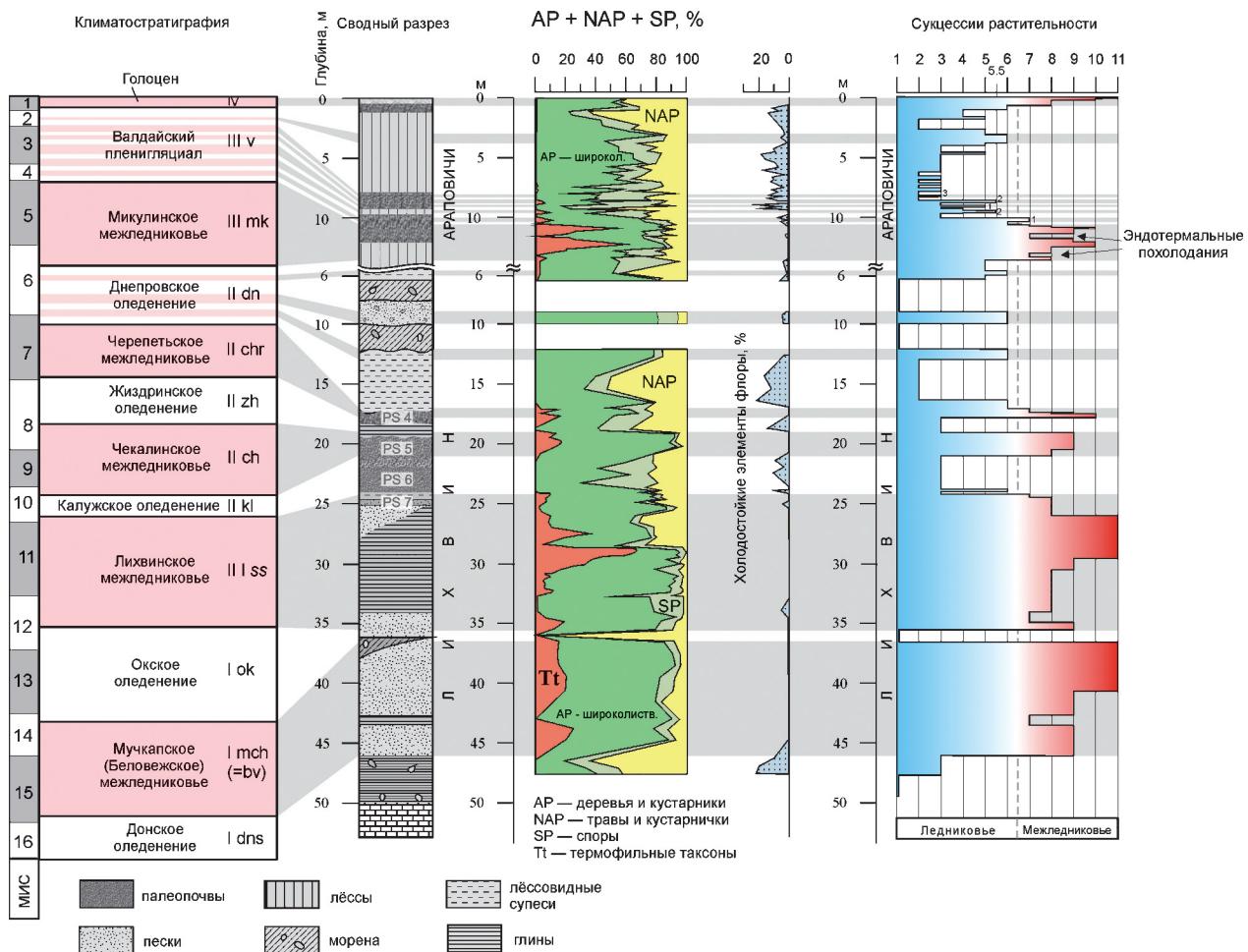


Рис. 3. Сукцессии растительности и климата последних 660 тыс. лет, реконструированные по результатам детального палинологического изучения отложений разрезов Араповичи и Лихвин/Чекалин.

1 – оледенение; *перигляциальные типы растительности*: 2 – тундра; 3 – лесотундра; 4 – степь; 5 – лесостепь с участками хвойно-березовых лесов; 5.5 – лесостепь с участием широколиственных деревьев в составе хвойных и березовых лесов; 6 – лес; 7 – тайга; 8 – хвойные и мелколиственные леса с примесью широколиственных пород; 9 – хвойные и березово-широколиственные леса; 10 – широколиственные леса; 11 – хвойно-широколиственные леса с неогеновыми реликтами.

никовья, подробно охарактеризованного нами в стратотипическом Лихвинском разрезе, позволяет сделать заключение о четырех эндотермальных похолоданиях на протяжении этого самого длительного термохрона неоплайстоцена (см. кривую Tt на рис. 3).

Исследователи не единодушны в оценке существования внутримежледниковых похолоданий, поэтому коснемся этого вопроса подробнее. Неполнота геологической летописи и недостаточная подробность палинологических записей часто не позволяют детально воссоздать климатические колебания, происходившие на протяжении межледниковых и ледниковых периодов плейстоцена; в публикациях приводятся в основном описания флоры, растительности и климата только для времени климатического оптимума изученных межледниковых или пессимума оледенений. При этом реконструкции палеогеографических условий современной межледниковой эпохи, выполненные многими исследователями для различных районов Северной Евразии, свидетельствуют о сложном ходе климатических изменений, отражающих не только термические максимумы (т.н. бореальный, атлантический и суббореальный оптимумы), но и неоднократные похолодания в течение голоценов. Нами получены подробные данные о термических максимумах и похолоданиях в течение последних 10 тыс. лет для района нижней Волги [Болиховская, 1990а].

Похолодания на протяжении плейстоценовых межледниковых выявляются аналитиками намного реже, хотя продолжительность последних оценивается значительно большими, чем голоцен, отрезками времени [Bowen et al., 1986]. Впервые к выводу о внутримежледниковом похолодании последнего межледникового пришли К. Йессен и В. Мильтерс [Jessen, Milthers, 1928], Н.А. Махнач [1971] и другие исследователи на основании результатов спорово-пыльцевого анализа эемских (микулинских, муравинских) озерно-болотных толщ. Это похолодание, на наш взгляд, наглядно иллюстрируют диаграммы достаточно полных эемских разрезов Европы, например, диаграммы разрезов Прялица [Санько и др., 1989], Козья [Еловичева, 1981] и Долгое [Логинова, Махнач, Шалабода, 1989] в Беларусии, Вятское на верхней Волге [Валуева, Серебряный, 1978], где эндотермал фиксируем на границе палинозон M_{4_6} и M_{5+6} , а также разрезов Холлеруп в Ютландии [Jessen, Milthers, 1928] и Цайфен в Баварии, на диаграммах которых эндотермал отражает зона 7 [Jung, Beug, Dehm, 1972].

При изучении позднеплейстоценовой лёссово-почвенной толщи мустерьской стоянки Молодова I на среднем Днестре для микулинского межледникового ритма нами также были установлены два термических максимума, разделенных значительным внутримежледниковым похолоданием [Болиховская,

1982]. Детальные палинологические записи разреза Араповичи на средней Десне позволили установить наличие еще одного, более раннего внутримикулинского похолодания [Болиховская, 1993]. Похолодание, отмеченное нами в лихвинском межледниковье по результатам анализа стратотипических отложений Чекалинского (Лихвинского) разреза [Болиховская, Боярская, 1982], согласно новой интерпретации этих данных (см. выше), дополнено еще тремя внутримежледниковыми похолоданиями. Весомые палинологические материалы по межледниковым эндотермалам получены для западных районов Русской равнины. Согласно Я.К. Еловичевой [1992], один оптимум соответствовал лишь голоценовому, "смоленскому" и корчевскому межледниковьям Беларуси, тогда как муравинское (микулинское), беловежское, Александрийское (лихвинское) и ишкольское межледниковые имели по два оптимума, а шкловское – три оптимума, разделявшихся внутримежледниковыми похолоданиями.

Отметим, что данные о внутримежледниковых похолоданиях очень важны как для решения вопросов детальной стратиграфии и корреляции палеоклиматических событий плейстоцена, так и создания прогностических моделей изменения природной среды в будущем.

Цикличность в развитии растительности и климата неоплайстоцена

Цикличность является еще одной главной закономерностью в развитии растительности и климата. Как указывалось в разделе, посвященном терминам палиноклиматостратиграфии, циклами именуются периоды с завершенными природными процессами. Согласно реконструкциям, выполненным по результатам палинологических исследований, наиболее явно выражены два типа циклов в развитии растительности и климата неоплайстоцена, различающихся продолжительностью и структурой. Помимо циклов, каждый из которых характеризует изменения флоры и растительности на протяжении одной межледниковой и одной ледниковой эпох, прослежены значительно более длительные циклы, охватывающие четыре межледниково/ледниковые пары [Болиховская, 2005]. Эта цикличность в развитии растительности и климата неоплайстоцена выявлена путем сравнительного анализа флор и климатофитоценотических сукцессий, реконструированных для последнего миллиона лет по результатам изучения уникального по своей геологической полноте разреза Отказное (рис. 4) [Болиховская, 1995б].

Разрез Отказное ($44^{\circ}20'$ с.ш., $43^{\circ}50'$ в.д.) расположен в среднем течении р. Кумы в пределах современ-

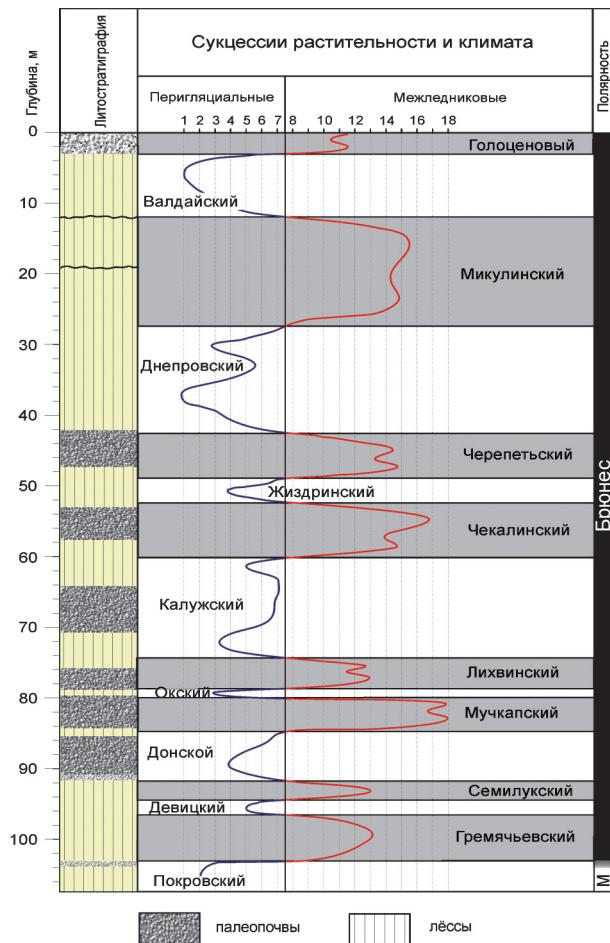


Рис. 4. Климатостратиграфическое расчленение отложений разреза Отказное. Реконструкции изменений растительности и климата Восточного Предкавказья в плеистоцене (по палинологическим данным).

