

КЛИМАТО-ХРОНОСТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ СХЕМА НЕОПЛЕЙСТОЦЕНА СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ

Введение

Анализ межрегиональных и региональных стратиграфических схем плейстоцена Северной Евразии свидетельствует о значительных разногласиях исследователей относительно количества и периодизации межледниковых и холодных эпох плейстоцена. В схемах различных районов в неоплейстоцене выделяется от 10 до 20 подразделений межледникового и ледникового ранга. В первую очередь это связано с неполнотой геологической летописи, недостаточной изученностью ряда регионов и труднодоступностью ранне- и среднеплейстоценовых отложений, которые или не сохранились, или обнаруживаются местами лишь под толщами более молодых осадков в глубоких экзарационных ложбинах, древних долинах и котловинах. В связи с этим решение вопросов детального климатостратиграфического расчленения толщ новейших отложений и корреляции межледниковых/ледниковых горизонтов, а также сопоставления климатообусловленных палеогеографических событий, должно, на наш взгляд, опираться, прежде всего, на наиболее полные и непрерывные записи палеоклиматических событий, отражающие их временные последовательности и пространственно-временные закономерности развития климата и биоты плейстоцена.

Важными источниками информации о динамике климатических изменений являются образования различных седиментационных обстановок – морские и континентальные отложения. Своеобразным глобальным (хотя и не бесспорным) ориентиром являются записи изотопных отношений кислорода в донных океанических осадках. Однако большинство палеогеографических летописей по этим образованиям, особенно континентальным и морским, имеет серьезные ограничения в уровне палеоклиматической и хронологической обоснованности, особенно за пределами диапазона радиоуглеродного метода датирования (примерно 30–40 тыс. л. н.).

Учитывая трудности, с которыми приходится сталкиваться за пределами диапазона радиоуглеродного метода, наше внимание было обращено к наиболее перспективным в настоящее время методам определения возраста четвертичных отложений – электронно-парамагнитнорезонансному (ЭПР) датированию остатков малакофауны и методу оптически инфракрасно-стимулированной люминесценции (ИК-ОСЛ) зерен полевых шпатов, выделенных из вмещающих отложений.

Исходя из вышеизложенных проблем, авторами были предприняты многолетние исследования, целью которых являются климатохроностратиграфическая реконструкция и корреляция основных палеоклиматических событий, а также построение климатохроностратиграфического каркаса неоплейстоцена Северной Евразии на основе, преимущественно, двух независимых источников климатохроностратиграфической информации – результатов палинологического анализа опорных разрезов и ЭПР-анализа раковин моллюсков из отложений, связанных с теплыми климатическими ритмами.

Имеются два аспекта, непосредственно связанные с достижением поставленной цели. Во-первых – как правильно выстроить во временной последовательности события, выявленные в исследуемых разрезах; во-вторых, как установить их временное соответствие, т.е. выполнить корреляцию событий и соответствующих им отложений в удаленных разрезах. В случае полных разре-

зов и при условии возможности датирования отдельных горизонтов задача установления их хроностратиграфической последовательности может быть решена вполне корректно. К сожалению, на практике это не всегда возможно – геологическая летопись, как правило, недостаточно полна и абсолютный возраст отдельных ее компонентов часто неизвестен. В связи с этим возникают трудности при корреляции местных и региональных стратиграфических схем, как между собой, так и с международной геохронологической шкалой и с глобальными палеоклиматическими уровнями изотопно-кислородной кривой (ИКК) глубоководных осадков.

Представляется, что одним из возможных выходов из сложившейся ситуации состоит в том, чтобы: а) определить события глобального характера, которые имели место в течение длительного интервала времени; б) оценить относительную глубину изменений окружающей среды в течение этих событий; в) определить позицию этих событий на временной шкале.

Другими словами, необходимо создать такой климато-хроностратиграфический каркас, в котором в хронологическом порядке были бы представлены основные изменения природных обстановок, имеющие репрезентативные коррелятивы в континентальной, морской и океанической летописях, а также в записях ледяных кернов, извлеченных на территории Гренландии и Антарктиды.

Для создания такого каркаса необходимо выполнить следующие условия. Во-первых, в построении каркаса должна быть использована достаточно полная, протяженная во времени и в пространстве запись изменений природных обстановок. Во-вторых, проявление палеоклиматического события в стратиграфической летописи должно быть четким и однозначным с тем, чтобы, с одной стороны, палеоклиматические сигналы наших независимых записей могли иметь однозначную корреляцию, с другой – палеоклиматические сигналы нашего климато-хроностратиграфического каркаса могли быть сопоставлены с соответствующими сигналами изотопно-кислородной записи колонок глубоководных осадков и ледяных кернов.

В данной статье представлены основные итоги исследований авторов, направленных на *создание* климато-хроностратиграфического каркаса неоплейстоцена. В рамках этой работы вкуче использовались результаты климатостратиграфического расчленения опорных разрезов плейстоцена наиболее характерных ледниково-перигляциальных и внеледниковых областей Восточно-Европейской равнины, выполненного по материалам их детального палинологического анализа и мультидисциплинарного палеогеографического изучения (Н.С. Болиховская, исследования 1967–2010 гг.), и оригинальный фактический материал по ЭПР-климатохроностратиграфии, базирующейся на анализе раковин морских, пресноводных и наземных моллюсков, и ИК-ОСЛ-хроностратиграфии вмещающих отложений (А.Н. Молодьков, исследования 1982–2010 гг.). Интегрированный подход, основанный на независимых методах и источниках климатостратиграфической информации, позволил нам выполнить корреляцию межледниково-ледниковых сукцессий в различных средах и установить абсолютную хронологию основных палеогеографических событий неоплейстоцена Северной Евразии.

Объекты и районы ЭПР-климато-хроностратиграфических исследований

Динамика глобальных межледниковых и ледниковых климатических ритмов с большой достоверностью отражается в толщах четвертичных осадков на обширном палеошельфе Евразийского Севера, где природная среда весьма чувствительна к глобальным изменениям климата. Морские отложения характеризуются здесь широким распространением и часто хорошо сохранившимися остатками микро- и макрофауны. Среди последних особый интерес представляют раковины морских субфоссильных моллюсков, скопления которых нередко обнаруживаются в отложениях палеошельфа в пределах современной суши. Датирование этой группы фоссилий из трансгрессивных морских отложений может обеспечить независимую хронологию изменений объема покровных ледников, данными по эволюции уровня Мирового океана и изменениям глобального климата. Равным образом фауносодержащие морские горизонты палеошельфа окраинных морей Евразийского Севера по времени их формирования могут быть сопоставлены с ключевыми климатообусловленными сигналами палиноспектров, характеризующих опорные разрезы плейстоцена Восточно-Европейской равнины, и использованы для определения хроностратиграфического положения соответствующих континентальных отложений и их возраста. Такой интегрированный подход важен для установления событийной корреляции между сушей и морем, для выявления динамики крупномасштабных изменений климата, и для корреляции континентальных и морских отложений со стандартной климатической шкалой, построенной на основе глобальной последовательности изотопно-кислородных стадий [Bassinot et al., 1994].

Применение в данной работе оригинальной версии ЭПР-метода датирования скелетных остатков малакофауны, разработанной одним из авторов настоящей статьи [Молодков, 1989, 1991, 1992; Molodkov, 1988, 1989, 1993 и др., с которыми можно ознакомиться на сайте <http://www.gi.ee/rlqg/> %], открыло новые возможности использования фауноносных слоев поднятых морских толщ для геоисторической периодизации палеоклиматических событий в четвертичной истории континентальных окраин и их корреляции с весьма разнообразными материалами по лёссово-почвенным сериям и донным осадкам океанов.

В основу ЭПР-метода датирования раковин субфоссильных моллюсков положен эффект аккумуляции в скелетном веществе радиационных дефектов (карбонатных центров), концентрация которых адекватна накопленной за контролируемый интервал времени палеодозе. Образование радиационных дефектов в раковинном веществе моллюска происходит под воздействием фоновой радиации окружающей среды. Интенсивность наблюдаемого ЭПР-сигнала коррелируется с количеством радиационно-индуцированных дефектов и, следовательно, с накопленной палеодозой и возрастом раковины, который можно считать соответствующим времени образования вмещающих отложений.

Возраст раковин определяется по соотношению величины накопленной палеодозы (измеряемой посредством ЭПР-анализа раковинного вещества) и суммарной интенсивности потоков альфа- и бета-частиц, а также гамма-квантов и космической радиации. Источником радиоактивного облучения раковин в месте захоронения являются природные изотопы, входящие в состав раковин и окружающих их отложений, а также космическое излучение.

В плане корреляции событий плейстоцена разработанный метод интересен тем, что по скелетным остаткам субфоссильной малакофауны – наиболее распространенной в плейстоценовых отложениях группе палеофаунистических

остатков – могут быть датированы морские и древнеозерные отложения, лёссы и ископаемые почвы, озерно-ледниковые суглинки, отложения пещер, археологические памятники и многое другое. Это позволяет в объеме плейстоцена хронологически охватить геологические образования разного генезиса. На основе ЭПР-анализа раковин возможна детальная хроностратиграфическая привязка и межрегиональная корреляция фауносодержащих пород различных фаций, что позволяет ему быть весьма ценным инструментом для осуществления непосредственных корреляций континент – океан.

Частотное распределение ЭПР-датировок на временной шкале образуют ряд интервалов (ЭПР-кластеров), которые могут быть сопоставлены со временем значительного потепления климата, с таянием ледников и с трансгрессией Мирового океана [Молодьков, 1989, 1990; Молодьков и др., 1992; Болиховская, Молодьков, 1999, 2002; Molodkov, 1996, 2001; Molodkov, Bolikhovskaya, 2002]. Интервалы времени, где ЭПР-определения отсутствуют (ЭПР-хиатусы), могут, в свою очередь, быть сопоставлены с существенными похолоданиями климата или периодами развития покровных оледенений в северном полушарии, сопровождаемыми регрессией океана и значительными ухудшением природной обстановки на континенте. Таким образом, формируется независимая климато-хроностратиграфическая запись, отражающая чередование во времени крупных палеоклиматических событий ледникового и межледникового ранга.

В ряде случаев геохронологическое исследование отложений проводилось с привлечением метода оптически инфракрасно-стимулированной люминесценции (ИК-ОСЛ) зерен калиевого полевого шпата.

Основной предпосылкой этого метода датирования является полное стирание возрастной информации, накопленной в более ранние периоды геологического времени, предшествующие моменту последней седиментации. Такое стирание предшествующей возрастной информации (латентной люминесценции) может происходить путем кратковременного (*минуты – десятки минут*) воздействия дневного или солнечного света на зерна полевого шпата, например, при переносе их в естественных условиях ветром или водными потоками рек. После окончательного отложения зерен в осадках они изолируются от дневного света последующими слоями. С этого момента под воздействием облучения зерен полевого шпата естественным радиационным фоном, обусловленным космическими лучами и природными радиоактивными элементами, в зернах минерала происходит накопление энергии ионизирующей радиации, которая, в свою очередь, в лабораторных условиях может быть освобождена в виде светового излучения с интенсивностью, пропорциональной величине накопленной энергии ионизирующей радиации, а, значит, и возрасту отложений. Метод позволяет надежно датировать отложения различного генезиса – эоловые, аллювиальные, озерные, морские и др. при условии, что длительность председиментационной экспозиции зерен минерала дневным светом составляла, по крайней мере, 15–30 минут.

Использованные нами варианты ЭПР- и ИК-ОСЛ-методов датирования раковин и вмещающих отложений являются оригинальными разработками НИЛ геохронологии четвертичного периода Института геологии Таллиннского технического университета. ЭПР-метод позволяет определять возраст скелетных остатков морских, пресноводных и сухопутных моллюсков в диапазоне от нескольких сотен до примерно 1–2 и более миллионов лет, в зависимости от конкретных условий захоронения и палеодозиметрических характеристик раковинного вещества, а метод ИК-ОСЛ на основе калиевого полевого шпата – возраст вмещающих отложений в диапазоне от нескольких сотен до 400–

800 тыс. л. н., в зависимости от индивидуальных свойств минерала и параметров окружающей среды. Краткое описание использованных в настоящей работе методов абсолютного датирования (ЭПР и ИК-ОСЛ) приведено в работах А.Н. Молодкова [ЭПР: Молодков, 1988а, б, 1989; Molodkov, 1988; 1989, 1993; Molodkov *et al.*, 1998; ИК-ОСЛ: Molodkov, Bitinas, 2006; и др.].

Надежность использованных в данном исследовании геохронологических методов подтверждается результатами параллельного датирования по раковинам моллюсков (посредством ЭПР и $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$) и вмещающих их отложений (посредством ИК-ОСЛ) демонстрирующих хорошую сходимость датировок полученных разными методами по одним и тем же отложениям (таблица 1).