Перигляциальные типы растительности: 1 – полупустыни и сухие степи; 2 – степи; 3 – лесостепи; 4 – березовые и хвойно-березовые редколесья; *экстрагляциальные типы растительности:* 5 – лесостепи; 6 – березовые редколесья; 7 – еловые и кедрово-еловые леса; 8 – березовые редколесья с примесью широколиственных пород; 9 – березовые леса с примесью широколиственных пород; 10 – хвойно-березовые и березово-хвойные леса с примесью широколиственных пород; 11 – лесостепи; 12 – степи; 13 – предгорные лесостепи; 14 – грабинники; 15 – вязово-дубовые, дубовые, грабово-дубовые леса; 16 – грабовые леса; 17 – олиго- и полидоминантные широколиственные леса; 18 – полидоминантные широколиственные леса с субтропическими элементами.

ных злаковых типчаково-ковыльных степей. Он характеризует Восточно-Предкавказскую область – одну из самых удаленных от зоны покровного оледенения лёсsovых областей. Здесь находятся наиболее мощные лёсsovo-почвенные профили Европейского субконтинента. Комплексное изучение толщи эоплейстоцен-, неоплейстоценовых отложений (мощность ок. 140 м) проводилось нами совместно с А.А. Величко, Е.И. Вириной, А.К. Марковой, Д.Р. Морозовым, Т.Д. Морозовой, В.П. Ударцевым, С.С. Фаустовым и др. В основу ее стратиграфического расчленения автором положены палинологические, микротериологические и палеомагнитные данные. С наибольшей детальностью реконструированы изменения флор и ландшафтно-климатических условий на протяжении храна Брюнес. Флористические, фитоценотические и климатические сукцессии межледниковых и ледниковых ритмов неоплейстоцена подробно анализируются в ряде публикаций [Болиховская, 1995б, 1997, 2004].

При детальном сравнительном анализе реконструированных флористических, фитоценотических и климатических сукцессий установлено, что каждый из межледниковых и ледниковых ритмов в интервале от покровского похолодания до лихвинского межледникового (включительно) имеет свой более молодой аналог, т.е. близкую по важнейшим палеогеографическим показателям эпоху в интервале от калужского похолодания до голоценового межледникового (включительно). Аналогия прослеживается в сходстве (или близости) зональной принадлежности доминировавшей растительности, степени аридизации или гумидизации климата (по сравнению с другими теплыми и холодными эпохами “своего” интервала), масштабов развития ледниковых покровов коррелятных криохронов и т.д.

Лихвинское межледникование, сопоставляемое с 11-й морской изотопной стадией (МИС 11), отчетливо параллелизуется с современной межледниковой эпохой (МИС 1), поскольку только для лихвинского межледникового на средней Куме зафиксирована типично степная фаза, во время которой доминировали злаковые степи – характерный компонент голоценовых ландшафтов этой территории. Накопление только лихвинских отложений, как и голоценовых осадков Отказного, происходило в период господства открытых лесостепных и степных ландшафтов. Логичное отличие лихвинского межледникового от голоцена состоит в присутствии в составе ограниченно развитых лесных участков лихвинского термохрона и в составе характерных таксонов лихвинской дендрофлоры Отказного *Picea sect. Omorica*, *Pinus sect. Strobus*, *Betula sect. Costatae*, *Juglans regia*, *Ostrya* sp. и др.

Вывод о том, что палеогеографическим аналогом голоцена является лихвинский термохрон, отвечающий МИС 11, хорошо согласуется с палеогеографическими данными, полученными в последние годы по другим районам и природным объектам. Исследователи отмечают сходство орбитальной конфигурации, глобального климата и региональных климатических режимов, других палеогеографических параметров двух теплых эпох, соответствующих МИС 11 и МИС 1 [Bauch et al., 2000; Hodell, Charles, Ninnemann, 2000; McManus, 2004].

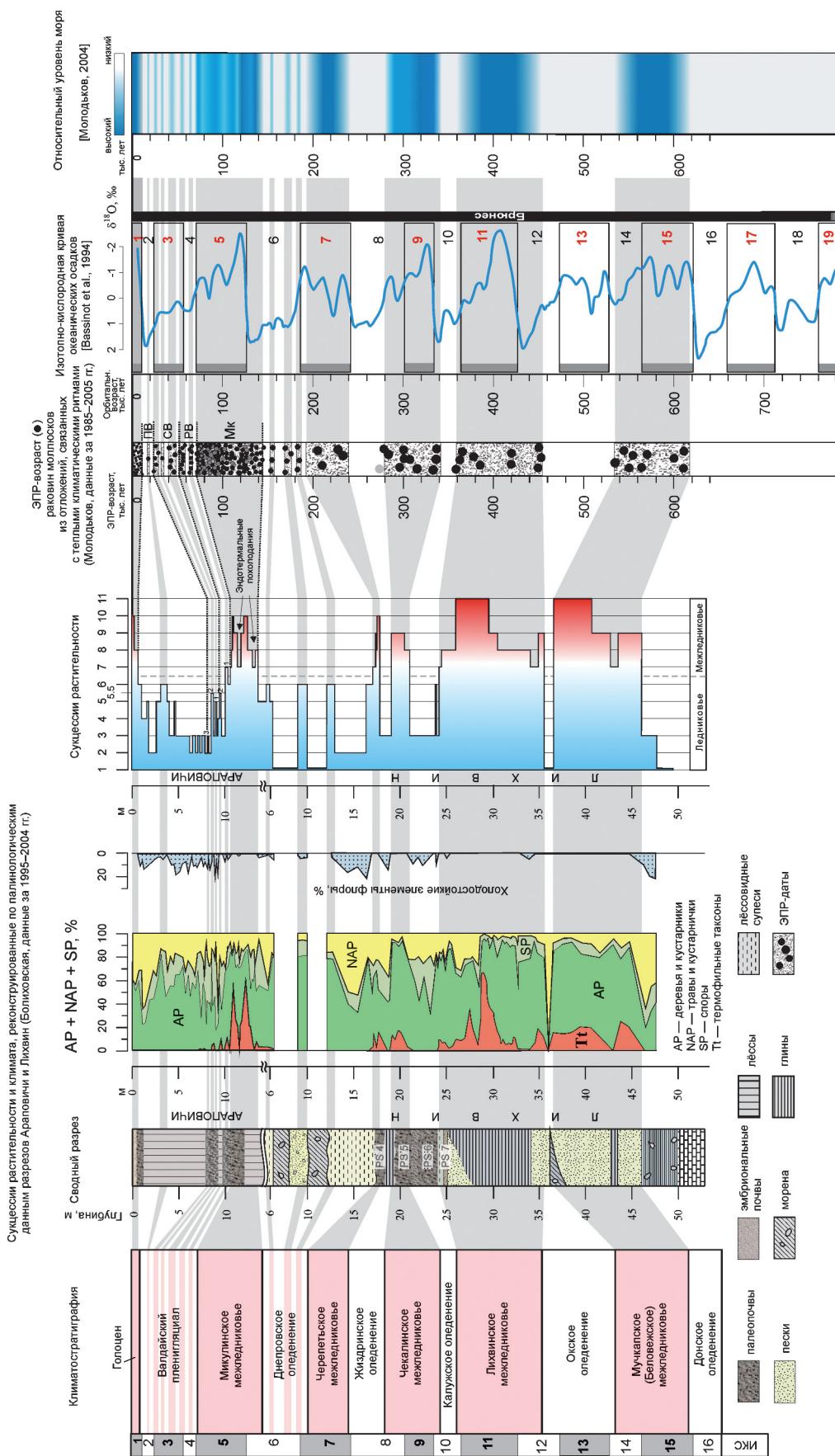


Рис. 5. Хронология и корреляция основных палеоклиматических событий последних 600 тыс. лет, реконструированных по талиногическим данным в ледниково-перигляциальной и внеледниковой зонах Восточно-Европейской равнины, с палеоклиматическими событиями, выделенными и датированными по ЭПР-данным в палеопельфовой зоне Северной Евразии (по: [Болиховская, Молольков, 1999; Молодков, Болиховская, 2002]).

По совокупности палеогеографических характеристик установлено, что окский ледниковый этап (МИС 14–12), во время которого в Восточном Предкавказье доминировали перигляциальные лесостепи, является палеогеографическим аналогом валдайского оледенения (МИС 4–2), отличавшегося господством перигляциальных лесостепей и полупустынь.

Во время мучкапского термохрона на средней Куме господствовали широколиственные леса с субтропическими породами, а большую часть Восточной Европы занимала лесная зона, в составе которой в оптимумы межледниковых доминировали леса с участием неогеновых реликтов. Палеогеографическим аналогом мучкапского межледникового (МИС 15) мы считаем микулинское межледниковые (МИС 5), во время которого на исследуемой территории также были развиты широколиственные леса, но без субтропических видов. Как и период мучкапского межледникового, микулинское время было этапом преимущественного развития на территории Восточно-Европейской равнины лесных ландшафтов [Болиховская, 2004].

Палеогеографическим аналогом донского оледенения (МИС 16), отличавшегося максимальным развитием в плейстоцене ледникового покрова, является днепровское оледенение (МИС 6), незначительно уступающее первому по площади ледникового щита. В донское время на средней Куме превалировали перигляциальные хвойно-березовые редколесья с ерниковыми сообществами. В днепровское оледенение сначала здесь доминировали близкие по составу перигляциальные редколесья, а затем в условиях возросшей континентальности климата их вытеснили перигляциальные полупустыни.

Молодым аналогом семилукского межледникового (МИС 17) является черепетьский термохрон (МИС 7). В семилукское время на средней Куме господствовали лесостепи с участками широколиственных лесов – грабинниковых, дубово-грабовых, липово-грабовых, ясенево-кленово-грабовых, березовых. В составе характерных таксонов участвовали *Picea sect. Omorica*, *Pinus subgenus Haploxyylon*, *Betula sect. Costatae*, *Carpinus betulus*, *C. orientalis*, *Quercus cf. ilex*, *Tilia cordata*, *T. tomentosa*, *Fraxinus* sp., *Acer* sp. Растительный покров черепетьского межледникового в природно-зональном отношении был близок растительности семилукского межледникового: господствовали редколесья и ксерофитные кустарниковые ценозы термофильного ряда – грабинники, дубовые, дубово-орешниковые, березовые и другие парковые леса, в которых произрастали *Betula raddeana*, *Carpinus betulus*, *C. orientalis*, *Ostrya* sp., *Corylus colurna*, *Quercus robur*, *Q. pubescens*, *Q. ilex*, *Q. petraea*, *Tilia cordata*, *T. platyphyllos*, *T. tomentosa*.

Аналог девицкого похолодания (МИС 18) – жиздринский холодный этап (МИС 8). Перигляциальные ландшафты девицкого похолодания характеризовались преобладанием березовых редколесий. Жиздринский криохрон отличался более криоаридными условиями и господством наряду с перигляциальными березовыми редколесьями кустарниковых ольховиково-ерниковых сообществ.