ЭПР-летопись изменений климата и уровня моря в объеме неоплейстоцена получена нами по более чем 350 образцам раковин моллюсков, отобранным главным образом из трансгрессивных морских отложений от Средиземноморья до Шпицбергена и от Балтики до Новосибирских островов (рис. 1). Большая часть раковин отобрана из разновозрастных отложений арктического палеошельфа, являющегося свидетельством чередующихся морских трансгрессий (событий относительно высокого уровня моря), во время которых большие эпиконтинентальные бассейны занимали обширные области северного побережья Евразии (см., напр., рис 2 в [Molodkov, Bolikhovskaya, 2009]). Некоторые, наиболее древние свидетельства высокого уровня моря были получены также по местонахождениям раковин в Восточной Антарктике [Большаинов и др., 2009]. Кроме того, использовались результаты датирования по образцам фоссилий пресноводной малакофауны из межледниковых озерных отложений [Gaigalas, Molodkov, 2002] и раковин наземных моллюсков из культурных слоев раннего палеолита на Северном Кавказе [Molodkov, 1996, 2001; Доронищев и др. 2007].

Таблица 1

Результаты параллельного ЭПР- и $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ -датирования раковин моллюсков и ИК-ОСЛ-датирования вмещающих их отложений

Лаб. № (ЭПР/ИК-ОСЛ)	Местонахождение	Возраст, тыс. лет		
		ЭПР	ИК-ОСЛ	$^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$
RLQG 319-042/1477-103	~ 67,9° с.ш., 60,1° в.д.	72,0 ± 4,8 ^а	74,7 ± 8,3 ^а	—
RLQG 317-042/1608-124	~ 67,8° с.ш., 60,7° в.д.	90,3 ± 10,9 ^б	88,2 ± 5,4 ^б	—
RLQG 310-042/1405-031	~ 66,4° с.ш., 36,6° в.д.	103,0 ± 4,2 ^в	104,0 ± 8,3 ^в	—
RLQG 318-042/1478-103	~ 67,8° с.ш., 60,7° в.д.	107,6 ± 12,4 ^б	109,8 ± 6,9 ^б	—
RLQG 396-039/1861-039	~ 67,1° с.ш., 41,1° в.д.	73,0 ± 7,5 ^г	71,9 ± 8,2 ^г	—
RLQG 400-039/1862-039	~ 67,1° с.ш., 41,2° в.д.	73,0 ± 5,7 ^г	74,4 ± 6,8 ^г	—
RLQG 418-090/ —	~ 36,1° с.ш., 35,6° в.д.	56,0 ± 4,5 ^г	—	55,9
RLQG 419-090/ —	~ 36,0° с.ш., 35,6° в.д.	70,6 ± 6,4 ^г	—	71,0
RLQG 421-090/ —	~ 36,1° с.ш., 35,6° в.д.	69,0 ± 6,5 ^г	—	65,2
RLQG 422-090/ —	~ 36,1° с.ш., 35,6° в.д.	72,5 ± 6,1 ^г	—	77,2

ЭПР-, ИК-ОСЛ- и $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ -возрасты определены в НИЛ геохронологии четвертичного периода Института геологии Таллиннского технического университета.

^аMolodkov, Bitinas, 2006; ^бБольшаинов, 2006; ^вMolodkov, Yevzerov 2004; ^гМолодков, неопубликованные данные 2009–2010 г.г.

Объекты и районы палино-климатостратиграфических исследований континентальных отложений

Одним из ведущих методов климатостратиграфии, реконструкции и корреляции межледниковых и ледниковых событий плейстоцена является палинологический (спорово-пыльцевой) анализ. Приоритетное положение палинологического анализа в климатостратиграфии плейстоцена обусловлено тем, что

венных, палеомагнитных, палеоботанических, палеофаунистических, радиоуглеродных и др.) данных. Такие работы по всестороннему изучению опорных разрезов плейстоцена Северной Евразии были начаты более трех десятилетий назад коллективом специалистов под руководством К.К. Маркова и П.А. Каплина. В плане этих работ Н.С. Болиховской были получены палинологические данные по опорным разрезам Восточно-Европейской равнины (районы Верхней Оки, Верхнего Дона, Среднего Днепра, Среднего Днестра, Нижнего Прута, Средней Кумы и Северо-Восточного Приазовья), Средней Азии (Таджикской депрессии и Приташкентского района), севера Западной Сибири (п-ова Ямал и Гыдан), Приморья (котловина оз. Ханка), Сахалина (Поронайская депрессия) и др.

Наиболее перспективными объектами для решения вопросов климатостратиграфии и корреляции палеоклиматических событий континентального плейстоцена стали опорные разрезы Восточно-Европейской равнины – разрезы Лихвин, Араповичи, Стрелица, Отказное, Молодова и другие (см. рис. 1). Располагаясь в зоне развития максимальных (донского, окского и днепровского) покровных оледенений и во внеледниковой зоне, они содержат важнейшие палеогеографические реперы – стратотипические и парастратотипические межледниковые (лихвинский, чекалинский, мучкапский и др.) горизонты межрегиональной шкалы плейстоцена и ископаемые почвы, морены (или другие генерации) различных оледенений и коррелятные им лёссовые горизонты, имеют хроностратиграфические данные по фаунам мелких млекопитающих и положению палеомагнитной инверсии Матуяма-Брюнес, датированной ~780 тыс. л. н.. Большое внимание уделялось детальному палинологическому изучению содержащихся в этих разрезах мощных толщ лёссово-почвенной формации (ЛПФ), которая по полноте запечатленной в ней палеоклиматической летописи имеет много общего с глубоководными осадками океанов и может достаточно корректно применяться для реконструкции и корреляции глобальных климатических ритмов.

Результаты палинологического анализа перечисленных разрезов ледниково-перигляциальной и внеледниковой зон Восточно-Европейской равнины, составляют в нашей работе основу континентальной летописи изменений природной среды. Они содержат информацию о непрерывном ходе развития природных систем в плейстоцене и дают самую полную запись изменений климатических обстановок в этой части Европейского субконтинента. Структура записи климатообусловленных изменений и основные палеоклиматические сигналы этой записи могут быть непосредственно сопоставлены с климатообусловленными сигналами записей, полученных другими методами.

Обширный фактический материал, объединяющий результаты собственных палинологических исследований и литературные данные по мультидисциплинарному изучению указанных опорных разрезов, позволил Н.С.Болиховской [1995] определить возраст содержащихся в них межледниковых, перигляциальных (межстадиальных, межфазиальных, стеноперигляциальных) и гляциальных палинофлор, реконструировать сукцессионные фазы в развитии растительности почти непрерывного ряда глобальных климатических ритмов разного ранга и, используя обширный комплекс историко-флористических, палеофитоценологических и климато-стратиграфических критериев, выполнить их дробное климатостратиграфическое расчленение и корреляцию.

Для построения климато-хроностратиграфической схемы неоплейстоцена нами главным образом были привлечены стратиграфо-палеогеографические реконструкции, полученные для следующих страторайонов.

Восточно-Предкавказская внеледниковая область – одна из самых удаленных от зоны покровного оледенения лёссовых областей. Здесь находятся наиболее мощные толщи лёссово-почвенной формации (ЛПФ) Европейского субконтинента. Комплексное изучение эоплейстоцен-неоплейстоценовых субаэральных, делювиально-пролювиальных и аллювиальных отложений (суммарной мощностью около 180 м), вскрытых скважинами и обнажениями на водоразделе, приводораздельном склоне и террасах долины р. Кумы у с. Отказное (44°19' с.ш., 43°51' в.д.), проводилось А.А. Величко, Н.С. Болиховской, Е.И. Вириной, А.К. Марковой, Т.Д. Морозовой, В.П. Ударцевым и др. Положение инверсии Матуяма-Брюнес, датируемой около 780 тыс. лет назад, установлено Е.И. Вириной и С.С. Фаустовым [Вирина и др., 1990] в 140-метровом профиле, вскрытом скважиной на водораздельном плато правобережья (абс. высота 245,5 м) на отметке ~75 м в верхней части аллювиально-пролювиальной толщи. В интервале 103,0-113,0 м в пределах зоны Матуяма выделен эпизод Харамилью (0,92-0,86 млн. лет по шкале Кокса или 986-1053 тыс. лет по Singer *et al.* [1999]). Н.С. Болиховской [1995, 1995a] по результатам детального палинологического анализа этого разреза детально реконструированы изменения ландшафтно-климатических условий, происходившие на протяжении всех 15 межледниковых и ледниковых ритмов хрона Брюнес. Согласно палинологическим данным, инверсия Матуяма-Брюнес здесь приурочена к кровле отложений покровского похолодания.

Окско-Донская ледниково-перигляциальная область занимает одноименную равнину и восточные окраины Среднерусской возвышенности в зоне распространения морены донского оледенения. Здесь у с. Стрелица (51°37' с.ш., 39°01' в.д.) в 20 км западнее Воронежа на водоразделе и приводораздельном склоне карьерами вскрыты неоген-плейстоценовые отложения общей мощностью более 60 м. Их комплексное изучение проводили А.К. Агаджанян, Н.С. Болиховская, А.А. Величко, Е.И. Вирина, Е.П. Заррина, И.И. Краснов, Т.Д. Морозова, В.П. Ударцев, В.В. Семенов и мн. др. По результатам палинологического анализа субаэральных, аллювиальных, озерных и флювиогляциальных образований, подстилающих и перекрывающих здесь морену донского оледенения, реконструированы растительность и климат всех межледниковых и ледниковых этапов конца эоплейстоцена и всего неоплейстоцена [Болиховская, 1995]. Инверсия Матуяма-Брюнес здесь также находится в верхах отложений покровского похолодания.

Большое значение имеют данные, полученные для подморенной лёссово-почвенной серии (ЛПС), залегающей на красноцветах. Она представлена двумя ископаемыми почвами, разделенными горизонтом лёссовидного суглинка. Палиноспектры этой ЛПС отражают сукцессии растительности и климата двух межледниковых ритмов и разделяющего их похолодания ледникового ранга. На основании сравнительного анализа этих климато-фитоценотических реконструкций с палеогеографическими материалами разрезов Новотроицкое, Петропавловка [Опорные разрезы..., 1984], Отказное и др. рассматриваемая ЛПС сопоставляется с ильинским горизонтом межрегиональной шкалы. Поскольку репрезентативные палеоботанические данные, позволившие провести климато-стратиграфическое расчленение ильинских отложений впервые получены в Стрелицком разрезе, предложено именовать раннеильинское межледниковье гремьячевским, позднеильинское – семилукским, а разделяющее их похолода-

ние – девицким, согласно ближайшим топонимам, реке Девике и поселкам Гремячье и Семилуки [Болиховская, 1994].

Северо-Среднерусская ледниково-перигляциальная область находится на севере Среднерусской возвышенности в пределах развития днепровского ледникового покрова. Состав и строение четвертичных отложений и большинство палеогеографических событий плейстоцена отражены здесь в Лихвинском разрезе, расположенном на левом берегу р. Оки в 1 км севернее г. Чекалина (ранее Лихвин). Разрез является стратотипом лихвинского межледникового Восточной Европы. Результаты его изучения различными палеогеографическими методами представлены в работах К.А. Ушко, В.Н. Сукачева, Е.Н. Анановой, В.П. Гричука, А.К. Агаджаняна, Н.С. Болиховской, В.А. Большакова, Н.И. Глушанковой, Н.Г. Судаковой, С.С. Фаустова и мн. др. В обнажении, протянувшемся вдоль реки на 2 км, и в дополняющих его шурфах и скважинах вскрывается 50-метровая толща лёссово-почвенных, гляциальных (моренных и озерно-ледниковых), аллювиальных и озерных осадков. Палинологическая характеристика всей толщи новейших отложений позволила выполнить их детальное стратиграфическое расчленение и воссоздать широкое разнообразие ландшафтно-климатических изменений, происходивших на Верхней Оке с донского оледенения до голоцена. Полученные палиноспектры однозначно свидетельствуют о межледниковом и ледниковом ранге окско-днепровских теплых и холодных интервалов, объединенных нами ранее в длительный и сложный "Большой Лихвин" [Болиховская, 1975]. Таким образом, разрез представляет собой стратотип не только собственно лихвинского s. str. межледникового, но и последующих доднепровских интервалов: калужского оледенения (похолодания), чекалинского межледникового, жиздринского оледенения (похолодания) и черепетьского межледникового (два последних названы по ближайшим топонимам – реке Жиздре и поселку Черепеть [Болиховская, 1995]).

Позднеплейстоценовые лёссово-почвенные горизонты подробно также изучены в двух регионах. В **Деснинско-Днепровская ледниково-перигляциальная области**, расположенной на северо-востоке Приднепровской низменности в пределах развития днепровского оледенения. Здесь в разрезе Араповичи (на правобережье р. Десны в 12 км юго-западнее г. Новгорода-Северского) на днепровской морене залегает 14-метровая толща позднеплейстоценовых лёссов и ископаемых почв. Ее комплексное исследование провели А.А. Величко, В.П. Гричук, А.К. Маркова, Т.Д. Морозова, Т.А. Халчева, О.А. Чичагова и др. [публикации 1957-1985 гг.]. Полученными нами палинологическими данными детально охарактеризованы сукцессии растительности и климата микулинского межледникового и большинства валдайских межстадиалов и стадиалов [Болиховская, 1993].