Господствующими типами растительности гремячьевского термохрона (МИС 19), явившегося палеогеографическим аналогом чекалинского межледникового (МИС 9), были широколиственные леса и лесостепи. В ряду лесных сукцессий гремячьевского межледникового – березовые леса, грабинники, березово-дубовые, грабовые, дубово-липово-грабовые, орехово-буково-грабовые, дубово-вязовые группировки. Характерные таксоны гремячьевской флоры Отказного – *Cedrus* sp., *Picea sect. Omorica*, *Betula sect. Costatae*, *Fagus orientalis*, *Quercus robur*, *Q. castaneifolia*, *Q. ilex*, *Carpinus caucasica*, *C. betulus*, *C. orientalis*, *Ostrya* sp., *Corylus colurna*, *Tilia platyphyllos*, *T. tomentosa*, *T. cordata*, *Morus* sp. и др. Сукцессионные процессы, доминировавшие во время чекалинского межледникового в широколиственных лесах, фиксируются фитоценотическими fazами с преобладанием близких по составу группировок (липово-вязово-грабово-дубовых, орешниково-дубовых, липово-вязово-грабово-дубовых, дубово-грабовых, ольховых и березовых). В них среди характерных таксонов выделялась группа таких термофильных элементов дендрофлоры, как *Fagus orientalis*, *Carpinus caucasica*, *C. betulus*, *Ostrya cf. carpinifolia*, *Corylus colurna*, *Acer* sp., *Quercus robur*, *Q. petraea*, *Q. ilex*, *Q. pubescens*, *Tilia platyphyllos*, *T. tomentosa*, *T. cordata*, *Ulmus laevis*, *U. scabra*, *U. campestris*, *Morus* sp. и др.

Покровское ледниковое время (МИС 20), для которого реконструировано развитие перигляциальных степей, является палеогеографическим аналогом калужского криохрона (МИС 10). Ландшафтно-климатическое своеобразие калужского холодного периода заключалось в том, что в его криогигротический максимум на исследуемой территории существование также господствовавших перигляциальных лесостепей прерывалось экспансияй еловых и кедрово-еловых лесов.

Выполненные сопоставления свидетельствуют о закономерной цикличности изменений природной среды в неоплейстоцене. Каждый цикл охватывает четыре межледниковые и четыре ледниковые эпохи. Все межледниковые более молодого цикла “калужское похолодание – голоцен” характеризуются более континентальным климатом и существенно меньшим участием в составе растительного покрова неогеновых реликтов и чуждых современной флоре растений, чем их межледниковые аналоги цикла “покровское похолодание – лихвинское межледниковые”.

Палеогеографические публикации содержат данные о климатических циклах разной продолжительности. В работах геофизиков, математиков и палеоклиматологов чаще всего рассматривается зависимость климатических колебаний от астрономических циклов – колебаний наклона эклиптики к экватору, эксцентриситета и долготы перигелия орбиты Земли [Изменения..., 1980]. Основополагающей признается гипотеза М. Миланковича [1939], согласно которой изменение эксцентриситета орбиты Земли соответствует циклу в 90–100 тыс. лет, продолжительность цикла вековых колебаний наклона эклиптики к экватору составляет ок. 40 тыс. лет, а цикла колебаний долготы перигелия – примерно 21 тыс. лет. При анализе колебаний климата и длительности климатических циклов, обусловленных солнечной радиацией и орбитальными параметрами Земли, Ш.Г. Шраф [1974] была установлена периодичность в 41 и 200 тыс. лет колебания годовой инсоляции на всех широтах Земли. В нижних широтах под влиянием эксцентриситета и долготы перигелия летняя инсоляция колеблется в основном с периодом в 21 тыс. лет, амплитуда колебаний изменяется с периодичностью в 100, 425 и 1 200–1 300 тыс. лет. В средних широтах Земли колебания летней инсоляции имеют периодичность 21 и 41 тыс. лет, а величина амплитуды колебаний, обусловленная в основном эксцентриситетом, – 100 и 425 тыс. лет.

Каков же временной объем установленных нами двух длительных циклов развития растительности и климата на протяжении неоплейстоцена? Для определения возраста и продолжительности реконструированных теплых и холодных этапов неоплейстоцена автором совместно с А.Н. Молодьевым [Болиховская, Молодьев, 1999; Molodkov, Bolikhovskaya, 2002, 2006] было проведено сопоставление континентальных отложений и палеоклиматических событий внеледниковой и ледниково-перигляциальной зон Восточно-Европейской равнины с теплыми климатическими ритмами, реконструированными на основе ЭПР-анализа раковин морских субфоссильных моллюсков из трансгрессивных отложений разрезов палеошельфовой зоны Северной Евразии и с изотопно-кислородной шкалой океанических осадков [Bassinot et al., 1994] (рис. 5).

Полученные данные о возрасте и длительности межледниковых и ледниковых климатических ритмов неоплейстоцена приведены в табл. 1. Сопоставление выявленной цикличности в изменении растительности и климата последнего миллиона лет с данными о возрасте и длительности межледниковых и ледниковых климатических ритмов свидетельствует, что продолжительность циклов в развитии природной среды неоплейстоцена равнялась примерно 450 тыс. лет (рис. 6). Такова длительность цикла “покровское по-

холодание – лихвинское межледникование” (см. рис. 6, табл. 1). Учитывая проведенные корреляционные исследования, можно заключить, что голоцен, как и его аналог – лихвинское межледникование, будет столь же продолжительным и длительность цикла “калужское похолодание – голоценовое межледникование” также составит примерно 450 тыс. лет.

Таким образом, детальную характеристику развития растительности и климата на протяжении лихвинского межледникования следует рассматривать в качестве аналоговой модели их изменений в предшествующие и будущие стадии современной межледниковой эпохи.

Лихвинскому межледниковою в разрезе Отказное отвечает формирование почвенного комплекса (ПК) IV (мощность более 3 м), состоящего из трех полноразвитых ископаемых почв. Согласно палинологическим данным, изменения растительного покрова в районе средней Кумы выражались перестройками в структуре степных ценозов и широколиственных и смешанных лесов. Об этом свидетельствуют шесть реконструированных фаз в развитии растительности (палинозоны L1–L6): L1 – лесостепи с господством разнотравно-злаковых степей и участием березовых и хвойно-березовых лесов; L2 – злаковые степи с участками орехово-дубовых лесов из *Juglans regia* и *Quercus robur*; L3 – лесостепи с буково-грабовыми и хвойно-березовыми лесами; L4, L5 – лесостепи эндотермального похолодания, представленные злаковыми степями, березняками и грабинниками из *Carpinus orientalis*; L6 – лесостепи с господством разнотравно-злаковых сообществ и орехово-грабово-дубовых лесов. Характерными таксонами лихвинской межледниковой дендрофлоры этого района были *Picea* sect. *Omorica*, *P.* sect. *Eupicea*, *Pinus* sect. *Strobus*, *P. sylvestris*, *Betula* sect. *Costatae*, *B. pendula*, *B. pubescens*, *Juglans regia*, *Fagus orientalis*, *Quercus robur*, *Ostrya* sp., *Carpinus betulus*, *C. orientalis*, *Daphne* sp. и др.

Рассматривая климаторитмику современной межледниковой эпохи в контексте природного процесса всего неоплейстоцена и сопоставляя результаты палинологического изучения голоценовых отложений Восточно-Европейской равнины [Хотинский, 1977; Болиховская, 1988, 1990а; Болиховская, Болиховский, Климанов, 1988; Палеоклиматы голоцена..., 1988; Палеоклиматы позднеледникового..., 1989; Климанов, 1996] с детальными реконструкциями климатофитоценотических сукцессий предыдущих межледниковых эпох, выполненными для практически непрерывных профилей лёссово-почвенной формации [Болиховская, 1995б], можно предположить, что голоценовый климатический ритм миновал лишь термоксеротическую стадию. Таким образом, в последующие тысячелетия следует ожи-

Таблица 1. Возраст и продолжительность ледниковых и межледниковых этапов неоплейстоцена

Этап	МИС	Возрастной интервал, тыс. лет	Продолжительность, тыс. лет
Голоцен	1	10–0	10
Валдайское оледенение	2–4	~70–10*	~60*
Микулинское межледниковые	5	~140/145–70*	~70/75*
Днепровское оледенение	6	~200–140/145*	~55/60*
Черепетьское межледниковые	7	~235–200*	~35*
Жиздринское похолодание	8	~280–235*	~45*
Чекалинское межледниковые	9	~340–280*	~60*
Калужское похолодание	10	~360–340*	~20*
Лихвинское межледниковые	11	~455–360*	~95*
Окское оледенение	12–14	~535–455*	~80*
Мучкапское межледниковые	15	~610–535*	~75*
Донское оледенение	16	659–610*	~50*
Семилукское межледниковые	17	712–659**	53**
Девицкое (сетуньское) оледенение	18	759–712**	47**
Гремячевское межледниковые	19	787–759**	28**
Покровское (ликовское) оледенение	20	815–787**	28**
Петропавловское межледниковые	21	860–815**	45**

*По А.Н. Молодькову [Molodkov, Bolikhovskaya, 2002].

**По: [Bassinot et al., 1994].



Рис. 6. ~450-тысячелетние циклы в развитии растительности и климата неоплейстоцена (по данным палинологического изучения разреза Отказное). Шкала времени и продолжительность климатических ритмов даны по результатам ЭПР-определений А.Н. Молодькова [Molodkov, Bolikhovskaya, 2002]. Возраст изотопных стадий 17–20 по: [Bassinot et al., 1994].

дать, вероятно, наступления термогигротической стадии межледниковых, т.е. климата более теплого и влажного, чем тот, который существовал в оптимум атлантического периода голоцена. Анализ палеоклиматических кривых, полученных для последних 10 тыс. лет в различных районах Северной Евразии, позволил заключить, что с конца суббореального периода (примерно с 2,2–2,5 тыс. л.н.) и до настоящего времени все колебания климата, измеряемые столетиями и меньшими периодами времени, проходят на фоне эндотермального похолодаия голоцена.

Направленность и метахронность в развитии межледниковой флоры и растительности неоплейстоцена

Анализ опубликованных данных позволяет говорить о единой точке зрения исследователей на характер направленных изменений климата на протяжении плейстоцена. По мнению специалистов, в этот период шло нараставшее похолодание; климат каждой межледниковой или ледниковой эпохи был холоднее и континентальнее, чем климат предшествовавшего межледниковых или ледниковых.

Обобщив палеоботанические данные по межледниковым толщам континента, В.П. Гричук пришел к заключению, что в разных районах Европы, “относившихся к территориям с различными физико-географическими, и в первую очередь климатическими, условиями, изменения флоры на протяжении четвертичного периода имели очень сходный характер. Основным являлся процесс постепенного обеднения состава дендрофлоры, выражавшийся в закономерно идущем уменьшении количества географических групп родов и числа самих родов, слагавших флору последовательных межледниковых эпох” [1989, с. 29]. Конкретизируя этот вывод, он указал на невозможность палеогеографической ситуации, когда “межледниковая эпоха с флорой более бедной экзотическими элементами предшествует межледниковою с более богатой флорой” [Там же, с. 30]. Иными словами, межледниковые отложения с более бедной неогеновыми реликтами флорой должны считаться моложе, чем межледниковые отложения, содержащие более богатую неогеновыми реликтами флору.

Как показали последующие исследования, появление этого ошибочного, на наш взгляд, палеоботанического критерия стратиграфии обусловлено отсутствием данных по ряду межледниковых раннего и среднего неоплейстоцена и тем, что реконструкции выполнялись по ископаемым флорам удаленных на значительные расстояния друг от друга разрезов, в

которых были представлены (или были изучены) отложения только одной межледниковой эпохи плейстоцена. Результаты обстоятельный палинологического анализа разрезов Лихвин (Чекалин), Стрелица и Отказное, содержащих горизонты всех звеньев неоплейстоцена, позволили выявить реальную последовательность палинофлор и особенности изменений растительности в ледниково-перигляциальной и внеледниковой зонах Восточно-Европейской равнины [Болиховская, 1995б]. Полученные материалы не подтвердили представления о том, что повсеместно каждая последующая межледниковая эпоха должна характеризоваться флорой, более бедной экзотическими элементами, чем флора предшествующего межледниковых. Сопоставление последовательных рядов реконструированных климатофитоценотических сукцессий, а также межледниковых, перигляциальных и гляциальных палинофлор в этих наиболее полных разрезах областей распространения морены днепровского ледникового языка, морены донского ледникового языка и во внеледниковой области, содержащих информацию о почти непрерывном ходе развития природных систем в раннем, среднем и позднем неоплейстоцене, выявило существенно иную закономерность в развитии флоры и растительности.

Установлено, что несомненно нараставший в позднем кайнозое в целом процесс обеднения межледниковых флор экзотическими элементами на отдельных этапах раннего или среднего неоплейстоцена нарушился появлением флор, имевших более разнообразный состав таксонов и более богатый набор неогеновых реликтов, чем флора предшествовавшего межледниковых. Эти “нарушения” процесса направленных изменений имели региональную специфику.

В современных степных и лесостепных районах Восточно-Европейской равнины флоры мучкапского межледниковых, являвшиеся флорами лесного типа, по составу родов и видов древесно-кустарниковых растений, количеству и разнообразию неогеновых реликтов были значительно богаче лесостепных флор предшествовавших гремячевского и семилукского межледниковых. Например, полученные данные показали, что на крайнем юго-востоке Восточно-Европейской равнины на территории средней Кумы гремячевская (раннеильинская) межледниковая флора, которая включает ок. 50 таксонов (в т.ч. кедр *Cedrus* sp., ель *Picea* sect. *Omorica*, береза *Betula* sect. *Costatae*, бук *Fagus orientalis*, дуб *Quercus robur*, *Q. petraea*, *Q. castaneifolia*, *Q. ilex*, граб *Carpinus caucasica*, *C. betulus*, грабинник *Carpinus orientalis*, хмелеграб *Ostrya* cf. *carpinifolia*, орех медвежий *Corylus colurna*, липа *Tilia platyphyllos*, *T. tomentosa*, *T. cordata*, шелковица *Morus* sp. и др.), и более бедная семилурская (позднеильинская) межледниковая фло-

ра содержат меньшее количество неогеновых реликтов и таксонов в целом, чем последующая мучкапская флора. Лесную мучкапскую флору представляют 90 таксонов, среди которых тсуга *Tsuga canadensis*, кедр *Cedrus* sp., кедровая сосна *Pinus* sect. *Cembra*, лапина *Pterocarya pterocarpa*, гикори *Carya* sp., орех *Juglans cinerea*, *J. regia*, ликвидамбар *Liquidambar*, каштан *Castanea* sp., каркас *Celtis* sp., падуб *Ilex aquifolium*, бук *Fagus orientalis*, *F. sylvatica*, граб *Carpinus caucasica*, *C. betulus*, грабинник *Carpinus orientalis*, плющ *Hedera* sp., бересклетокрас *Kalonymus* sp., клекачка *Staphylea* sp., волчеядовник *Daphne* sp., рододендрон *Rhododendron* sp., чистоуст *Osmunda regalis*, *O. claytoniana*, *O. cinnamomea* и др.

В центральных районах современной лесной зоны по этим же показателям флоры лихвинского s.str. межледниковых, в термический максимум которого в северо-западном секторе Среднерусской возвышенности господствовали широколиственные дубово-грабовые леса, были значительно богаче флор предшествовавшего мучкапского межледниковых, отличавшегося преобладанием в наиболее теплые фазы елово-широколиственных и вязово-ду-

бовых лесов. В число характерных и показательных таксонов средненеоплейстоценовой лихвинской флоры района верхней Оки, содержащей 90 наименований, входят тсуга *Tsuga canadensis*, тис *Taxus baccata*, пихта *Abies alba*, ель *Picea* sect. *Omorica*, *P. excelsa*, кедровидная сосна *Pinus* sect. *Cembra*, *P. sect. Strobus*, сосна обыкновенная *P. sylvestris*, лиственница *Larix* sp., береза *Betula* sect. *Costatae*, *B. pendula*, *B. pubescens*, орех серый *Juglans cinerea*, орех греческий *J. regia*, лапина *Pterocarya fraxinifolia*, самшит *Buxus* sp., граб *Carpinus betulus*, каштан *Castanea sativa*, падуб *Ilex aquifolium*, бук *Fagus sylvatica*, *F. orientalis*, дуб *Quercus castaneifolia*, *Q. petraea*, *Q. robur*; *Q. pubescens*, дзелька *Zelkova* sp., каркас *Celtis* sp., вяз *Ulmus propinqua*, *U. laevis*, *U. campestris*, ясень *Fraxinus* sp., липа *Tilia platyphyllos*, *T. tomentosa*, *T. cordata*, клен *Acer* sp., медвежий орех *Corylus colurna*, лещина *Corylus avellana*, ольха *Alnus glutinosa*, *A. incana*, трескун амурский *Ligustrina amurensis*, рододендрон *Rhododendron* sp., виноград *Vitis* sp., восковница *Myrica* sp., чистоуст *Osmunda claytoniana*, *O. cinnamomea*, сальвиия *Salvinia natans* и др. В значительно более ограничен-

Таблица 2. Состав неогеновых реликтов во флорах юга Восточно-Европейской равнины*

Род	N ³ ₂	Q _I	Q _{II}	Q _{III}	Q _{IV}
<i>Tsuga</i>	+				
<i>Taxodium</i>	+				
<i>Taxus</i>	+				
<i>Nyssa</i>	+				
<i>Zelkova</i>	+				
<i>Ilex</i>	+				
<i>Pterocarya</i>	+	+			
<i>Carya</i>	+	+			
<i>Ostrya</i>	+	+			
<i>Rhus</i>	+	+			
<i>Liquidambar</i>	+	+			
<i>Fagus</i>	+	+	+		
<i>Castanea</i>	+	+	+		
<i>Myrica</i>	+	+	+		
<i>Abies</i>	+	+	+	+	
<i>Picea</i> sect. <i>Omorica</i>	+	+	+	+	
<i>Pinus</i> s.g. <i>Haploylon</i>	+	+	+	+	
<i>Juglans</i>	+	+	+	+	
<i>Morus</i>	+	+	+	+	
<i>Osmunda</i>	+	+	+	+	
<i>Carpinus</i>	+	+	+	+	+
Количество родов	21	15	9	7	1

*По: [Болиховская, 1996б].

Таблица 3. Состав географических групп родов дендрофлоры в плейстоценовых отложениях разреза Отказаное (Восточное Предкавказье)

		Географическая группа родов				
Стратиграфическое подразделение		1. Панголарктическая	2. Американско-евроазиатская	3. Американско-средиземноморская	Группа флор по: [Гричук В.П., 1989]	
P33Aren		Этап	Tsuga	Carya	Pseudolarix	Podocarpus
Голоцен						6. Субтропическая амеликация
Валдайское оледенение						5. Среднеамериканско-европейская амеликация
Микулинское межледниковые						4. Американско-европейско-субтропическая амеликация
Днепровское оледенение						3. Американско-средиземноморская
Черепетьское межледниковые						2. Американско-евроазиатская
Жидринское похолодание						1. Панголарктическая
Чекалинское межледниковые						
Калужское похолодание						
Лихвинское межледниковые						
Оксское оледенение						
Мучакапское межледниковые						
Донское оледенение						
Ильинские этапы						
Эоплейстоцен						

ном по количеству неогеновых реликтов и таксонов в списке ранненеоплейстоценовой мучкапской флоры верхней Оки представлены только *Tsuga canadensis*, *Picea sect. Omorica*, *P. sect. Eupicea*, *Abies* sp., *Pinus sect. Cembra*, *P. sect. Strobus*, *Larix* sp., *Rhus* sp., *Carpinus betulus*, *C. orientalis*, *Fagus sylvatica*, *Quercus robur*, *Q. pubescens*, *Tilia platyphyllos*, *T. cordata*, *Ilex aquifolium*, *Ulmus laevis*, *U. glabra*, *U. campestris*, *Osmunda cinnamomea*, *O. claytoniana*, а также отсутствующие в более молодых межледниковых флорах *Cedrus* sp. (автохтонный элемент дальнего заноса), *Tilia amurensis*, *Osmunda regalis*, папоротник *Woodsia manchuriensis*, *W. fragilis*, отнесенные нами к показательным видам мучкапского межледникового центра Русской равнины [Болиховская, 1995б]. Эти данные подтверждаются также материалами по флорам ранненеоплейстоценовых межледниковых осадков других разрезов в центре Восточно-Европейской равнины – Акулово, Балашиха, Подруднянский, Глазово, Польное Лапино и др., которые В.П. Гричук в соответствии с указанным выше палиностратиграфическим критерием [1989, табл. 19, 20 и 28] ошибочно относил к послелихвинским межледниковым образованиям.

Таким образом, на основании новых и более полных, чем полученные ранее, палеоботанических данных выявлена региональная специфика направленного изменения плейстоценовых флор. Установлено, что направленный процесс обеднения межледниковых неоплейстоценовых флор неогеновыми реликтами и уменьшения количества участвовавших в них родов и видов растений в областях современных степной и лесостепной зон происходил начиная с мучкапского межледникового, а в областях современной лесной зоны – начиная с лихвинского s.str. межледникового. В то же время четко проявилась и повсеместная закономерность. Установлено, что закономерность направленного развития флоры Восточно-Европейской равнины в плейстоцене, выраженная в сокращении и исчезновении родов, чуждых современной дендрофлоре этой территории, четко прослеживается при сопоставлении всей совокупности межледниковых флор одного звена неоплейстоцена с интегральными межледниковыми флорами другого звена. Этую общую для всех районов Северной Евразии закономерность направленного развития флоры наглядно иллюстрируют, например, сводные данные о составе неогеновых реликтов в ранне-, средне- и поздненеоплейстоценовых флорах южных районов (табл. 2), а также о составе географических групп родов дендрофлоры в палинофлорах разреза Отказаное (табл. 3).

Анализ репрезентативных палеоботанических материалов, характеризующих последовательные изменения флор по наиболее полным разрезам неоплейстоцена, свидетельствует, что только ранненео-

плейстоценовые межледниковые флоры в целом имеют большее разнообразие таксонов и содержат большее количество родов и видов, чуждых современной флоре, чем средненеоплейстоценовые межледниковые флоры. Поздненеоплейстоценовые флоры по этим же показателям уступают совокупности средненеоплейстоценовых флор.