Во внеледниковой зоне детальное расчленение и ландшафтно-климатические реконструкции позднего плейстоцена были выполнены для Среднего Приднестровья, входящего в **Днестровско-Прутскую область**. Здесь самые представительные позднеплейстоценовые толщи вскрываются в разрезах второй надпойменной террасы р. Днестра, сложенной аллювиальными осадками мощностью до 10 м и более 25 м покровом лёссовидных золово-делювиальных образований с 8 ископаемыми почвами. С отложениями второй террасы связаны известные палеолитические стоянки. По материалам исследований разрезов стоянок Молодова I и V, Кормань IV, Кетросы и др., проведенных И.К. Ивановой, А.П. Чернышом, А.К. Агаджаняном, Н.К. Анисюткиным, С.В. Губиным, Н.В. Ренгартен и др., и их палинологического изучения [Болиховская, 1982, 1987; Болиховская, Пашкевич 1982] нами охарактеризованы эта-

пы развития растительности и климата микулинского межледниковья и 19 валдайских (девяти межстадиальных и десяти стадиальных) интервалов.

Палино-климатостратиграфия плейстоцена ледниково-перигляциальной и внеледниковой зон Восточно-Европейской равнины

Не только неполнота геологической летописи, но и чрезвычайная трудоемкость спорово-пыльцевого анализа субэдральных отложений (лессов и ископаемых почв), русловых фаций аллювия и других осадков, имеющих низкие концентрации пыльцы и спор, часто препятствует получению репрезентативных палинологических данных и проведению детального стратиграфического расчленения опорных разрезов, привлеченных для создания схем периодизации межледниковых/ледниковых событий.

Благодаря скрупулезным палинологическим исследованиям указанных опорных разрезов, проведению их дробного климатостратиграфического расчленения на основе мультидисциплинарных материалов и получению детальных ландшафтно-климатических и литофациальных реконструкций для всех теплых и холодных этапов неоплейстоцена, нам удалось уточнить соотношения между литостратиграфическими и климатостратиграфическими подразделениями ЛПФ [Болиховская, 1995]. Выявлено, что границы между лёссами и ископаемыми почвами могут не совпадать с границами ледниковых и межледниковых климатических ритмов, что ископаемая почва может отвечать не всему межледниковью, а лишь одной стадии межледникового ритма, что лёсс или лёссовидная порода могут формироваться не только в ледниковом климате, но и во время внутримежледниковых эндотермальных похолоданий, а в самых южных лёссовых областях и во время термксеротических стадий межледниковых эпох. Тезис “лёсс – образование ледникового климата” подтвержден лишь для центральных районов Восточно-Европейской равнины по разрезам Лихвин (верхняя Ока) и Стрелица (верхний Дон). Палиноспектры разрезов Араповичи (средняя Десна), Молодова (средний Днестр), Отказное (средняя Кума) и др. свидетельствуют, что накопление лёссовых горизонтов в ее южной части происходило не только в ледниковые эпохи, но и во время термксеротических стадий и эндотермальных похолоданий межледниковых эпох. Формирование ископаемых почв осуществлялось здесь как в межледниковые и межстадиальные интервалы, так и в криогигротические стадии ледниковых эпох. В качестве примера приведем схему климатостратиграфического расчленения толщи ЛПФ разреза Отказное (рис. 2). Палинологические данные, имеющиеся по Средне-Азиатской и Западно-Европейской лёссовым провинциям, позволили заключить, что образование ЛПФ этих территорий обуславливалось сходными закономерностями.

Все перечисленные выводы, полученные нами по результатам многолетних палино-климатостратиграфических исследований мощных толщ ЛПФ Северной Евразии, свидетельствуют, что отсутствие репрезентативных палинологических данных делает невозможным получение надежных литофациальных и климатостратиграфических реконструкций, точное определение климатостратиграфической принадлежности (межледниковье или межстадиал, ледниковая эпоха или ее стадия) и геологического возраста горизонтов полноразвитых и эмбриональных почв, лёссов, лёссовидных и лёссоподобных отложений.

Исходя из нашего многолетнего опыта можно утверждать, что создание межрегиональных стратиграфических шкал и климатостратиграфических схем по разрезам, не имеющим детальных палинологических записей, вряд ли можно считать корректным.

Обобщение результатов детального палинологического анализа, данных абсолютного датирования и материалов литологических, палеопочвенных, микротириологических, палеомагнитных и др. исследований опорных разрезов ледниково-перигляциальной и внеледниковой зон и использование как основы межрегиональной стратиграфической шкалы Восточно-Европейской платформы [Алексеев и др., 1997] и схемы периодизации лёссов и палеопочв ИГ РАН [Величко и др., 1992] позволило Н.С. Болиховской [1995, 1997] выполнить детальное климатостратиграфическое расчленение изученных плейстоценовых толщ, уточнить и детализировать региональные стратиграфические схемы изученных областей, уточнить межледниково-ледниковую климаторитмику в пределах хрона Брюнес и скорректировать положение палеомагнитной инверсии Матуяма-Брюнес на климатостратиграфической шкале плейстоцена.

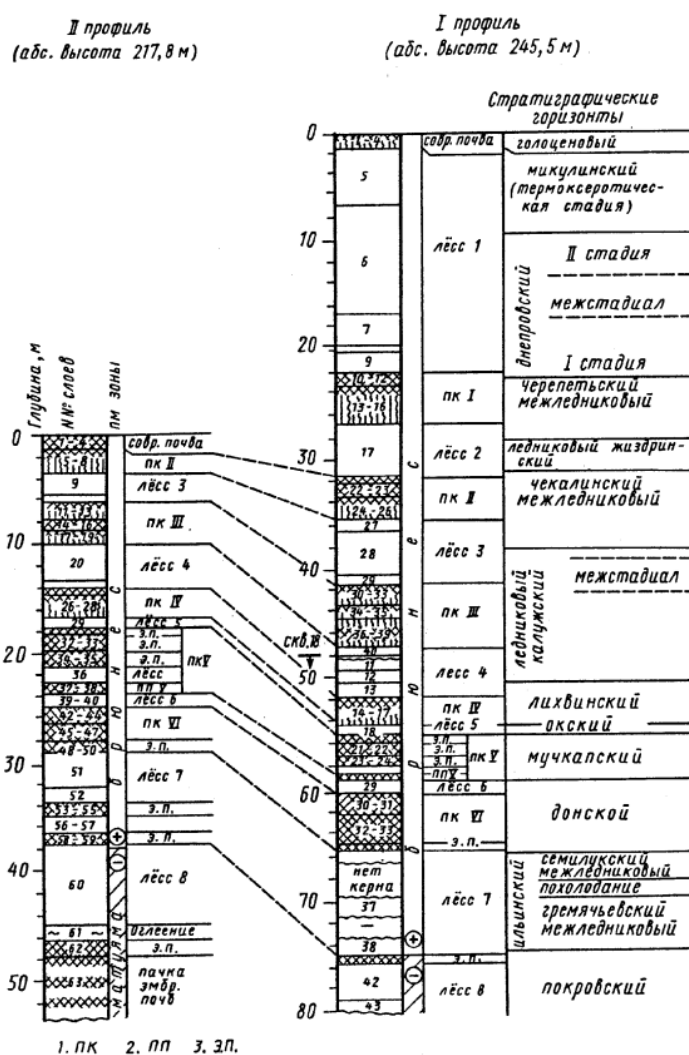


Рис. 2. Строение и климатостратиграфическое расчленение плейстоценовых отложений разреза Отказное в профилях водораздела (I) и приводораздельного склона (II)
1 – почвенный комплекс; 2 – погребенная почва; 3 – эмбриональная почва

В пределах неоплейстоцена общих и региональных стратиграфических шкал, принятых МСК или предлагаемых в качестве проектов в период 1996-2009 гг [Алексеев и др., 1997; Величко и др., 2005; Шик и др., 2002, 2006; Шик, 2008; и мн. др.], в которых нижняя граница неоплейстоцена проводится несколько ниже инверсии Матуяма/Брюнес, нами выделены 17 (9 межледниковых и 8 разделяющих их ледниковых) этапов формирования лёссов, лёссовидных отложений, ископаемых почв и находившихся с ними в парагенезисе ледниковых, аллювиальных, озерных и др. отложений, коррелируемых с ледниковыми и межледниковыми палеогеографическими событиями западноевропейской схемы [Bowen *et al.*, 1986]: петропавловское (interglacial I) межледниковье, покровское (Glacial A) похолодание, гремязьевское (раннеильинское, interglacial II) межледниковье, девицкое (внутриильинское, Glacial B) похолодание, семилукское (позднеильинское, interglacial III) межледниковье, донское (Glacial C) оледенение, мучкапское (беловежское, Voigtstedt) межледниковье, окское (Elster) оледенение, лихвинское *s. str.* (Holstein) межледниковье, калужское (борисоглебское, Fuhne) похолодание, чекалинское (каменское, Domnitz) межледниковье, жиздринское (орчикское, Drenthe) похолодание, черепетьское (ромёнское, Drenthe-Warthe) межледниковье, днепровское (Saale) оледенение, микулинское (Eemian) межледниковье, валдайское (Weichselian) оледенение, которое состояло из не менее девятнадцати потеплений и похолоданий межстадиально-стадиального ранга, и продолжающееся голоценовое межледниковье (рис. 3 и 4).

Раздел	Звено	Горизонты и надгоризонты межрегиональной шкалы (Алексеев и др., 1997 г)	ПМ шкала	Этапы развития лёссово-почвенной формации (по Н.С. Болиховской, 1995)	ИКС	
Неоплейстоцен	Верхнее	Голоценовый горизонт	ПМ шкала	Голоценовый межледниковый	IV	1
		Валдайский горизонт		Валдайский ледниковый	IIIv	4-2
		Микулинский горизонт		Микулинский межледниковый	III mk	5
	Среднее	Среднерусский надгоризонт		Днепровский ледниковый	II dn	6
		Лихвинский надгоризонт или Лихвинский комплекс		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	12
		Беловежский горизонт		Мучапский межледниковый	I mch (=bv)	15
	Донской горизонт	Донской ледниковый		I dns	16	
	Нижнее	Ильинский надгоризонт		Семилукский (позднеильинский) межледниковый	I sm	17
				Девицкий (среднеильинский) ледниковый	I dv	18
				Гремячевский (раннеильинский) межледниковый	I gr	19
		Покровский горизонт		Покровский ледниковый	I pk	20
		Петропавловский горизонт		Петропавловский межледниковый	I pp	21

Рис. 3. Схема периодизации межледниковых и ледниковых этапов неоплейстоцена внеледниковой и ледниково-перигляциальной зон Восточно-Европейской равнины (по Н.С. Болиховской [1995])

В связи с отсутствием репрезентативной палеоботанической характеристики, подтверждающей границы реконструированных межледниковых и ледниковых эпох в стратотипах борисоглебского, каменского, орчикского и ромёнского горизонтов схемы ИГ РАН, а также толщ лёссово-почвенной формации, характеризующих внутриильинские подразделения, названия одновозрастных этапов даны по разрезам, где для этих этапов получена не только комплексная, но и детальная палинологическая характеристика, уточнившая указанные границы. Подчеркнем, что лихвинская эпоха сменяется не днепровским оледенением, как часто представляется исследователями по геологически неполным разрезам – между ними существовали еще два межледниковых этапа и два похолодания ледникового ранга.

Отметим также, что внутри днепровских аккумуляций, а также между днепровскими и микулинскими образованиями в разрезах и ледниково-перигляциальных, и внеледниковых областей отсутствуют отложения, которые по палинологическим критериям могли бы соответствовать межледниковому горизонту. Днепровское (*s. lato*) оледенение, по нашим данным, разделялось длительным межстадиалом на две (днепровскую и московскую) стадии, внутри которых установлены раннеднепровский и позднемосковский межстадиалы.

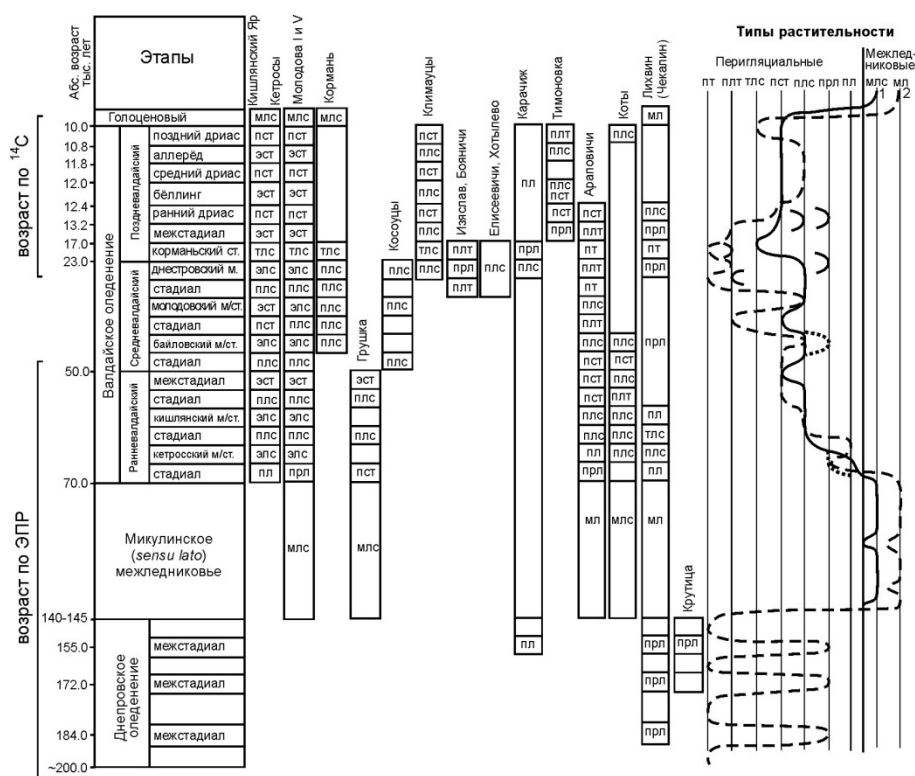


Рис. 4. Основные этапы развития растительности и климата Восточно-Европейской равнины на протяжении последних 200 тысяч лет (в пределах современных смешанных /1/

и широколиственных /2/ лесов)

ПТ – перигляциальные тундры; ПЛТ – перигляциальные лесотундры; ТС – перигляциальные тундростепи; ПРЛ – перигляциальные редколесья; ПЛ – перигляциальные леса; МЛ – межледниковые леса; ТЛС – перигляциальные тундролесостепи; ПСТ – перигляциальные степи; ЭСТ – экстраледниковые степи; ЭЛС – экстраледниковые лесостепи; МЛС – межледниковые лесостепи; ППП – перигляциальные полупустыни; ЭРЛ – экстраледниковые редколесья; ЭЛ – экстраледниковые леса; МСТ – межледниковые степи

Как и в других континентальных районах Северной Евразии, на территории Восточно-Европейской равнины климатостратиграфические построения, выполняемые для самого древнего звена неоплейстоцена, наиболее дискуссионны. В частности, еще далека до завершения работа по расчленению отложений, подстилающих морену донского оледенения, в наиболее изученной всем комплексом палеогеографических методов Окско-Донской области. Об этом свидетельствуют разногласия во взглядах исследователей на строение и возраст подморенных субэдральных образований Верхнего Дона [Величко и др., 1992; Красненков и др., 1993; Шик и др., 2006; и др.]. Главная причина дискуссии кроется в невозможности определить климатостратиграфический ранг всех лёссовых и почвенных горизонтов, а также границы выделяемых климатохронов, опираясь только на литофациальные признаки отложений и многочисленные, но разрозненные фауны. Выполнению подобных палеоклиматических реконструкций препятствует отсутствие послойной палинологической характеристики для подавляющего числа разрезов, в которых найдены палеофаунистические остатки и определено положение инверсии Матуяма-Брюнес.

Поэтому отметим, что в связи с недостаточным количеством представительных климатостратиграфических материалов вопрос о привязке нижней границы неоплейстоцена к тем или иным стратиграфическим рубежам остается, на наш взгляд, открытым.

Сравнительный анализ климатической ритмики, реконструированной по палинологическим данным, и результатов палеомагнитных исследований, проведенных в различных районах Восточно-Европейской лёссовой провинции, показал, что эпоха Брюнес охватывает 8 межледниковых и 7 разделяющих их ледниковых этапов (см. рис. 2 и 3). Реконструкция непрерывной последовательности межледниковых и ледниковых событий позволила уточнить положение границы Матуяма-Брюнес в системе плейстоценовых климатических ритмов: инверсия Матуяма-Брюнес находится в верхней части отложений восьмого (если считать от современности) ледникового этапа. В изученных нами разрезах ею маркируется переход от покровского ледникового к гремячевскому межледниковому горизонту [Болиховская, 1995, 1997а].

Палеоклиматические коррелятивы континентальной и морской записей

Таким образом, всей совокупностью полученных для Северной Евразии палеогеографических данных выявлено существование в неоплейстоцене весьма сложной межледниково-ледниковой климаторитмики. Установлено, что изменения природной среды Восточно-Европейской равнины на протяжении неоплейстоцена (в пределах хрона Брюнес) были обусловлены сменами 15 глобальных климатических событий: 8 межледниковьями, включая голоцен, и 7 разделяющими их оледенениями или похолоданиями ледникового ранга (рис. 5). Они реконструированы в виде полных климатических ритмов ледникового и межледникового ранга или в виде большей части составляющих их климато-фитоценологических фаз. Ранний неоплейстоцен (в пределах хрона Брюнес) охватывает 3 межледниковья и 3 холодные эпохи: гремячевское (раннеильинское) межледниковье, девицкое (внутриильинское) похолодание, семилукское (позднеильинское) межледниковье, донское оледенение, мучапское межледниковье и окское оледенение. Средний неоплейстоцен включает 3 межледниковья и 3 похолодания: лихвинское *s.str.* межледниковье, калужское похолодание, чекалинское межледниковье, жиздринское похолодание, черепетьское межледниковье и днепровское оледенение. В позднелистоценовое звено входят

микулинское межледниковье, валдайское оледенение и продолжающееся современное (голоценовое) межледниковье.

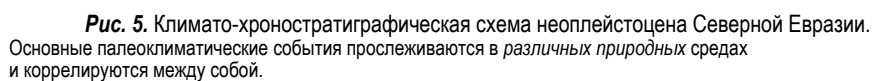
Палеоботанические и геохронологические материалы по предшествующим хроно Брунес этапам плейстоцена – петропавловскому межледниковью и покровскому похолоданию – малочисленны и крайне редко охарактеризованы всем комплексом палеогеографических, в том числе спорово-пыльцевых, данных в одном местонахождении.

В связи с этим большой интерес представляют ландшафтно-климатические реконструкции этих интервалов, полученные по результатам палинологического анализа опорных разрезов Стрелица (на Верхнем Дону), Отказное (на Средней Куме), Ливенцовка и Маргаритовка (в северо-восточном Приазовье), в которых инверсией Матуяма-Брунес маркируется переход от последнего эоплейстоценового межледниково-ледникового цикла (петропавловское межледниковье – покровское оледенение) к первому в хроно Брунес неоплейстоценовому (гремячевскому) межледниковому этапу [Болиховская, 1995, 1997а].

Петропавловское межледниковье и покровское похолодание

Ландшафтно-климатические условия этих интервалов наиболее подробно реконструированы по результатам сопряженного анализа отложений разреза Ливенцовка, расположенного на правом берегу р. Дон у западной окраины г. Ростова-на-Дону [Разрез..., 1976]. Здесь на сарматских известняках залегают плиоценовые аллювиально-дельтовые отложения, содержащие, по определениям В.И. Громова, А.К. Агаджаняна, Л.И. Алексеевой, В.С. Байгушевой и др., остатки крупных млекопитающих ханжурского фаунистического комплекса и позднеханжурской микрофауны. Выше вскрываются эоплейстоценовые пойменные осадки и толща эоплейстоцен-раннеэоплейстоценовых серых скифских глин с двумя горизонтами красно-бурых ископаемых почв. Завершают разрез лёссовидные суглинки с развитым на них современным черноземом. Почти вся толща отложений имеет отрицательную намагниченность. Инверсия Матуяма-Брунес зафиксирована Е.И. Вириной и С.С. Фаустовым в кровле венчающей скифские глины красноцветной почвы на глубине 1,6 м. По результатам палинологического анализа, выполненного совместно с М.П. Гричук и Г.М. Шумовой [Разрез..., 1976], нами проведено детальное климатостратиграфическое расчленение нижнедонских разрезов Ливенцовка, Маргаритовка и др. [Болиховская, 1997а].

На протяжении *петропавловского термохрона* в разрезе Ливенцовка формировались нижняя красноцветная почва и нижняя часть вышележащих серых глин скифской толщи. Доминирующую роль в автоморфных ландшафтах Нижнего Дона в это время играли вязово-грабово-дубовые леса, а менее благоприятные места обитания занимали сосново-кедрово-пихтово-еловые и березовые леса. Список характерных таксонов петропавловской дендрофлоры Ливенцовки довольно обширен – *Picea* sect. *Omorica*, *P.* sect. *Eupicea*, *Abies* sp., *Pinus* s.g. *Haploxylon*, *P. sylvestris*, *Juniperus* sp., *Betula* sect. *Albae*, *Alnus incana*, *A. glutinosa*, *Quercus robur*, *Q.* cf. *pubescens*, *Ilex* sp., *Carpinus betulus*, *C. orientalis*, *Corylus avellana*, *Tilia cordata*, *Ulmus* cf. *foliacea*, *U. pumila*, *Alnaster* sp. и др.



Основные палеоклиматические события прослеживаются в различных природных средах и коррелируются между собой.

Петропавловское межледниковье может, скорее всего, быть сопоставлено с 21-й изотопно-кислородной стадией (ИКС) и, предположительно, с высоким стоянием уровня моря около 860 тыс. л. н., отмеченным двумя ЭПР-датировками по раковинам, отобранным из нижней части 360–380-метровой толщи морских отложений в Восточной Антарктиде (~71°33' ю.ш. и ~67°43'–67°47' в.д.), расположенных на расстоянии около 350 км от современной береговой линии [Большаинов и др., 2009]. Об этом же событии высокого уровня моря и очень теплом (*extremely warm*) климате в этот период сообщается и в недавно опубликованной работе Kitaba et al. [2011].

В **покровское похолодание** (ИКС 20) в большинстве восточно-европейских лёссовых областей доминировали перигляциальные степи. В Ливенцовском разрезе оно нашло отражение в палиноспектрах верхней части серых глин и горизонта В верхней красноцветной почвы, свидетельствующих, что на Нижнем Дону это было время развития перигляциальных тундро-лесостепей с господством ерниковых формаций из *Betula fruticosa*, *Alnaster fruticosus* и *Salix* sp., хвойно-березовых редколесий и открытых пространств, травяно-кустарничковый покров которых составляли *Ephedra* sp., Ericales, Poaceae, Cyperaceae, Chenopodiaceae, *Artemisia* sp., Onagraceae, Ranunculaceae, *Thalictrum* sp., Brassicaceae и др. Выше инверсии Матуяма-Брюнес в Ливенцовке выделен палиноспектр межледниковых (раннеильинских) лесостепей с участием пыльцы термофильных экзотов.

Ильинское время

Климаторитмике ильинского горизонта межрегиональной шкалы, согласно палинологическим данным, отвечают два разделенных похолоданием межледниковья. В большинстве лёссовых областей Восточной Европы во время этих межледниковий преобладали лесостепные ландшафты с сухим летом и влажной зимой. Длительный (примерно от 780 до 660 тыс. л.н.) и сложный ильинский интервал подробно охарактеризован в разрезах верхнего Дона и средней Кумы. В Стрелице ему соответствует залегающая на красноцветах эоплейстоцена подморенная лёссово-почвенная серия, представленная двумя ископаемыми почвами, разделенными лёссовидной супесью. В **гремячевское (раннеильинское) время** (ИКС 19) в межледниковых степях и лесостепях образовалась нижняя почва этой серии. Характерные таксоны гремячевской дендрофлоры – *Picea* s. *Omorica*, *Pinus* s. *Cembra*, *P. sylvestris*, *Betula* s. *Costatae*, *B. pendula*, *B. pubescens*, *Quercus robur*, *Q. ilex*, *Carpinus betulus*, *C. orientalis*, *Tilia cordata*, *T. tomentosa*, *Morus*, *Lonicera* и др. Во время **девицкого (внутриильинского) похолодания** (ИКС 18) в ландшафтах перигляциальной тундры и лесотундры шло образование разделяющего почвы лёссовидного горизонта, а также материнского субстрата иллювиального горизонта В и низов гумусово-аккумулятивного горизонта А1 верхней почвы. В межледниковых лесостепях **семилукского (позднеильинского) термохрона** проходило формирование большей части мощного гумусового горизонта верхней почвы, кровля которой срезана, вероятно, абразионной деятельностью донской морены. К числу характерных таксонов семилукской межледниковой флоры Стрелицы относятся *Picea* s. *Omorica*, *P. s. Eupicea*, *Pinus* s. *Cembra*, *P. sylvestris*, *Betula pendula*, *B. pubescens*, *Quercus robur*, *Tilia cordata*, *Ulmus laevis*, *Euonymus* и др.

Единичная ЭПР-датировка 715 тыс. л. н., полученная нами [Möller et al., 2008] по морским отложениям п-ова Таймыр (77°21.08' с.ш. и 102°43.62' в.д.) может свидетельствовать об относительно высоком уровне моря в течение 17-й ИКС, сопоставляемой с семилукским (позднеильинским) межледниковьем.

Донское ледниковое время

В Стрелице на верхнем Дону донской ледниковый комплекс представлен (снизу вверх): серо-черной мореной, серыми и желтовато-коричневыми песками, серовато-зеленоватой и кирпично-красной мореной и флювиогляциальными песками. Накопление большей части межморенных песков происходило в приледниковых ландшафтах перигляциальной тундры. Перигляциально-степные ценозы, реконструированные для времени седиментации нижней части этих песков, отражают растительный покров внутридонского межстадиала. В Лихвине в донской криохрон накапливались озерно-ледниковые осадки, характеризующие палиноспектрами с господством криофитов (*Betula nana*, *B. fruticosa*, *Alnaster fruticosus*, *Dryas octapetala*, *Selaginella selaginoides* и др.).

Донское ледниковье (~ 660 – 610 тыс. л.н.) сопоставляется нами с 16-й изотопной стадией. В фазы его климатического пессимума в ледниково-перигляциальной зоне в бассейнах Верхней Оки и Верхнего Дона преобладали перигляциальные тундры и лесотундры, во внеледниковых областях Приднепровской низменности – перигляциальные лесостепи и степи, а в Восточном Предкавказье – хвойно-березовые редколесья с холодолюбивыми ерниковыми сообществами [Болиховская, 1995].