Согласно материалам, полученным нами по ископаемым палинофлорам в последние десятилетия, наряду с общей (но иной, чем представлялась ранее) закономерностью направленного развития флоры и растительности в разных районах Восточно-Европейской равнины, проявлялись и региональные особенности их эволюции на протяжении неоплейстоцена. Свообразие развития региональных флор и растительных сообществ было обусловлено глобальными климатическими процессами в неоплейстоцене и географическим положением районов изученных разрезов позднекайнозойских отложений. От положения района в системе климатической и ботанической палеозональности зависело соотношение тепло- и влагообеспеченности растительности в конкретные межледниковые эпохи, что, в свою очередь, определяло степень участия в составе палеофлор термофильных элементов и неогеновых реликтов.

Закономерности пространственной дифференциации растительного покрова в межледниковые и ледниковые эпохи неоплейстоцена

Межледниковая растительность. Реконструкции состава флор и формаций палеорастительности климатических оптимумов различных межледниковых эпох неоплейстоцена, полученные для всех охарактеризованных к настоящему времени палинологическими данными районов Восточно-Европейской равнины, свидетельствуют о климатических условиях, близких климатическим условиям оптимума голоцене и современным климатическим условиям на территории этих районов или более мягких. Доминирующими типами межледниковой лесной растительности, простиравшейся от северного побережья далеко на юг, были бореальные (мелколистственные и хвойные – бересковые, сосновые, еловые и др.) и неморальные (широколистственные и хвойно-широколистственные) леса. Значительно более ограниченное распространение имела степная растительность, представленная различными степными и лесостепными формациями. Тундры и лесотундры, характерные ныне для прибрежных районов Баренцева моря, а также полупустыни и пустыни, развитые в настоящее время на Прикаспийской низменности, согласно палиоспектрам неоплейстоценовых межледниковых отложений, в

межледниковые этапы на территории Восточно-Европейской равнины отсутствовали [Гричук В.П., 1989; Болиховская, 2004].

Зональная дифференциация растительного покрова всех межледниковых эпох на территории Восточно-Европейской равнины была относительно простой: обширную лесную зону южнее сменяли лесостепи и степи. Последние смыкались с предгорными степями Кавказа и Крыма, далее на юг сменявшимися предгорными лесостепями и лесами. Вместе с тем значительным было разнообразие межледниковых лесных формаций. Например, для межледниковой последних 900 тыс. лет в ледниково-перигляциальных и внеледниковых районах равнины реконструирована следующая совокупность доминировавших лесных формаций [Болиховская, 2004]: сосново-березовые редколесья; лиственнично-сосново-березовые редколесья; сосново-березовые леса; еловые леса; березовые редколесья с примесью широколистенных пород; березовые леса с примесью широколистенных пород; сосново-березовые леса с примесью широколистенных пород; елово-сосново-березовые леса с примесью широколистенных пород; сосново-еловые леса с примесью широколистенных пород; березово-широколистенные леса; сосново-березово-широколистенные леса; елово-сосново-березово-широколистенные леса; сосново-кедрово-широколистенные леса; сосново-елово-широколистенные леса; елово-широколистенные леса; елово-пихтово-широколистенные леса; широколистенные (*Quercetum mixtum*) леса;шибляковые дубовые и грабинниковые леса; хвойные леса с единичными субтропическими элементами; смешанные хвойно-широколистенные леса с единичными субтропическими элементами; елово-широколистенные леса с субтропическими элементами; полидоминантные широколистенные леса из ореха, бук, граба, дуба, липы, вяза и др. пород; широколистенные леса с субтропическими элементами; полидоминантные широколистенные леса с субтропическими элементами; широколистенные теневые с господством граба *Carpinus betulus* леса.

Также широким было разнообразие лесных сообществ в составе лесостепных и степных ландшафтов межледниковых эпох.

Перигляциальная растительность. Рассмотрим особенности растительного покрова ледниковых периодов, представленного различными типами перигляциальной растительности.

К.К. Марков [Марков и др., 1968] писал, что термин “перигляциальный” дословно означает “при-ледниковый”, что предполагает наличие ледникового покрова в тылу перигляциального района. Однако, как он подчеркивал, это понимание неверное, слишком

узкое, т.к. перигляциальный климат, перигляциальные ландшафты и соответствующая им перигляциальная растительность развиваются не только в области покровного оледенения, но и в областях распространения многолетнемерзлых отложений, в условиях подземного оледенения. По нашим данным, основные отличия перигляциальных палинспектров от межледниковых палинспектров выражаются: 1) значительно более низким содержанием или полным отсутствием пыльцы термофильных элементов дендрофлоры и микрофоссилий тепло- и влаголюбивых травянистых растений; 2) автохтонным совмещением микростатков тундровой, бореально-лесной и пустынно-степной флор; 3) заметной ролью пыльцы и спор растений, произрастающих ныне в различных эдафических условиях – на заболоченных и луговых местообитаниях, участках с эродированным почвенным покровом, экотопах с засоленными субстратами, указывающими на существование многолетнемерзлых грунтов [Болиховская, 1999].

В комплексе палинологических исследований плейстоценовых отложений значительную трудность составляют фитоценотическая интерпретация перигляциальных палинспектров и их типизация. Известная условность терминов и определений, используемых во всех работах, посвященных характеристике и пространственно-зональной дифференциации перигляциальной растительности, объясняется отсутствием прямых аналогов среди современных фитоценозов и неполнотой палеоботанической информации. Нами, согласно объему собранных палеоботанических данных, перигляциальные палеофитоценозы ледниковых этапов реконструированы и дифференцированы в зависимости от доли участия в характеризующих их перигляциальных палинспектрах тех или иных флористических элементов – арктоальпийских, гипарктических, бореально-лесных, степных, пустынно-степных и т.д. Тундростепи реконструируются по спектрам с высоким, но примерно равным участием тундровых и степных элементов, а тундро-лесостепи – по сходным спектрам, но с более значительным содержанием таких бореальных элементов дендрофлоры, как сосна, лиственница, береза, ива и др. Перигляциальные тундры характеризуются спектрами с господством тундровых элементов; перигляциальные лесотундры фиксируются спектрами, в которых преобладают тундровые и бореально-лесные элементы. Перигляциальные редколесья идентифицируются по спектрам с доминирующей ролью бореально-лесных элементов; перигляциальные лесостепи отличаются спектрами, в которых превалируют бореально-лесные и степные элементы; перигляциальные степи характеризуются спектрами с господством степных элементов. Выделена также группа экстрагляциальных формаций растительнос-

ти, характерных для самых южных районов Северной Евразии. Они реконструированы по перигляциальным спектрам, в которых преобладают микроостатки представителей лесных, степных и пустынно-степных флор; заметно содержание (но значительно меньшее, чем в межледниковых оптимальных фло-рах) термофильных элементов, а роль криофитов, которые присутствуют всегда и обычно представлены остатками *Betula fruticosa* (редко *Betula nana*, *Alnaster fruticosus* и др.), незначительна. В зависимости от доли участия в палинспектрах эдификаторных – лесных, степных, пустынно-степных и пустынных –

флористических элементов реконструируемые фитоценозы названы экстрагляциальными: лесами, редколесьями, лесостепями, степями, полупустынями.

Судя по разнообразию палинспектров ледниковых этапов, в т.ч. межстадиальных и межфазиальных интервалов, полный зональный ряд плейстоценовой перигляциальной растительности Восточно-Европейской равнины включает три группы типов палеорастительности: 1) ультраперигляциальные тундростепи и тундролесостепи; 2) перигляциальные тундры, лесотундры, редколесья, лесостепи, степи; 3) экстрагляциальные полупустыни, степи, лесостепи,

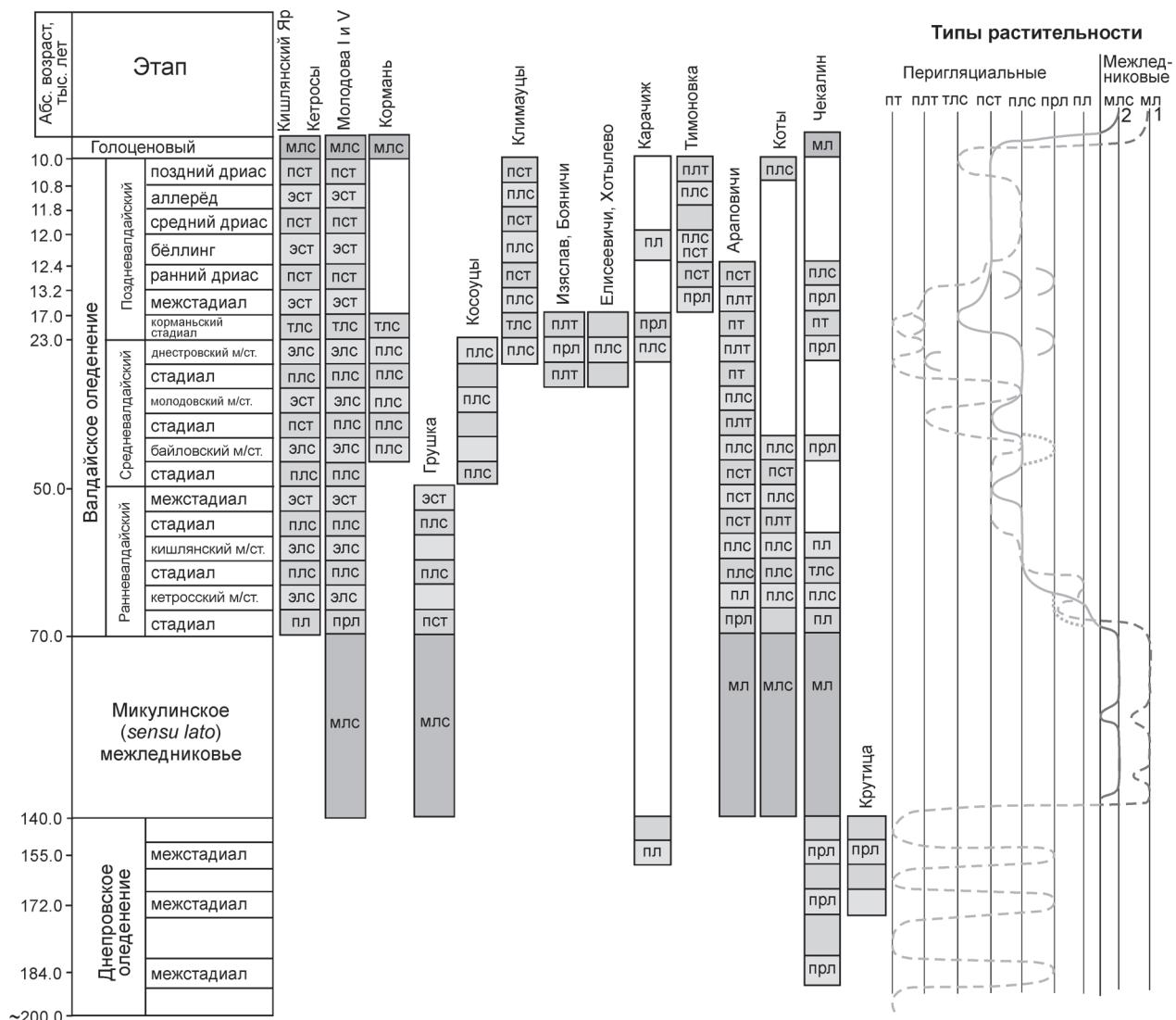


Рис. 7. Климатостратиграфия и основные этапы изменения зональных типов растительности Восточно-Европейской равнины (в пределах современных смешанных (1) и широколиственных (2) лесов) за последние 200 тыс. лет. Абсолютный возраст по А.Н. Молодькову [Болиховская, Молодьков, 2005].

пт – перигляциальные тундры; плт – перигляциальные лесотундры; тс – тундро-степи; тлс – тундро-лесостепи; прл – перигляциальные редколесья; пл – перигляциальные леса; пп – перигляциальные полупустыни; пст – перигляциальные степи; плс – перигляциальные лесостепи; эст – экстрагляциальные степи; элс – экстрагляциальные лесостепи; эрл – экстрагляциальные редколесья; эл – экстрагляциальные леса; мл – межледниковые леса; млс – межледниковые лесостепи; мст – межледниковые степи.

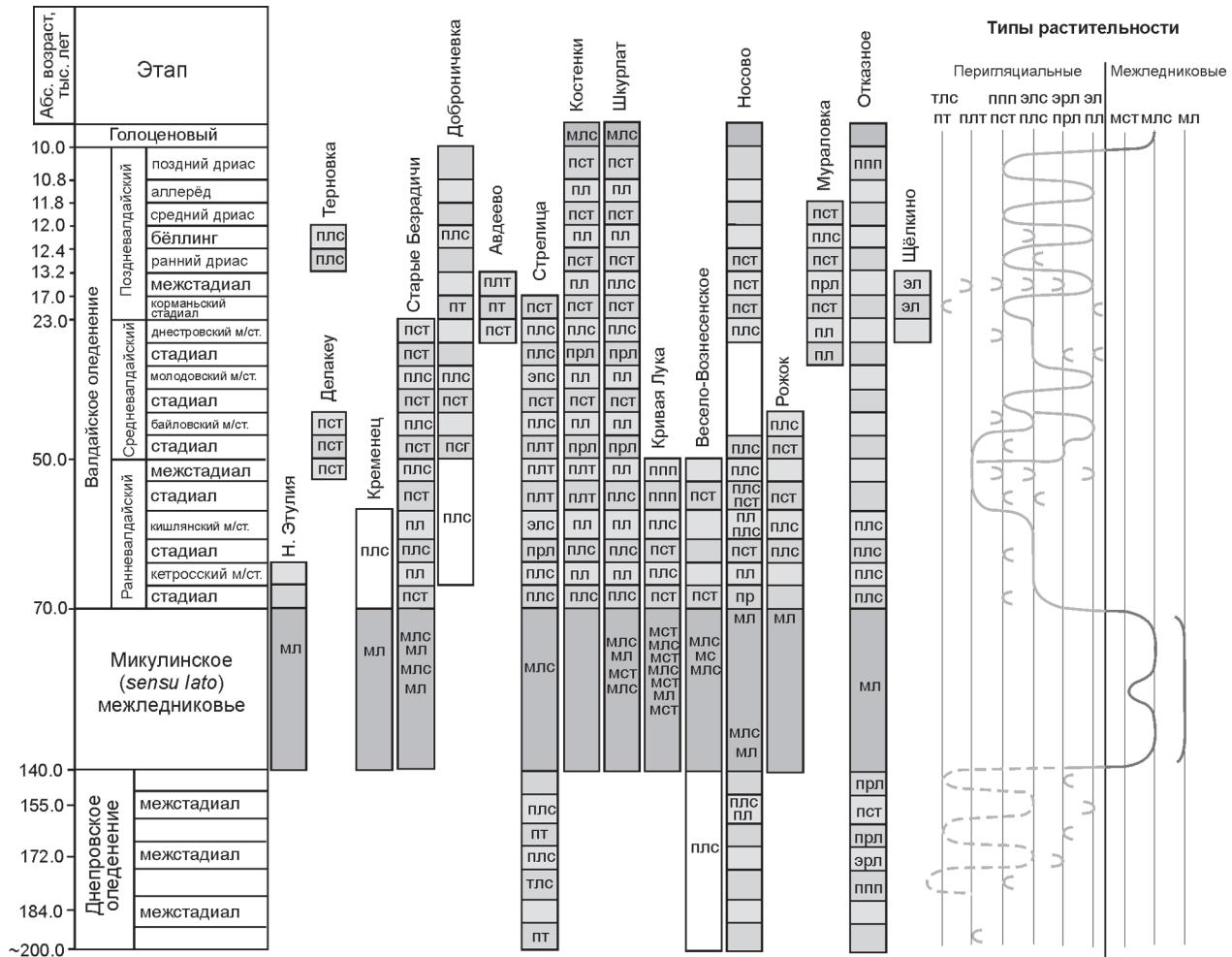


Рис. 8. Климатостратиграфия и основные этапы изменения зональных типов растительности Восточно-Европейской равнины (в пределах современных степей и лесостепей) в последние 200 тыс. лет. Абсолютный возраст по А.Н. Молодькову [Болиховская, Молодьков, 2005].
Усл. обозн. см. на рис. 7.

редколесья, леса. Ультраперигляциальные и перигляциальные (или стеноперигляциальные) растительные сообщества и флоры формировались в постоянно сухом ледниковом климате. Экстрагляциальные растительные сообщества и флоры также развивались в условиях ледниковых эпох, но или в защищенных орографическими преградами, или в самых удаленных от края ледниковых покровов областях, испытывавших более слабое влияние ледникового климата, а на юге, возможно, и отепляющее воздействие морских бассейнов [Там же].

Зональный ряд реконструированной плейстоценовой перигляциальной растительности ледниково-перигляциальной зоны Восточно-Европейской равнины в пределах Десницко-Днепровской, Северо-Среднерусской и Окско-Донской областей составляют: перигляциальные тундры, лесотундры, тундростепи, тундролесостепи, перигляциальные степи,

лесостепи, сосново-березовые редколесья, лиственнично-сосново-березовые редколесья, экстрагляциальные степи, лесостепи, сосново-березовые редколесья. Палеорастительность холодных эпох дополняют типы перигляциальной растительности Восточно-Предкавказской внеледниковой области: перигляциальные полупустыни и сухие степи, степи, лесостепи, березовые и хвойно-березовые редколесья, экстрагляциальные лесостепи, березовые редколесья, еловые и кедрово-еловые леса, а также зональный ряд перигляциальной растительности Днестровско-Прutской внеледниковой области: тундролесостепи, перигляциальные лесостепи, степи, сосновые редколесья, сосновые леса, экстрагляциальные степи, сухие степи, лесостепи, сосновые леса [Болиховская, 1995б].

О гиперзональности растительного покрова неоплейстоцена. Сопоставление шкал зональных и

подзональных типов перигляциальной растительности с подобными шкалами реконструированной межледниковой растительности показало, что количественно зональные и подзональные типы перигляциальной растительности значительно превосходили зональные и подзональные типы растительности межледниковых эпох. Правомерность такого вывода о закономерностях пространственной дифференциации межледниковых и перигляциальных растительных покровов подтверждают выполненные автором реконструкции последовательных изменений растительности в южной половине Восточно-Европейской равнины на протяжении последних 200 тыс. лет (рис. 7, 8), а также составленные В.П. Гричуком [1989] карты палеозональности поздневалдайского климатического пессимума и оптимальных фаз микулинского межледникового (табл. 4).

В межледниковые эпохи на территории Восточно-Европейской равнины наибольшее распространение получили лесные типы растительности. В ледниковые эпохи здесь доминировали открытые

перигляциальные ландшафты – тундростепи и тундролесостепи, перигляциальные тунды, лесотунды, степи, лесостепи, редколесья и т.д. Явление т.н. гиперзональности было свойственно и оптимумам межледниковых, и стадиям ледниковых климатических ритмов. Материалы по перигляциальной растительности, впервые полученные в столь обширном объеме [Болиховская, 1995б], позволили установить следующую закономерность: зональная и подзональная дифференциация растительного покрова в холодные этапы неоплейстоцена была более значительной, чем зональная и подзональная дифференциация растительного покрова теплых этапов. Заметим также, что эта закономерность выдерживается и при сравнении растительного покрова эндотермальных похолоданий и оптимальных фаз межледниковых эпох. Дифференциация растительного покрова в эндотермальные похолодания межледниковых была более значительной, чем дифференциация растительного покрова во время климатических оптимумов термохронов.

Таблица 4. Межледниковые и перигляциальные типы растительности позднего неоплейстоцена на Русской равнине*

Тип растительности климатического оптимума микулинского межледникового	Тип растительности климатического пессимума поздневалдайского оледенения
<p>Бореальный: 1 – березовое и сосновое редколесье; 2 – березовые и смешанные хвойные леса; 3 – еловые и березовые леса с небольшим участием дуба и вяза; 4 – еловые и березовые леса с участием граба, дуба и липы</p> <p>Неморальный: 5 – грабовые леса с дубом, березой и елью; 6 – грабовые леса с липой и дубом; 7 – грабовые (на западе) и смешанные широколиственные леса с елью; 8 – грабовые и сосново-широколиственные леса; 9 – широколиственные леса из граба (к западу от Волги), липы и дуба; 10 – широколиственные и хвойно-широколиственные леса сложного состава (эвксинские формации)</p> <p>Степной: 11 – луговые степи в сочетании с лесами из граба и дуба (на западе) и дуба (на востоке); 12 – степи злаковые</p>	<p>Перигляциально-тундровый: 1 – арктические пустыни и кустарничково-моховые тундровые группировки; 2 – сочетание тундровых и остепненных ассоциаций с лиственничным, березовым и сосновым редколесьем (приледниковая растительность, северный вариант); 3 – сочетание степных и тундровых ассоциаций с сосновым и березовым редколесьем (приледниковая растительность, южный вариант); 4 – мохово-кустарниковые равнинные и горные ассоциации в сочетании с березовым и еловым редколесьем (урало-западносибирские формации)</p> <p>Перигляциально-степной: 5 – луговые степи с формациями березовых, сосновых и еловых лесов, тундровыми группировками и галофильными группировками степного характера; 6 – луговые степи с формациями березовых и сосновых лесов и галофильными сообществами степного характера; 7 – луговые степи с формациями березовых и сосновых (с участием дуба, вяза и липы) лесов; 8 – разнотравно-злаковые степи с галофильными группировками</p> <p>Бореальный: 9 – формации хвойных лесов на западе с небольшим участием широколиственных пород</p> <p>Неморальный: 10 – формации неморальных лесов из дуба и липы с большим участием хвойных пород; 11 – формации неморальных хвойно-широколиственных и широколиственных лесов</p> <p>Степной: 12 – степи разнотравные и злаковые; 13 – полынные степи с понтическими элементами (<i>Sueda confusa</i> и др.); 14 – растительность лугового характера с галофильными группировками на осушенных шельфах и засоленных морских побережьях</p>

*По: [Гричук В.П., 1989].

Заключение

Детальные реконструкции флористических, фитоценотических и климатических сукцессий в ряде характерных, различающихся историей палеогеографического развития страторайонов Восточно-Европейской равнины позволили уточнить структуру климатической ритмичности – количество межледниковых и ледниковых (холодных) ритмов в пределах неоплейстоцена и особенности климаторитмики внутри теплых и холодных эпох. Они кардинально изменили представления о ходе направленного изменения флоры и растительности в неоплейстоцене и о специфике пространственной дифференциации растительного покрова в межледниковые и ледниковые эпохи.