Ниже нами основное внимание будет уделено материалам ЭПР-климато-хроностратиграфии и корреляции палеоклиматических событий. Подробные ландшафтно-климатические реконструкции рассматриваемых этапов неоплейстоцена и пространственно-временные закономерности развития растительности и климата Северной Евразии в неоплейстоцене подробно освещены в ряде персональных и коллективных публикаций [Болиховская, 1995, 1999, 2004, 2007 и мн.др.; Болиховская, Молодков, 1999, 2002, 2008; Bolikhovskaya, 2004; Bolikhovskaya, Molodkov, 2002, 2006; Molodkov, Bolikhovskaya, 2002, 2006, 2009]. (На сайте Географического факультета МГУ по адресу <http://www.geogr.msu.ru/structure/labs/notl/personal/Bolikhovskaya.php> есть полный список статей и монографий Н.С. Болиховской, в которых подробно рассмотрены материалы по всем изученным разрезам плейстоцена Северной Евразии и полученные реконструкции).

Мучкапское межледниковье (~ ИКС 15), первый неоплейстоценовый ЭПР-кластер 610–536 тыс. л. н.

Исходя из ЭПР-данных, на интервал 610–536 тыс. л.н. приходится процесс формирования генераций, отвечающих весьма продолжительному глобальному потеплению климата. По фауносодержащим морским отложениям рассматриваемой эпохи ЭПР-даты получены в Арктике на Новосибирских островах и Северной Земле [Молодков и др., 1992], а также на п-ове Таймыр [Bolshiyanov, Molodkov, 1999]. С точки зрения реконструкции палеоклимата и периодизации событий раннего неоплейстоцена большой интерес представляют ЭПР-хроностратиграфические исследования древнейшего в Восточной Европе памятника раннего палеолита и первой на Северном Кавказе стратифицированной пещерной стоянки, получившей название «Треугольная» [Molodkov, 1996, 2001].

Пещера расположена на северном склоне Большого Кавказа в бассейне р. Уруп (43°59.54' с.ш. и 41°17.39' в.д.) на абсолютной высоте 1500 м в зоне периодического развития горно-долинных оледенений, что отражается в литостратиграфии пещеры и в чередовании культурных слоев (7а, 5а-б и 4а-б), содержащих раннеашельские каменные индустрии, с археологически стерильными (7б и 6) [Дороничев, 1991; Дороничев и др., 2007]. Последние, вероятно, обу-

словлены тем, что во времена неблагоприятного климата (наступления ледниковой обстановки в окрестностях пещеры, связанной с общим похолоданием климата на континенте) люди покидали пещеру.

Все стратиграфические уровни пещеры сформировались на протяжении палеомагнитной эпохи Брюнес [Поспелова и др., 1996]. Следовательно, наиболее древний культуросодержащий слой 7а сформировался не ранее 780 тыс. л.н. Этот слой датировался ЭПР-методом по обнаруженным в нем многочисленным остаткам раковин сухопутных моллюсков. Возраст слоя 7а составляет 583 ± 25 тыс. л. н. [Molodkov, 1996, 2001], что позволяет соотнести первый культурный слой пещеры и первое появление ашельского человека в этом пещерном поселении с началом мучкапского межледникового и соответствующей ему “теплой” 15-й стадией изотопно-кислородной шкалы. Вполне вероятно, что преодоление древним человеком горного барьера Большого Кавказа также произошло примерно в это же время, приходящееся на период существенного сокращения объема горных оледенений.

Согласно палинологическим данным, на большей части Восточно-Европейской лёссовой провинции в климатический оптимум мучкапского межледникового доминировали хвойно-широколиственные леса с участием неогеновых экзотов, а в Предкавказье – полидоминантные широколиственные леса из видов *Carpinus*, *Fagus*, *Carya*, *Pterocarya*, *Liquidambar*, *Juglans*, *Castanea* и других тепло- и влаголюбивых пород [Болиховская, 1995]. В Стрелице в это время сформировался надморенный почвенный комплекс. Большую часть межледникового господствовала лесная растительность. В Лихвинском разрезе отложения начальных и заключительных фаз межледникового отсутствуют. Здесь представлены озерные осадки оптимальных фаз и разделяющего их эндотермального похолодания, на протяжении которых в составе доминировавших на верхней Оке лесных формаций произошли смены хвойных и хвойно-широколиственных лесов.

Окское похолодание (~ ИКС 12), первый неоплейстоценовый ЭПР-хиатус 536–455 тыс. л. н.

Палеофитоценологические реконструкции свидетельствуют о суровом криоаридном климате этого продолжительного похолодания, оцениваемого по ЭПР-данным интервалом примерно от 535 до 455 тыс. л. н. На Верхнем Дону в развитии ледниковых ландшафтов окского этапа сначала доминировали перигляциальные тундры с преобладанием березовых редколесий из *Betula tortuosa*, *B. pubescens*, *B. pendula* и ерниковых ассоциаций (*Betula fruticosa*, *B. nana*), а впоследствии перигляциальные лесотундры с господством сосново-березовых редколесий. Во внеледниковых районах Поднепровья и на крайнем юго-западе (в бассейне Нижнего Днестра) в это время распространялись перигляциальные степи (с участием в составе кустарниковых формаций *Betula fruticosa* и облипихи *Hippophaë rhamnoides*). В Восточном Предкавказье господствовали перигляциальные лесостепи.

Окончание мучкапского межледникового знаменовалось в окрестностях Треугольной пещеры сильным похолоданием и развитием самого мощного на Северном Кавказе оледенения. По-видимому, на большей части территории Северного Кавказа в это время преобладал очень холодный и сухой климат [Дороничев и др., 2007]. В условиях активизации ледниковой обстановки, существенного снижения высотных ландшафтных поясов и резкого сокращения территорий, пригодных для жизни человека, древние люди, скорее всего, уходили в предгорные долины и южные области Восточно-Европейской равнины.

Согласно ЭПР-палеоклиматической летописи, окская ледниковая эпоха охватывает интервал от ИКС 14 до ИКС 12. Это находится в противоречии с ритмичной изотопно-кислородной кривой, на которой нечетными номерами обозначены "тёплые" межледниковые стадии, каковой, по этому формальному признаку, должна соответствовать ИКС 13.

Однако недавно вывод о длительной окской ледниковой эпохе нашел подтверждение в климатической летописи ледяного ядра из глубокой скважины Dome C (Антарктида), в которой межледниковое событие, соответствующее "тёплой" ИКС 13 также отсутствует [Lambert et al., 2003]. Кроме того, изотопный состав глубоководных отложений [Bassinot et al., 1994] и запись относительного содержания дейтерия δD во льду Антарктиды [EPICA community members, 2004] дает основание полагать, что в глобальном масштабе 13-я изотопная стадия представляет наиболее холодное за последний миллион лет «межледниковье» [Yin, Guo, 2008; Masson-Delmotte et al., 2010], характеризующееся, по всей видимости, широким развитием локальных ледников. Признаки необычно холодной 13-й стадии отмечены к также в других регионах Земли, например, в Индии и Африке [Yin, Guo, 2008; Yin et al., 2008].

Лихвинское межледниковье (~ИКС 11), второй неоплейстоценовый ЭПР-кластер 455–360 тыс. л. н.

Большая часть ЭПР-определений в интервале 455–360 тыс. л. н., который мы коррелируем с лихвинским *s. str.* межледниковьем, получена по трансгрессивным отложениям морей Полярного бассейна [Молодьков и др., 1992] и по комплексно изученным озерно-болотным отложениям бутенайского межледниковья Литвы [Гайгалас, Молодьков, 1993; Gaigalas, Molodkov, 1996, 2002]. Этим же интервалом (397 ± 27 тыс. л. н.) датируется в Треугольной пещере слой 5b [Molodkov, 1996, 2001; Дороничев и др., 2007], отвечающий условиям оптимума межледниковья с очень теплым и влажным климатом (данные Г.М. Левковской).

Реконструкции изменений растительного покрова в течение лихвинского межледниковья, полученные для различных районов Русской равнины, свидетельствуют, что в ее южной половине во время лихвинских термических максимумов климатические условия были более теплыми и сухими, чем в предшествующее, мучкапское межледниковье. В климатический оптимум лихвинского термохрона в центральных районах Восточной Европы сначала доминировали дубово-грабовые, затем елово-пихтовые и грабово-буково-дубовые леса. В термоксеротический максимум, приуроченный к первой половине межледниковья, в лёссовых областях Русской равнины зональное развитие получили злаковые и разнотравно-злаковые степи. Термогигротический максимум, зафиксированный во вторую половину межледниковья, характеризовался широкой экспансией тепло- и влаголюбивых пород (*Tsuga*, *Pterocarya fraxinifolia*, *Juglans regia*, *Fagus orientalis*, *F. sylvatica*, *Carpinus betulus* и др.) в лесные формации господствовавшей в это время лесной и локализованной на юго-востоке лесостепной палеозон.

Самой теплой в неоплейстоцене лихвинской межледниковой эпохе, отвечающей 11-й стадии изотопно-кислородной шкалы, соответствовало и наиболее высокое положение уровня океана, превышающее современный более чем на 20 м [Hearty, 1998; Hearty et al., 1999; Kindler, Hearty, 2000]. Причем примечательно, что, судя по изотопно-кислородной кривой (ИКК), наиболее теплый интервал 11-й стадии приходится на первую половину. По данным же изучения коралловых рифов [Hearty, 2002] определена следующая последовательность

высокого стояния моря: в начале 11-й стадии +2 м, затем +7 м и в конце стадии +21 м, т.е. обратная последовательность по сравнению с ИКК. Результаты палеоклиматических исследований Лихвинского разреза свидетельствуют о той же динамике изменений природной обстановки в центре Восточно-Европейской равнины: и здесь климатический оптимум приходится на вторую половину лихвинской межледниковой эпохи. Таким образом, следует принять во внимание, что необходима определенная осторожность при толковании хода ИКК как непосредственного отражения глобальных изменений климата и уровня моря [Kindler, Hearty, 2000, стр. 55].

Калужское похолодание (~ ИКС 10), второй неоплейстоценовый ЭПР-хиатус 360–340 тыс. л. н.

В самые холодные фазы калужского похолодания, коррелируемого с 10-й стадией изотопно-кислородной шкалы, территорию верхней Оки и верхнего Дона занимали перигляциальные тундры и лесотундры, участки тундролесостепей и тундро-степей, а в южной части внеледниковой зоны Восточно-Европейской равнины преобладали перигляциальные лесостепи и степи.

Чекалинское межледниковье (~ ИКС 9), третий неоплейстоценовый ЭПР-кластер 340–280 тыс. л. н.

Изученные восточноевропейские лёссовые области были заняты растительными формациями лесной и лесостепной зон, в дендрофлоре которых резко сократилось, по сравнению с предыдущими межледниковьями, участие плиоценовых экзотов. Палеоклиматический сигнал межледникового характера, наблюдаемый в различных природных средах, приходится, согласно нашим данным, на интервал примерно от 340 до 280 тыс. л. н.

Жиздринское похолодание (~ ИКС 8), третий неоплейстоценовый ЭПР-хиатус 280–240 тыс. л. н.

Жиздринское похолодание сопоставляется нами с большей частью 8-й стадии изотопно-кислородной шкалы. В Восточно-Европейской лёссовой провинции оно привело к господству в северных ледниково-перигляциальных областях перигляциальных тундр, лесотундр и степей, а в криоаридных ландшафтах Восточного Предкавказья – березовых редколесий и ерниковых формаций.

Черепетьское межледниковье (~ ИКС 7), четвертый неоплейстоценовый ЭПР-кластер 240–205 тыс. л. н.

Значительное потепление в ранге межледниковья, предшествующее микулинскому, фиксируется данными ЭПР-анализа по поднятым морским горизонтам в интервале около 220 тыс. л.н. и соответствует большей части стадии 7 изотопно-кислородной шкалы. В лёссовых областях Восточно-Европейской равнины в эту эпоху повсеместно господствовали леса, в которых заметную роль играли ксерофитно-широколиственные формации из *Carpinus orientalis*, *Ostrya* sp., *O. carpinifolia* и др. В Лихвинском разрезе черепетьскому потеплению отвечает болотно-глеевая почва. В самые оптимальные фазы развития растительности в районе верхней Оки доминировали грабово-дубовые и кедрово-широколиственные формации.

Днепровское оледенение (~ ИКС 6), ЭПР-кластер 205–145 тыс. л. н. и три подкластера в этом интервале

К днепровско-московскому этапу, соответствующему большей части 6-й стадии изотопно-кислородной шкалы, в Лихвине относится мощная толща, со-

стоящая из: 1) раннеднепровских водно-ледниковых алевроитов, характеризующихся преимущественно тундро-степными палиноспектрами; 2) трехслойной морены, отвечающей днепровской и московской стадиям оледенения и днепровско-московскому межстадиалу, в ландшафтах которого преобладали сосновые редколесья, ольховниковые и ерниковые заросли; 3) позднемосковских лёссовидных супесей (рис. 6).

ЭПР определения возраста раковин моллюсков (около 184, 172 и 155 тыс. лет) из отложений арктического палеошельфа, положительные аномалии на изотопно-кислородной кривой ледяного ядра скважины GRIP и соответствующие палеоклиматические сигналы на пыльцевой диаграмме Лихвинского разреза свидетельствуют о трех интервалах потепления климата во время днепровского оледенения (ИКС 6).