1. Пространственная дифференциация перигляциальной растительности была более значительной, чем пространственная дифференциация растительного покрова межледниковых эпох. Разнообразие зональных и подзональных типов растительности холодных периодов было большим, чем разнообразие зональных и подзональных типов растительности межледниковых эпох.

2. Изменения природной среды Восточно-Европейской равнины на протяжении неоплейстоцена были обусловлены сменами 17 глобальных климатических ритмов (девять межледниковых и восемь разделяющих их оледенений или похолоданий ледникового ранга). Внутри ледниковых и межледниковых ритмов выделяются более дробные климатостратиграфические единицы: эндотермальные похолодания, термоксеротические и термогигротические стадии в межледниковых климатических ритмах; стадиалы, межстадиалы, межфазиалы, криогигротические и криоксеротические стадии в ледниковых климатических ритмах.

3. Сравнительный анализ почти непрерывной последовательности климатофитоценотических и флористических сукцессий выявил четвертую важнейшую закономерность в развитии природной среды – цикличность.

Прослежены два длительных цикла изменения флоры, растительности и климата Восточно-Европейской равнины в неоплейстоцене, обусловливавших природные особенности каждого межледникового и ледникового этапов.

Выполненная нами и А.Н. Молодьевым [Болиховская, Молодьев, 1999; Molodkov, Bolikhovskaya, 2002] корреляция различных палеоклиматических событий (реконструированы по палинологическим данным в континентальных районах, выделенных в палеошельфовой зоне Северной Евразии и датированных ЭПР-методом, а также представлены на изотопно-кислородной шкале океанических осадков) позволила определить абсолютный возраст и продол-

жительность межледниковых и ледниковых климатических ритмов последних 900 тыс. лет (см. табл. 1).

Согласно этим хроностратиграфическим данным, установленные циклы в развитии природной среды Восточно-Европейской равнины имели продолжительность примерно 450 тыс. лет. Каждый такой цикл охватывал четыре межледниковые и четыре ледниковые эпохи. Все межледниковые цикла “калужское похолодание – голоценовое межледниковые” характеризовались более континентальным климатом и существенно меньшим участием в составе растительного покрова неогеновых реликтов и чуждых современной флоре растений, чем их межледниковые аналоги цикла “покровское похолодание – лихвинское межледниковые”. Каждый из межледниковых или ледниковых этапов более молодого 450-тысячелетнего цикла имел свой палеогеографический аналог в предшествующем 450-тысячелетнем цикле (см. рис. 6).

Цикличность, как и направленность, ритмичность и метахронность, относится к главным закономерностям изменения природной среды в неоплейстоцене. Установление этой закономерности выводит на новый уровень перспективы палиноклиматостратиграфических исследований не только в решении вопросов стратиграфии и палеогеографии плейстоцена (определения геологического возраста отложений, периодизации палеогеографических событий и палеореконструкций природной среды), но и в прогностическом моделировании изменения различных компонентов природной среды.

Благодарности

Многолетние экспедиционные работы проводились автором в составе коллективов, осуществлявших междисциплинарные исследования опорных разрезов плейстоцена Северной Евразии. Хроностратиграфические определения палеогеографических этапов были получены совместно с А.Н. Молодьевым, руководителем лаборатории геохронологии четвертичного периода Института геологии Таллинского технического университета (Эстония). Цветное оформление иллюстраций выполнено А.В. Абдульмановой. Автор выражает всем коллегам сердечную благодарность за сотрудничество и оказанную помощь.

Список литературы

Алексеев М.Н., Борисов Б.А., Величко А.А., Гладенков Ю.Б., Лаврушин Ю.А., Шик С.М. Об общей стратиграфической шкале четвертичной системы // Стратиграфия. Геологическая корреляция. – 1997. – Т. 5, № 5. – С. 105–108.

Болиховская Н.С. Растительность лихвинского межледникового по данным палинологического анализа

окско-днепровских отложений Чекалинского разреза (Тульская область) // Вестн. Моск. гос. ун-та. Сер. геогр. – 1974. – № 3. – С. 95–96.

Болиховская Н.С. Палинология лёссов и погребенных почв Русской равнины // Проблемы общей физической географии и палеогеографии. – М.: Изд-во Моск. гос. ун-та, 1976. – С. 257–277.

Болиховская Н.С. Растительность микулинского межледникова в по данным палинологического анализа полигенетической ископаемой почвы близ стоянки Молодова I // Молодова I. Уникальное мустерьерское поселение на среднем Днестре. – М.: Наука, 1982. – С. 145–154.

Болиховская Н.С. К истории растительности и климата Подмосковной Мещеры в голоцене // Палеоклиматы голоцена европейской территории СССР. – М.: Наука, 1988. – С. 76–85.

Болиховская Н.С. Палиноиндикация изменения ландшафтов Нижнего Поволжья в последние десять тысяч лет // Вопросы геологии и геоморфологии Каспийского моря. – М.: Наука, 1990а. – С. 52–68.

Болиховская Н.С. Стратиграфия и палеогеография лёссово-почвенной формации Северной Евразии (по палинологическим данным) // Четвертичная стратиграфия и события Евразии и Тихоокеанского региона. – Якутск: Изд-во Якут. науч. центра СО АН СССР, 1990б. – Ч. 1. – С. 24–26.

Болиховская Н.С. Основные проблемы палеогеографии лёссов и ископаемых почв // Палеоботанические методы в изучении палеогеографии плейстоцена. Итоги науки и техники. – М.: Изд-во ВИНТИ, 1991. – Т. 7: Палеогеография. – С. 41–69.

Болиховская Н.С. Стратиграфия и корреляция позднего плейстоцена Русской равнины на основе детального палинологического изучения разреза Араповичи // Тенденции развития природы в новейшее время (океан – шельф – материк). – М.: Изд-во Моск. гос. ун-та, 1993. – С. 102–126.

Болиховская Н.С. Перигляциальные и межледниковые ландшафты плейстоцена Восточно-Предкавказской лёссовой области. – М.: ВИНТИ, 1995а. – 125 с. – Деп. в ВИНТИ 10.01.95, № 52-В95.

Болиховская Н.С. Эволюция лёссово-почвенной формации Северной Евразии. – М.: Изд-во Моск. гос. ун-та, 1995б. – 270 с.

Болиховская Н.С. Палинологические материалы к стратиграфии палеогеографии нижнего и среднего плейстоцена ледниково-перигляциальной зоны Русской равнины // Четвертичная геология и палеогеография России. – М.: ГЕОС, 1997. – С. 25–37.

Болиховская Н.С. Опыт типизации плейстоценовой перигляциальной растительности лёссовых областей ледниковой и внеледниковой зон Русской равнины // Бюл. Комиссии по изуч. четверт. периода. – 1999. – № 63. – С. 20–32.

Болиховская Н.С. Основные этапы развития растительности и климата в плейстоцене // География, общество, окружающая среда. – М.: ГЕОС, 2004. – Т. 1: Структура, динамика и эволюция природных геосистем. – С. 561–582.

Болиховская Н.С. Основные закономерности развития растительности и климата Восточно-Европейской равнины в последние 900 тысяч лет // Горизонты географии: К 100-летию К.К. Маркова. – М.: Моск. гос. ун-т, 2005. – С. 159–181.

Болиховская Н.С., Болиховский В.Ф., Климанов В.А. Климатические и криогенные факторы развития торфяников Европейского Северо-Востока СССР в голоцене // Палеоклиматы голоцена европейской территории СССР. – М.: Наука, 1988. – С. 36–43.

Болиховская Н.С., Боярская Т.Д. Некоторые особенности флоры и растительности лихвинского межледникова в долине Оки // Новейшая тектоника, новейшие отложения и человек. – М.: Изд-во Моск. гос. ун-та, 1982. – С. 123–130.

Болиховская Н.С., Гунова В.С., Соболев В.М. Основные этапы развития перигляциальной растительности центра и юга Русской равнины в период существования мамонтовой фауны // Мамонт и его окружение: 200 лет изучения. – М.: ГЕОС, 2001. – С. 168–187.

Болиховская Н.С., Молодьков А.Н. К корреляции континентальных и морских четвертичных отложений Северной Евразии по палинологическим данным и результатам ЭПР-датирования // Актуальные проблемы палинологии на пороге третьего тысячелетия. – М.: Изд-во Ин-та геологии и разработки горючих ископаемых, 1999. – С. 25–53.

Болиховская Н.С., Молодьков А.Н. Корреляция климатических колебаний последних 200 тысяч лет, реконструированных по палинологическим материалам лёссово-почвенных разрезов и данным ЭПР-хроностратиграфии морских отложений Северной Евразии // Биостратиграфические критерии расчленения и корреляции отложений фанерозоя Украины. – Киев: Изд-во Нац. АН Украины, 2005. – С. 264–270.

Валуева М.Н., Серебряный Л.Р. Реконструкция растительности Ярославского Заволжья в микулинском межледниковье // Бюл. Комиссии по изуч. четверт. периода. – 1978. – № 48. – С. 113–122.

Веклич М.Ф. Палеоэтапность и стратотипы почвенных формаций верхнего кайнозоя. – Киев: Наук. думка, 1982. – 203 с.

Веклич М.Ф. Проблемы палеоклиматологии. – Киев: Наук. думка, 1987. – 192 с.

Веклич М.Ф. Основы палеоландшафтоведения. – Киев: Наук. думка, 1990. – 192 с.

Величко А.А. К вопросу о последовательности и принципиальной структуре главных климатических ритмов плейстоцена // Вопросы палеогеографии плейстоцена ледниковых и перигляциальных областей. – М.: Наука, 1981. – С. 220–246.

Величко А.А. Структура термических изменений палеоклиматов мезо-кайнозоя по материалам изучения Восточной Европы // Климаты Земли в геологическом прошлом. – М.: Наука, 1987. – С. 5–43.

Величко А.А. Основные закономерности эволюции ландшафтов и климата в кайнозое // Изменение климата и ландшафтов за последние 65 миллионов лет. – М.: ГЕОС, 1999. – С. 234–240.

Величко А.А., Писарева В.В., Фаустова М.А. Оледенения и межледникова Восточно-Европейской равнины в раннем и среднем плейстоцене // Стратиграфия. Геологическая корреляция. – 2005. – Т.13, №2. – С. 84–102.

Гричук В.П. Растительность Русской равнины в ранне-и среднечетвертичное время. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1950. – 202 с. – (Тр. Ин-та географии АН СССР; т. 46).

- Гричук В.П.** Стратиграфическое расчленение плейстоцена на основании палеоботанических материалов // Хронология и климаты четвертичного периода. – М.: Изд-во АН СССР, 1960. – С. 27–35.
- Гричук В.П.** Ископаемые флоры как палеонтологическая основа стратиграфии четвертичных отложений // Рельеф и стратиграфия четвертичных отложений северо-запада Русской равнины. – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – С. 25–71.
- Гричук В.П.** Гляциальные флоры и их классификация // Последний ледниковый покров на северо-западе европейской части СССР. – М.: Наука, 1969. – С. 57–70.
- Гричук В.П.** История флоры и растительности Русской равнины в плейстоцене. – М.: Наука, 1989. – 183 с.
- Гричук М.П., Гричук В.П.** О приледниковой растительности на территории СССР // Перигляциальные явления на территории СССР. – М.: Изд-во Моск. гос. ун-та, 1960. – С. 66–100.
- Гричук В.П., Заклинская Е.Д.** Анализ ископаемых пыльцы и спор и его применение в палеогеографии. – М.: Географиз, 1948. – 222 с.
- Додонов А.Е.** Четвертичный период Средней Азии. Стратиграфия, корреляция, палеогеография. – М.: ГЕОС, 2002. – 250 с. – (Тр. Геол. ин-та РАН; вып. 546).
- Еловичева Я.К.** Новые разрезы микулинских (муравинских) межледниковых отложений Смоленской области // Материалы геологического изучения территории Белоруссии. – Минск: Наука и техника, 1981. – С. 127–137.
- Еловичева Я.К.** Палеогеография и хронология основных этапов развития природной среды антропогена Белоруссии (по палинологическим данным): Автoref. дис. ... д-ра геогр. наук. – Киев, 1992. – 52 с.
- Зубаков В.А.** Планетарная последовательность климатических событий и геохронологическая шкала плейстоцена // Чтение памяти Л.С. Берга, 1960–1966 гг. – Л.: Наука, 1968. – С. 17–64.
- Зубаков В.А.** Глобальные климатические события плейстоцена. – Л.: Гидрометеоиздат, 1986. – 288 с.
- Зубаков В.А.** Ледниково-межледниковые циклы плейстоцена Русской и Сибирской равнин в спорово-пыльцевых диаграммах. – СПб.: Изд-во Гос. гидролог. ин-та, 1992. – 122 с.
- Зыкина В.С.** Структура лёссово-почвенной последовательности и эволюция педогенеза плейстоцена Западной Сибири: Автoref. дис. ... д-ра геол.-мин. наук. – Новосибирск, 2006. – 32 с.
- Изменения климата.** – Л.: Гидрометеоиздат, 1980. – 360 с.
- История плейстоценовых озер Восточно-Европейской равнины.** – СПб.: Наука, 1998. – 406 с.
- Климанов В.А.** Климат Северной Евразии в позднеледниковые и голоцене (по палинологическим данным): Автoref. дис. ... д-ра геогр. наук. – М., 1996. – 46 с.
- Логинова Л.П., Махнач Н.А., Шалабода В.Л.** Палеогеография озер юга Минской области // Палеогеография кайнозоя Белоруссии. – Минск: Наука и техника, 1989. – С. 152–160.
- Марков К.К.** О множественности оледенений (статья первая) // Изв. АН СССР. Сер. Геогр. и геофиз. – 1938. – №2/3. – С. 273–284.
- Марков К.К.** О содержании понятий “ледниковая эпоха” и “межледниковая эпоха” // Изв. Гос. геогр. об-ва. – 1939. – Т. 71, № 7. – С. 1071–1075.
- Марков К.К.** Палеогеография: (Историческое землеведение). – 2-е изд., перераб. – М.: Изд-во Моск. гос. ун-та, 1960. – 268 с.
- Марков К.К.** Два очерка о географии. – М.: Мысль, 1978. – 125 с.
- Марков К.К., Величко А.А., Лазуков Г.И., Николаев В.А.** Плейстоцен. – М.: Высш. школа, 1968. – 304 с.
- Маудина М.И., Писарева В.В., Величкевич Ф.Ю.** Одинцовский стратотип в свете новых данных // Докл. АН СССР. – 1985. – Т. 284, № 5. – С. 1195–1199.
- Махнач Н.А.** Этапы развития растительности Белоруссии в антропогене. – Минск: Наука и техника, 1971. – 210 с.
- Миланкович М.** Математическая климатология и астрономическая теория колебаний климата. – М.; Л.: Гос. объединен. науч.-тех. изд-во, 1939. – 207 с.
- Палеоклиматы голоцена** европейской территории СССР. – М.: Изд-во Ин-та географии АН СССР, 1988. – 195 с.
- Палеоклиматы позднеледниковых** и голоцена. – М.: Наука, 1989. – 168 с.
- Санько А.Ф., Вальчик М.А., Еловичева Я.К., Арсланов Х.А.** Верхнеплейстоценовые отложения Двинско-Межинской низины // Новое в изучении кайнозойских отложений Белоруссии и смежных областей. – Минск: Наука и техника, 1989. – С. 45–68.
- Хотинский Н.А.** Голоцен Северной Евразии. – М.: Наука, 1977. – 198 с.
- Шараф Ш.Г.** Астрономический календарь // Геохронология СССР. – 1974. – Т. 3: Новейший этап. – С. 258–266.
- Шик С.М.** Климатическая ритмичность в плейстоцене Восточно-Европейской платформы // Стратиграфия. Геологическая корреляция. – 1993. – Т. 1, № 4. – С. 105–109.
- Шик С.М.** Проблемы стратиграфии и палеогеографии среднего неоплейстоцена // КВАРТЕР-2005: Мат-лы IV Всерос. совещ. по изуч. четверт. периода. – Сыктывкар, 2005. – С. 459–460.
- Шик С.М., Борисов Б.А., Заррина Е.П.** О проекте межрегиональной стратиграфической схемы неоплейстоцена Восточно-Европейской платформы и совершенствовании региональных стратиграфических схем // Мат-лы Третьего Всерос. совещ. по изуч. четверт. периода. – Смоленск, 2002. – Т. 2. – С. 125–129.
- Bassinot F.C., Labeyrie L.D., Vincent E., Quidelleur X., Shackleton N.J., Lancelot Y.** The astronomical theory of climate and the age of the Brunhes-Matuyama magnetic reversal // Earth Planet. – Sci. Lett. 1994. – Vol. 126. – P. 91–108.
- Bauch H.A., Erlenkeuser H., Helmke J.P., Struck U.** A paleoclimatic evaluation of marine oxygen isotope stage 11 in the high-northern Atlantic (Nordic seas) // Global and Planetary Change. – 2000. – N 24. – P. 27–39.
- Beaulieu J.L. de, Reille M.** Pollen records from the Velay craters: A review and correlation of the Holstainian interglacial with isotopic stage 11 // Mededelingen Rijks Geologische Dienst. – 1995. – N 52. – P. 59–70.
- Bolikhovskaya N.S.** Paleogeography and Stratigraphy of Valday (Würm) Loesses of the South-Western Part of the East-European Plain by Palynological Data // Problems of Stratigraphy and Paleogeography of Loesses: Annales Universitatis M. Curie-Skłodowska. – Lublin, 1986. – Sect. B, XLI. – P. 111–124.

- Bolikhovskaya N.S., Molodkov A.N.** East-European loess-palaeosol sequences: Palynology, stratigraphy and correlation // Quaternary International. – 2006. – N 149. – P. 24–36.
- Bowen D.Q., Richmond G.M., Fullerton D.S., Sibarava V., Fulton R.J., Velichko A.A.** Correlation of Quaternary glaciations in the Northern Hemisphere. Quaternary glaciations in the Northern Hemisphere. Report of the IGCP project 24 // Quaternary Science Reviews. – 1986. – N 5. – P. 509–510.
- Follieri M., Magri D., Sadori L.** -250,000-year pollen record from Valle di Castiglione (Roma) // Pollen and Spores. – 1988. – Vol. 30. – P. 329–356.
- Hammen T. van der, Wijmstra T.A., Zagwijn W.H.** The floral record of the Late Cenozoic of Europe // The Late Cenozoic Glacial Ages. – New Haven: Yale University Press, 1971. – P. 391–424.
- Hodell D.A., Charles C.D., Ninnemann U.S.** Comparison of interglacial stages in the South Atlantic sector of the southern ocean for the past 450 kyr: implications for Marine Isotope Stage (MIS) 11 // Global and Planetary Change. – 2000. – Vol. 24. – P. 7–26.
- Jessen K., Milthers V.** Stratigraphical and paleontological fresh-water deposits in Yutland and Northwest Germany // Danmarks Geologisk Undersogelse. – Kobenhavn: Kommission hos C.A. Reitzels Forlag Axel Sandal, 1928. – II Raekke, 48:1. – 380 p.
- Jung W., Beug H.J., Dehm R.** Das Riss-Wurm-Interglacial von Zeifen, Landkreis Laufen a.d. Salzach // Bayer. Akad. Wiss., Mat.-Nat. Kl. Abh. N.F. – 1972. – H. 151. – S. 3–131.
- Liivrand E.** Biostratigraphy of the Pleistocene deposits in Estonia and correlations in the Baltic region: Doctoral thesis. Stockholm University, Department of Quaternary Research. – 1991. – Report 19. – 114 p.
- McManus J.F.** A great grand-daddy of ice cores // Nature. – 2004. – Vol. 429. – P. 611–612.
- Molodkov A., Bolikhovskaya N.** Eustatic sea-level and climate changes over the last 600 ka as derived from mollusc-based ESR-chronostratigraphy and pollen evidence in Northern Eurasia // Sedimentary Geology. – 2002. – Vol. 150. – P. 185–201.
- Molodkov A.N., Bolikhovskaya N.S.** Long-term palaeoenvironmental changes recorded in palynologically studied loess-palaeosol and ESR-dated marine deposits of Northern Eurasia: implication for sea-land correlation // Quaternary International. – 2006. – N 152/153. – P. 37–47.
- Reille M., Andrieu V., de Beaulieu J.-L., Guenet P., Goeury C.** A long pollen record from Lac du Bouchet, Massif Central, France for the period 325 to 100 ka (OIS 9c to OIS 5e) // Quaternary Science Reviews. – 1998. – Vol. 17. – P. 1107–1123.
- Reille M., de Beaulieu J.-L.** Long Pleistocene pollen records from the Praclaux Crater, south-central France // Quaternary Research. – 1995. – Vol. 44. – P. 205–215.
- Starkel L.** Paleogeography of Mid- and East Europe during the last cold stage with West European comparisons // Phil. Trans. Royal Soc. – 1977. – Vol. 280, N 972. – P. 351–372.
- Tzedakis P.C.** Long-term tree populations in northwest Greece through multiple Quaternary climatic cycles // Nature. – 1993. – Vol. 364. – P. 437–440.
- Tzedakis P.C., Andrieu V., de Beaulieu J.-L., Birks H.J.B., Crowhurst S., Follieri M., Hooghiemstra H., Magri D., Reille M., Sadori L., Shackleton N.J., Wijmstra T.A.** Establishing a terrestrial chronological framework as a basis for biostratigraphical comparisons // Quaternary Science Reviews. – 2001. – Vol. 20. – P. 1583–1592.
- Wijmstra T.A.** Palynology of the first 30 metres of a 120 m deep section in Northern Greece // Acta Botanica Neerlandica. – 1969. – Vol. 18. – P. 511–527.
- Wijmstra T.A., Groenhart M.C.** Record of 700,000 years vegetational history in Eastern Macedonia (Greece) // Revista de la Academia Colombiana Ciencias Exactas, Fisicas y Naturales. – 1983. – Vol. 15. – P. 87–98.
- Wijmstra T.A., Smit A.** Palynology of the middle part (30 to 78 m) of the 120 m deep section in Northern Greece (Macedonia) // Acta Botanica Neerlandica. – 1976. – Vol. 25. – P. 297–312.

Материал поступил в редакцию 26.03.07 г.