Первое улучшение климатической обстановки, приведшее к таянию льдов днепровского оледенения, отмечено в верхней части водноледниковых алевроитов в самом начале изотопной стадии 6. Судя по трем определениям ЭПР-возраста раковин моллюсков, отобранных из поднятых морских горизонтов высокоширотной Арктики, это потепление имело место приблизительно 184 тыс. л. н.

В палинostrатиграфической летописи Лихвинского разреза оно, скорее всего, коррелируется с сигналом потепления интерстадиального ранга, отражающим переход от преимущественно тундро-степных ландшафтов к господству перигляциальных сосновых редколесий. По данным изотопного анализа гринландского ледяного ядра скважины GRIP [GRIP Project Members, 1993] этому интерстадиалу на изотопно-кислородной кривой отвечают две положительные аномалии, приходящиеся на интервал времени приблизительно 184 тыс. л. н., когда, судя по соотношению изотопов кислорода, температурные условия были близки современным или даже более теплыми [Болиховская, Молодков, 2008; Molodkov, Bolikhovskaya, 2009].

В ландшафтах второго (днепровско-московского) интерстадиала преобладали сосновые редколесья, ольховниковые и ерниковые заросли, кустарниковые формации из *Alnaster* и карликовой березы. Четыре ЭПР-датировки по морским отложениям высокоширотных областей Евразийского Севера свидетельствуют, что второе интерстадиальное потепление имело место приблизительно 172 тыс. л. н.. Эти определения возраста и соответствующий палеоклиматический сигнал на пыльцевой диаграмме коррелируют, скорее всего, со вторым относительно теплым эпизодом, зарегистрированным в ледяном ядре GRIP и совпадают с высокоширотным пиком инсоляции [Berger, Loutre, 1991].

Третье позднемосковское интерстадиальное потепление характеризуется палиноспектром, представляющим фазу перигляциальных березовых редколесий с *Betula fruticosa* в кустарниковом ярусе и травяно-кустарничковым покровом, в котором участвовали *Arctous alpina*, *Cannabis* sp., *Artemisia* s.g. *Seriphidium*, *Thalictrum* cf. *alpinum* и др. На основе трех определений ЭПР-возраста раковин моллюсков, отобранных из морских отложений полуострова Таймыр, третий интерстадиал днепровского времени датируется нами приблизительно в 155 тыс. л. н.. Этот возраст совпадает с двумя весьма теплыми, но относительно кратковременными сигналами интерстадиального ранга изотопной записи ледяного ядра GRIP в интервале 153,5–158,8 тыс. л. н.

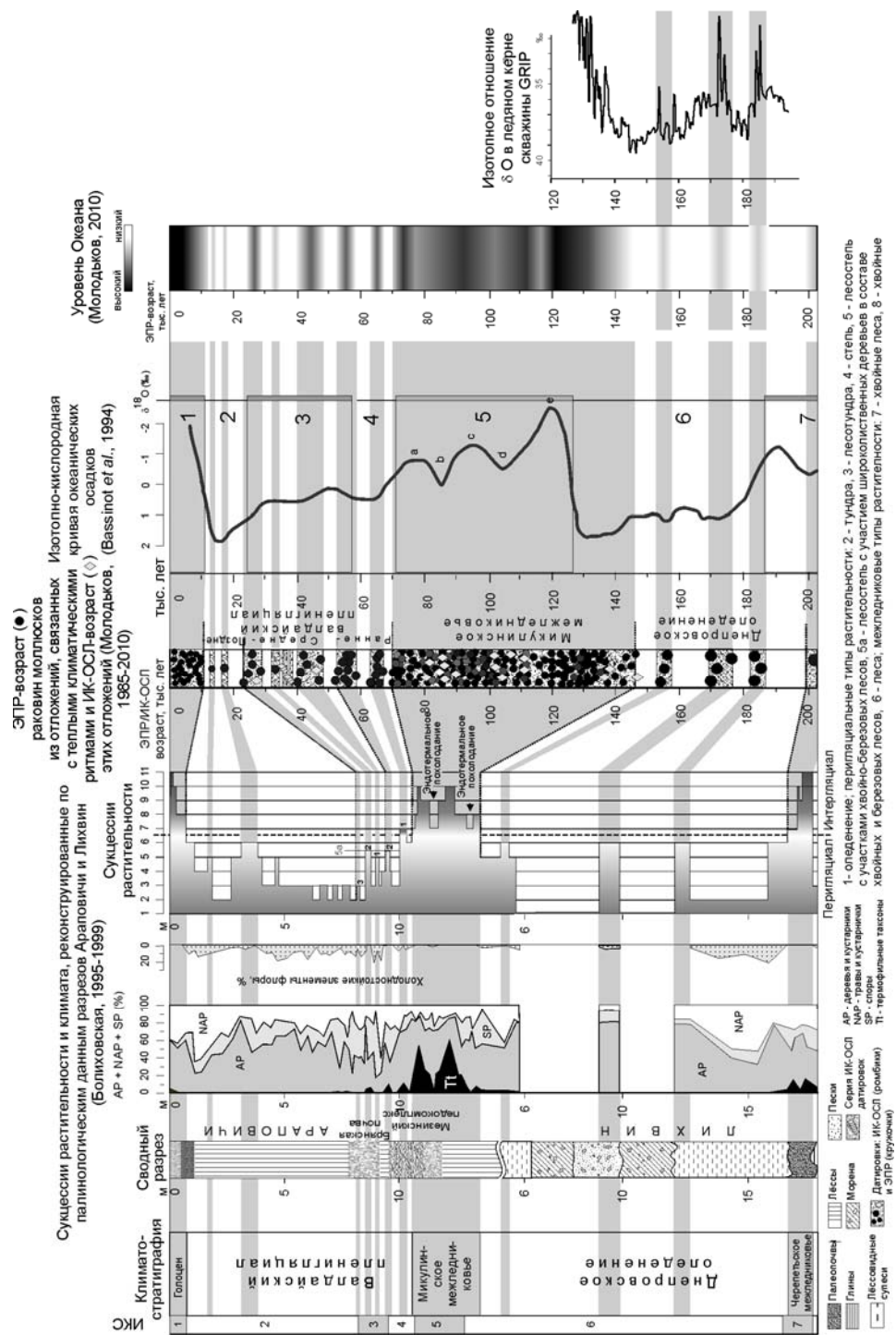


Рис. 6. Хронология и корреляция основных палеоклиматических событий в последние 200 тысяч лет.

Микулинское межледниковье, протяженный ЭПР-кластер, охватывающий заключительную часть ИКС 6 и ИКС 5 (от ~ 145–140 до 70 тыс. л. н.)

Для микулинского межледниковья реконструирована весьма сложная климатическая структура. ЭПР-хроностратиграфические исследования последнего времени, проведенные по более чем 190 раковинам моллюсков из морских отложений севера Евразии [Molodkov, Bolikhovskaya, 2009] и древнеозерных осадков Литвы [Gaigalas, Molodkov, 2002], свидетельствуют, что продолжительность стояния относительно *высокого уровня моря* и периода накопления озерных межледниковых осадков соответствует здесь интервалу примерно от 145–140 до 70 тыс. л. н., сопоставимому с завершающей фазой стадии 6 и со всей изотопной стадией 5.

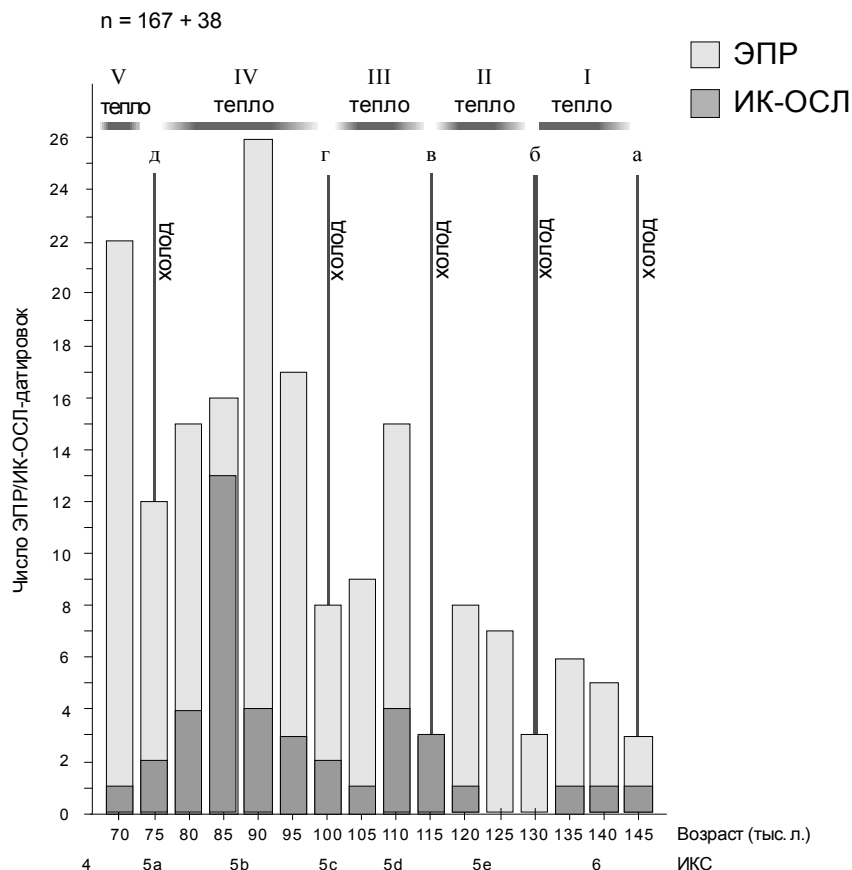


Рис. 7. Временязависимые частотные распределения ЭПР-датировок раковин морских (n=187) и пресноводных (n=7) моллюсков (определения возрастов раковин различных видов моллюсков из одной точки отбора принимались за одну датировку) и распределения ИК-ОСЛ датировок межморенных и межледниковых отложений.

Распределение ЭПР-датировок демонстрирует наличие в нем высокочастотных (I–V) и относительно низкочастотных (а–д) интервалов, которые совпадают с фазами соответственно более теплого (I–V) и прохладного (а–д) климата, определенными по данным кислородно-изотопного анализа и $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ датирования спелеотем из пещер Stordalsgrotta и Okshola в прибрежной зоне северной Норвегии [Lauritzen, 1995].

Временязависимое частотное распределение всех ЭПР-датировок, полученных нами в интервале ИКС 5 [Болиховская, Молодьков, 2008; Molodkov, Bolikhovskaya, 2009], в основном по поднятым морским отложениям окраинных и шельфовых морей евразийского Севера, а также около 40 ИК-ОСЛ-датировок

по межморенным и межледниковым отложениям [Gaigalas, Molodkov, 2002; Molodkov et al., 2010] демонстрирует наличие в нем высокочастотных интервалов, возрастом около 135, 120, 110, 90 и 70 тыс. л. н. (рис. 7), которые мы коррелируем с периодами относительно теплого климата и затопления обширных участков суши. Низкочастотные интервалы с возрастом около 130, 115, 100 и 75 тыс. л. н. сопоставляются нами с похолоданием климата и отступанием моря с затопленных территорий.

Наши данные по частотному распределению ЭПР- и ИК-ОСЛ-датировок в Северной Евразии находятся в хорошей корреляции с результатами изотопного и хронологического анализов спелеотем из пещер Студалсгротта (Stordalsgrotta), Уксула (Okshola) [Lauritzen, 1995] и Хаамарнесгротта (Hamarnesgrotta) [Linge et al., 2001], расположенных в прибрежной зоне северной Норвегии в непосредственной близости как от центра скандинавского оледенения, так и от крупнейшего в настоящее время горного ледника северной Норвегии – Svartisen. Непрерывный рост спелеотем в пещерах происходил в интервале от примерно 150 до, по крайней мере, 73 тыс. л. н., что свидетельствует о безледной обстановке в окрестностях пещер в этот период времени. Относительно кратковременные похолодания климата, не приведшие, однако, к значительному развитию скандинавского оледенения и перекрытию ледником пещер и прибрежной зоны северной Норвегии, датируются здесь, согласно данным $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ анализа, возрастом 139, 129, 114 и 100 тыс. л. н. (см. рис. 7). Относительно прохладный интервал возрастом около 75 тыс. л. н. в исследованных пещерах не выявлен, однако соответствующий ему сигнал на изотопной кривой отчетливо фиксируется по спелеотемам из пещер в северо-западной части Румынии [Lauritzen, Onac, 1999].

Здесь следует добавить, что перерыва морского осадконакопления или присутствия отложений ледникового генезиса в интервале ИКС 5 не отмечено и в исследованной нами серии разрезов на восточной периферии Балтийского щита – в южной и юго-восточной частях Кольского полуострова [Корсакова и др., 2004; Molodkov, Yevzerov, 2004] и на восточном побережье Белого моря [Molodkov, Raukas, 1998; Molodkov, Yevzerov, 2004]. По всей видимости, в течение продолжительного периода огромные территории от Кольского п-ова на западе до п-ова Таймыр на востоке были затоплены трансгрессивными водами арктических морей с типичной фауной морских моллюсков (*Hiattella arctica*, *Mya truncata*, *Macoma ssp.*, *Astarte ssp.* и др.), датированной методом ЭПР от 145 до 70 тыс. л. н.

Эти наблюдения подкрепляются также данными детального палинологического анализа лёссово-почвенных и других континентальных отложений, формировавшихся в последнепровское (последнемосковское) время в центральных районах Восточной Европы, расположенных ныне в пределах подзоны смешанных лесов. Судя по полученным результатам, наиболее высокая влагообеспеченность в позднем плейстоцене была свойственна здесь интервалу от начала микулинского межледниковья до конца первого ранневалдайского интерстадиала, а в юго-западных районах, занятых сейчас широколиственными лесами, – до конца второго ранневалдайского интерстадиала (здесь и далее в статье принято деление позднего плейстоцена на микулинское межледниковье (ИКС 5) и на валдайский пленигляциал – ранний (ИКС 4), средний (ИКС 3) и поздний (ИКС 2)). На значительную длительность микулинской межледниковой эпохи указывают также: сложный ход изменений растительного покрова, четкое выделение стадий этого межледникового климатического ритма и наличие внутри него нескольких похолоданий (с климатом интерстадиального типа), названных

Н.С. Болиховской эндотермальными похолоданиями [Bolikhovskaya, 1991], совпадающими с соответствующими внутримежледниковыми похолоданиями возрастом ~ 107 и 90 тыс. л. н., отмеченными в разрезе La Grande Pile во Франции [Woillard, 1978] и в разрезе Lago Grande di Monticchio в Италии [Brauer et al., 2007]. Наиболее выразительно динамика развития палеосреды в этот интервал времени представлена материалами опорного разреза Араповичи, расположенного на северо-востоке Приднепровской низменности в долине реки Десны. Здесь выше днепровской морены залегает 14-метровая толща позднеплейстоценовых лёссов и ископаемых почв. Микулинским межледниковьем, согласно палинологическому анализу, датируются пески и суглинки, лежащие на морене, и большая часть вышележащего мезинского почвенного комплекса: салынская почва (лессиве) и нижняя треть дерново-черноземной крутицкой почвы. Первый (кетросский) интерстадиал ранневалдайского пленигляциала отмечен в средней части этой почвы. На протяжении всего микулинского времени в условиях относительно высокой тепло- и влагообеспеченности на рассматриваемой территории господствовали леса [Болиховская, 1995].

Таким образом, наши результаты не подтверждают широко распространенного представления о том, что последнее межледниковье было непродолжительным и сопоставимо лишь с изотопной подстадией 5e, а остальная часть ИКС 5 (т.е. 5d–5a) отвечала ледниковому времени – ранней Weichselian в Западной Европе и раннему валдаю в России. В соответствии с нашими данными, изотопной подстадии 5e отвечает, по крайней мере, первый из трех климатических оптимумов (термических максимумов) этого межледниковья.

Отметим также, что, судя по нашим ИК-ОСЛ- и ЭПР-датировкам, полученным в интервале около 145–140 тыс. л. н. [Болиховская, Молодков, 1999; Molodkov, Bolikhovskaya, 2002, 2006, 2009], свидетельствам резкого потепления климата в самом конце изотопной стадии 6 [Seidenkrantz et al., 1996], а также последним данным, согласно которым начало Эемского межледниковья датируется возрастом 150 тыс. л. н. [Muñoz-García et al., 2007], подъем уровня моря и глобальное потепление климата могли произойти задолго до начала ИКС 5, датируемого около 128 тыс. л. н. [Martinson et al., 1987].

Валдайский пленигляциал (ИКС 4–2, от 70 до 11 тыс. л. н.) и серия морских и континентальных событий интерстадиального ранга в этом интервале

Согласно палинозаписям континентальных разрезов, в валдайском пленигляциале выделены 9 межстадиалов и 10 холодных стадиальных интервалов. Последовательный ход значительных изменений растительного покрова в различных районах Восточно-Европейской равнины на протяжении сложного в климатическом отношении валдайского времени представлен в работах Н.С. Болиховской [1982, 1987, 1993, 1995 и др.] и других авторов. Его наглядно иллюстрируют реконструкции, представленные на рис. 4.

Во время большей части криоксеротических валдайских интервалов в рассматриваемых районах Восточно-Европейской равнины доминировали перигляциальные степи и лесостепи, но в криогигротические стадии и субстадии большую часть этой территории занимали перигляциальные тундры, лесотундры, тундро-степи и тундро-лесостепи. Последние не отмечены только в экстрагляциальной области Предкавказья, которую отличало развитие в криогигротическую стадию валдайского времени перигляциальных лесостепей, а в криоксеротическую стадию – перигляциальных полупустынь.

Ландшафтно-климатические обстановки, несколько приближавшиеся к межледниковым, реконструированы для времени первого ранневалдайского (кетросского) межстадиала на Средней Десне, а также второго ранневалдайского (кишлянского) и третьего средневалдайского (днестровского) межстадиалов на Среднем Днестре. Вкупе с другими данными это позволяет сделать вывод о значительной дифференциации ландшафтов ледниково-перигляциальных и внеледниковых областей Восточной Европы в некоторые межстадиальные интервалы последнего оледенения.

Возраст ряда внутривалдайских потеплений (в пределах изотопных стадий 4–2) определяют ЭПР-датировки по раковинам морских моллюсков, представленные четырьмя кластерами и тремя единичными датировками.

Первый кластер (66,0–61,1 тыс. л. н.), состоящий из 8 датировок, указывает на первое послемиленинское глобальное повышение уровня моря, вызванное таянием ледников во время первого ранневалдайского (кетросского) интерстадиала в пределах относительно непродолжительной, но весьма холодной изотопной стадии 4. По ИКС 4 мы в последнее время получили два важных свидетельства ледниковой и перигляциальной обстановок в северо-западной части Восточно-Европейской равнины. Ледниковая обстановка осадконакопления установлена для Балтийского побережья Литвы, где мощная 5-метровая толща морены залегает между морскими песчаными отложениями, датированными ИК-ОСЛ-методом около 50 (перекрывающие пески) и 80 (подстилающие) тыс. л. н. (Молодьков, неопубликованные данные 2010 г.). Перигляциальная обстановка осадконакопления выявлена нами в новом опорном разрезе Вока, расположенном в ледниковой зоне северо-западной части Восточно-Европейской равнины на юго-восточном побережье Финского залива (59°24.86' с.ш., 27°35.88' в.д.). По нашим предварительным неопубликованным данным 2009 г., накопление отложений разреза в интервале примерно от 70 до 60 тыс. л. н. происходило в условиях сурового ледникового времени.

Второй кластер (58,7–52,0 тыс. л. н.), состоящий из 14 датировок, приходится на самое начало стадии 3. Датировки дают основание полагать, что второе потепление внутри валдайского пленигляциала произошло около 56 тыс. л. н.; этот палеоклиматический сигнал может быть уверенно сопоставлен со вторым пиком в континентальной палеоклиматической летописи на основе палинологических данных опорного разреза Араповичи.

Третий кластер (47,5–40,0 тыс. л. н.) состоит из 8 определений, приходящихся на середину ИКС 3. В совокупности они свидетельствуют о следующем потеплении климата и соответствующем повышении уровня моря в течение последней ледниковой эпохи.

Четвертый интервал, отвечающий в палиноспектрах Араповичского разреза самому теплomu интерстадиалу, представлен пока лишь единичной ЭПР-датировкой около 32 тыс. л. н..

Последнее средневалдайское потепление и соответствующее повышение уровня моря представлено группой из 5 определений от 28,4 до 23,0 тыс. л. н., что свидетельствует об очередном улучшении климата в самом конце изотопной стадии 3.

Единичная ЭПР-датировка около 17 тыс. л. н., свидетельствующая о первом послеледниковом повышении уровня моря, по времени хорошо согласуется с выделенным в разрезе Араповичи поздневалдайским интерстадиалом, сопоставляемым с интерстадиалом, датируемым Х.А. Арслановым [1992] возрастом 16,5–15,0 тысяч радиоуглеродных лет назад. К этому интервалу в разрезе относятся осадки на глубине 2,75–4,0 м. Во время их накопления полностью исчезли

криофиты из числа папоротников и плаунов. Господствующее значение приобрели сосновые, кедрово-сосновые и березово-сосновые леса с подлеском из кустарниковых берез, ольховника, можжевельника и ив, с обильным покровом многоножковых папоротников. Датировка в 13,5 тыс. л. н., полученная по раковине, отобранной из морских отложений северо-западной части Шпицбергена ($78^{\circ}56.90'$ с.ш., $11^{\circ}24.96'$ в.д.) на высоте 34 м в.у.м. [Н. Alexanderson, частное сообщение 2008 г.], свидетельствует, скорее всего, о подъеме уровня моря во время позднеледникового потепления бёллинг-аллерёд.

О заметных изменениях ландшафтов и сложном ходе климатических колебаний средневалдайского времени, в частности, свидетельствуют выполненные нами в последние годы детальные климато-хроностратиграфические исследования отложений нового опорного разреза Вока на юго-восточном побережье Финского залива, выявившие значительно более дробную климаторитмику этого интервала, чем реконструировалась ранее. Непрерывная шкала времени от 39 до 31 тыс. л. н., построенная на основании серии ИК-ОСЛ-датировок верхней толщи отложений в интервале глубин 5,00–12,15 м [Molodkov, 2007] и детальный палинологический анализ этой толщи [Bolikhovskaya, Molodkov, 2007; Болиховская, Молодков, 2009], убедительно говорят о существовании в довольно узком временном интервале (~39–33 тыс. л. н.) двух потеплений интерстадиального ранга в интервалах 38,6–37,6 и 36,8–35,3 тыс. л. н. и двух стадийных похолоданий в интервалах 37,6–36,8 и 35,3–32,6 тыс. л. н.. Кроме того, два кратковременных потепления отмечены нами во втором стадийном похолодании. Их возраст 34,2 и 33,8 тыс. л. н.

Сопоставление палеоклиматической структуры в исследованной нами части разреза Вока с вариациями климатических сигналов гренландского ледяного ядра скважины NordGRIP в Гренландии [Andersen et al., 2005], отстоящей от разреза Вока примерно на 3200 км, показывает, что имеется очень хорошая корреляция палеоклиматической последовательности и интенсивности сигналов сурового и более мягкого климата в период времени примерно от 39 до 33 тыс. л. н. (рис. 8). Скорее всего, такое совпадение не случайно и свидетельствует о высокой достоверности наших анализов, как палеоклиматических, так и геохронологических, а также о том, что даже незначительные изменения климата носят, по всей видимости, трансконтинентальный характер.

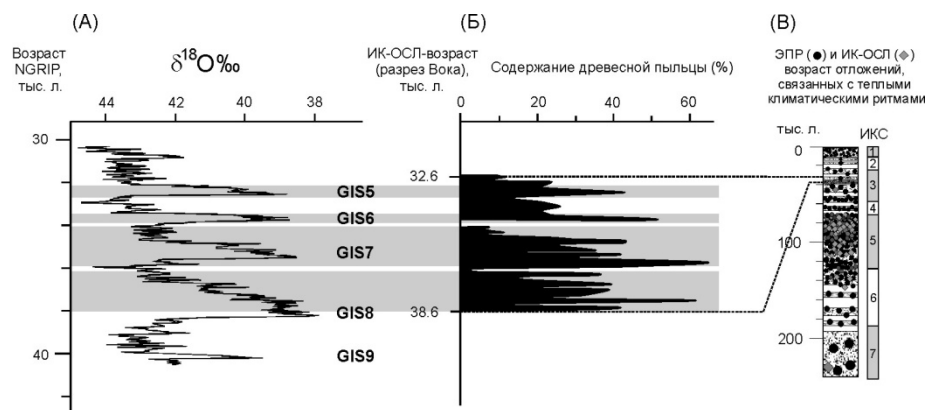


Рис. 8. Сравнение вариаций $\delta^{18}\text{O}$ в образцах ледяного ядра NGRIP (А) с тонкой структурой хроноклиматической записи разреза Вока (Б) Интерстадиалы, выделенные в разрезе Вока в интервале 32.6–38.6 тыс. л., отвечают интерстадиалам GIS8 – GIS5 по ледяному ядру в Гренландии. (В) – изменения глобального климата за последние 200 тыс. л. по данным ЭПР-анализа раковин морских моллюсков из отложений арктического палеошельфа.

Заключение

Предлагаемая работа – вклад авторов в решение проблемы построения хроностратиграфического каркаса неоплейстоцена Северной Евразии и транс-континентальной корреляции изменений природных обстановок на базе независимых методов и данных, полученных в различных природных средах и климатических зонах разных широт. Интегрированный подход к решению поставленной задачи на основе двух независимых источников климатохроностратиграфической информации – палинологического анализа опорных разрезов и ЭПР-анализа раковин моллюсков из отложений, связанных с тёплыми климатическими ритмами – позволил нам надежно идентифицировать основные крупномасштабные изменения природных обстановок неоплейстоцена Северной Евразии. Основные палеоклиматические уровни, выявленные нами при ЭПР-анализе раковин моллюсков, коррелируются с климатообусловленными сигналами палиноспектров разрезов лёссово-почвенной формации Восточно-Европейской равнины.

Надежная идентификация основных палеоклиматических сигналов и определение их абсолютного (т.е. определяемого в единицах времени) возраста легли в основу построенного нами климато-хроностратиграфического каркаса неоплейстоцена Северной Евразии.

Исходя из полученных в настоящей работе данных, в интервале неоплейстоцена (в хроне Брюнес) мы выделяем 15 крупных климатических событий: 8 межледниковий, включая голоцен, и 7 разделяющих их оледенений или похолоданий ледникового ранга.

На подавляющей части исследованных территорий Восточно-Европейской равнины термические максимумы характеризуются развитыми лесными ландшафтами и типично межледниковыми условиями. Похолодания отличаются почти полным исчезновением пыльцы и спор термофильных растений. Судя по данным ЭПР-палеоклиматической летописи, составленной на основе анализа скелетных остатков малакофауны, отобранных из отложений арктического палеошельфа в пределах современной суши, межледниковые потепления сопровождались подъемом уровня моря и трансгрессивным затоплением значительных территорий. Похолодания отвечали фазам отступления моря.

Выявленная в настоящей работе временная структура палеоклиматических событий неоплейстоцена Северной Евразии может служить климато-хроностратиграфическим каркасом при составлении региональных и межрегиональных стратиграфических схем, хроностратиграфическим ориентиром в процессе геологических исследований четвертичных образований на обширных территориях Северной Евразии, при целенаправленном поиске отложений, которые должны отвечать соответствующим ступеням (горизонтам) представленной климато-хроностратиграфической схемы, а также для корреляции выявленных геологических событий неоплейстоцена с соответствующими палеоклиматическими сигналами, зафиксированными на суше, палеошельфе, в глубоководных океанических осадках и ледяных кернах Гренландии и Антарктиды.

Разработанный авторами климато-хроностратиграфический каркас постоянно совершенствуется, и по мере изучения новых геологических объектов будет уточняться и пополняться новыми данными.

Благодарности

Многолетние экспедиционные и лабораторные работы проводились авторами в составе коллективов, осуществляющих комплексные исследования отложений опорных разрезов плейстоцена Северной Евразии. Выражаем всем коллегам сердечную признательность за сотрудничество.

Работа проводилась при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 08-05-00773) и Estonian Science Foundation (грант № 8425).

ЛИТЕРАТУРА

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.

Арсланов Х.А. Геохронологическая шкала позднего плейстоцена Русской равнины // Геохронология четвертичного периода. М.: Наука, 1992. С. 133-137.

Болиховская Н.С. Глава 3.6. Основные этапы развития растительности и климата в плейстоцене // География, общество, окружающая среда. Т. 1. Структура, динамика и эволюция природных геосистем. М.: ГЕОС, 2004. С. 561-582.

Болиховская Н.С. К палинологическому обоснованию стратиграфии раннего и среднего плейстоцена центра Русской равнины // Всеросс. совещание по изучению четвертичного периода (Тезисы докл.). М., 1994. С. 29.

Болиховская Н.С. К проблеме палинотратиграфии, климатостратиграфии и корреляции позднекайнозойских отложений Нижнего Дона // Палеомагнетизм новейших отложений бассейна Дона. М.: МГУ, Географический ф-т (Деп. ВИНТИ, №3552-В97), 1997а. С. 46-59.

Болиховская Н.С. Палеогеография и стратиграфия валдайских лёссов юго-запада Русской равнины по палинологическим данным // Вестник Моск. ун-та. Сер. геогр. 1987. № 1. С. 53-58.

Болиховская Н.С. Палеогеография плейстоцена центральных и южных районов Русской равнины (по палинологическим данным): Автореф. дисс. ... канд-та. географ. наук. М.: Географический ф-т МГУ, 1975. 23 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. Перигляциальные и межледниковые ландшафты плейстоцена Восточно-Предкавказской лёссовой области. М.: Изд. ВИНТИ, 1995а. 125 с. (Деп. в ВИНТИ 10.01.95, № 52-В95).

Болиховская Н.С. Пространственно-временные закономерности развития растительности и климата Северной Евразии в неоплейстоцене // Археология, этнография и антропология Евразии. 2007. №. 4 (32). С. 2-28.

Болиховская Н.С. Растительность микулинского межледниковья по данным палинологического анализа полигенетической ископаемой почвы близ стоянки Молодова I // Молодова I. Уникальное мустьерское поселение на Среднем Днестре. М.: Наука, 1982. С. 145-154.

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

Болиховская Н.С. Эволюция лёссово-почвенной формации Северной Евразии. М.: Изд-во МГУ, 1995. 270 с.

Болиховская Н.С., Молодьков А. Н. Периодизация, корреляция и абсолютный возраст теплых и холодных эпох последних 200 тысяч лет // Проблемы палеогеографии и стратиграфии плейстоцена. М.: Изд-во Моск. гос. ун-та, 2008. Вып. 2. С. 45-64.

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.

ИГиРГИ, 1999. С. 25-53.

Болыховская Н.С., Молодьков А.Н. Реконструкция развития палеоклиматических событий плейстоцена по данным палинологических и электронно-парамагнитнорезонансных исследований на территории Северной Евразии // Археология, этнография и антропология Евразии. 2002. № 2 (10). С. 2–21.

Болыховская Н.С., Молодьков А.Н. Эволюция растительности и климата на юго-восточном побережье Финского залива в интервале 39–33 тыс. лет назад // Вестник Моск. Ун-та. Серия 5. География. 2009. № 6. С. 47–54.

Болыховская Н.С., Пашкевич Г.А. Динамика растительности в окрестностях стоянки Молодова I в позднем плейстоцене (по материалам палинологического исследования) // Молодова I. Уникальное мустьерское поселение на Среднем Днестре. М.: Наука, 1982. С. 120-145.

Большаинов Д.Ю. Пассивное оледенение Арктики и Антарктиды. С-Пб.: Изд-во ААН ИИ, 2006. 296 с.

Большаинов Д.Ю., Молодьков А.Н., Пушина З.В., Савельева Л.А. Проблема возраста оледенений Антарктиды в свете новых данных о геологическом строении массива Фишер (ледник Эймери-Ламберта в Восточной Антарктиде). Тезисы докладов международного совещания по итогам МПГ. Сочи, 28 сентября–3 октября. 2009, С. 66.

Величко А.А., Морозова Т.Д., Нечаев В.П., Ударцев В.П., Цацкин А.И. Проблемы хронostrатиграфии и корреляции лёссово-почвенной формации Русской равнины // Стратиграфия и палеогеография четвертичного периода Восточной Европы. М.: Изд. ИГ РАН, 1992. С. 115-140.

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

Вирина Е.И., Ударцев В.П., Фаустов С.С., Чернова Л.М. Палеомагнитная стратиграфия лёссовых отложений Предкавказья // Четвертичный период: методы исследования, стратиграфия и экология. Тезисы VII Всес. совещ. Таллинн: Изд. ин-та геол. АН Эстонии, 1990. Т. 1. С. 120-121.

Гайгалас А.И., Молодьков А.Н. Определение возраста пресноводных моллюсков бутенайского межледниковья в разрезе Гайлуной методом ЭПР // Научн. тр. высш. учебных заведений Литвы: Геология: (Детальная стратиграфия. II). Вильнюс: Изд-во Вильн. ун-та, 1993. Т. 14. С. 223 – 234.

Дороничев В.Б. Древнейшая стоянка Кубани // Древности Кубани: Материалы науч.-практ. конф. Краснодар, 1991. С. 38–41.

Дороничев В.Б., Голованова Л.В., Барышников Г.Ф., Блэквелл Б.А.Б., Гарутт Н.В., Левковская Г.М., Молодьков А.Н., Несмеянов С.А., Поспелова Г.А., Хоффекер Д.Ф. Треугольная Пещера. Ранний палеолит Кавказа и Восточной Европы. Под ред. Л.В. Головановой, и В.Б. Дороничева. С-Пб: Изд-во «Островитянин», 2007. 270 с.

Заррина Е.П. Четвертичные отложения северо-западных и центральных районов европейской части СССР. – Л.: Недра, Ленингр. отд-е, 1991. 187 с.

Корсакова О. П., Молодьков А. Н., Колька В. В. Геолого-стратиграфическая позиция верхнеплейстоценовых морских образований на юге Кольского полуострова (по геохронологическим и геологическим данным) // Доклады Академии наук РАН. 2004. Т. 398. №2. С. 218–222.

Красненков Р.В., Семенов В.В., Казанцева Н.Е., Щепетнов В.В. О положении палеомагнитной инверсии Брюнес-Матуяма в субэдральной формации Европейской России // Бюлл. региональной межведомственной стратиграф. комиссии по центру и югу Русской платформы. 1993. Вып. II. С. 138-143.

Молодьков А.Н. Электронно-парамагнитно-резонансное датирование раковин субфосильных моллюсков: проблема фединга поглощенной палеодозы // Изв. АН ЭССР. Геол. 1988а. Т. 37. № 3. С. 114–126.

Молодьков А.Н. Электронно-парамагнитно-резонансное датирование раковин субфосильных моллюсков: проблема оценки палеодозы // Изотопно-геохимические исследования в

Прибалтике и Белоруссии. Таллинн, 1988б. С. 144–160.

Молодьков А.Н. Разработка методики электронно-парамагнитно-резонансного (ЭПР) датирования раковин субфоссильных моллюсков в целях корреляции и стратиграфического расчленения верхнекайнозойских отложений: Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. Таллинн, 1989. 23 с.

Молодьков А.Н. Корреляция и хронология морских событий плейстоцена по данным электронно-парамагнитно-резонансного (ЭПР) анализа раковин субфоссильных моллюсков. Четвертичный период: методы исследования, стратиграфия и экология. Тез. докл. VII Всесоюзного совещания. 1990. Т. II. С. 183–184.

Молодьков А.Н. Проблема вековой стабильности природного радиационного поля в четвертичной палеодозиметрии // Геохронологические и изотопно-геохимические в четвертичной геологии и археологии. Вильнюс, Изд. Вильнюсского ун-та, 1991. С. 103–110.

Молодьков А.Н. ЭПР анализ скелетного вещества моллюсков в хроностратиграфических исследованиях позднего кайнозоя: Автореф. дис. ... д-ра геол. наук. Тарту, 1992. 33 с.

Молодьков А.Н., Раукас А.В., Макеев В.М., Барановская О.Ф. К ЭПР хроностратиграфии морских отложений Северной Евразии и их корреляции с событиями плейстоцена // Геохронология четвертичного периода. М.: Наука, 1992. С. 41–46.

Опорные разрезы нижнего плейстоцена бассейна верхнего Дона. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1984. 212 с.

Поспелова Г.А., Шарапова З.В., Миронов Т.В., Левковская Г.М. Отражение климатических изменений в магнитных параметрах осадочных пород пещеры Треугольная (Северный Кавказ) и палеомагнитные исследования этих пород // Физика Земли. 1996. №9. С. 57–69.

Разрез новейших отложений Северо-Восточного Приазовья. М.: Изд-во МГУ, 1976. 159 с.

Шук С.М. Некоторые проблемы стратиграфии и палеогеографии квартера // Бюллетень КИЧП. 2008. №68. С. 40–49.

Шук С.М., Борисов Б.А., Заррина Е.П. О проекте межрегиональной стратиграфической схемы неоплейстоцена Восточно-Европейской платформы и совершенствовании региональных стратиграфических схем // Материалы Третьего Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода. Смоленск, 2002. Т. 2. С. 125–129.

Шук С.М., Заррина Е.П., Писарева В.В. Стратиграфия неоплейстоцена Центра и Северо-Запада Европейской России // Палинологические, климатостратиграфические и палеоэкологические реконструкции. С.-Пб: Недра, 2006. С. 85–121.

Andersen K. K., Svensson A., Johnsen S. J., Rasmussen S.O., Bigler M., Röthlisberger R., Ruth U., Siggaard-Andersen M.-L., Steffensen J. P., Dahl-Jensen D., Vinther B. M., Clausen H. B. The Greenland Ice Core Chronology 2005, 15–42 ka. Part 1: constructing the time scale // Quaternary Science Reviews. 2006. V. 25. P. 3246–3257.

Bassilot 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 and Planetary Science Letters. 1994. V. 126. P. 91–108.

Berger A., Loutre M.F. Insolation values for the climate of the last 10 million years // Quaternary Science Reviews. 1991. V. 10. P. 297–317.

Bolikhovskaya N.S. Paleoenvironments and climatostratigraphy of the loess-paleosol formation of Northern Eurasia // LOESSinFORM. Budapest: Geographical Research Institute of HAS. 2004. № 4. P. 11–36.

Bolikhovskaya N.S. Paleogeography, Stratigraphy and Genesis of the Loess-Paleosol Formation of Northern Eurasia (palynological data). GeoJournal. Dordrech/Boston/. London: Kluwer Acad. Publishers. 1991. 24 (2), 181–184.

Bolikhovskaya N., Molodkov A. Detailed pollen and climatostratigraphic records of the Pleistocene reference loess-paleosol sequences of the Eastern Europe and their correlation with ESR-dated marine deposits // Acta Palaeontologica Sinica. V. 41. No. 4. Proceedings of 10th International Palynological Congress. Beijing. Science Press. 2002. P. 497–507.

Bolikhovskaya N.S., Molodkov A.N. East-European loess-paleosol sequences: Palynology, stratigraphy and correlation // Quaternary International. 2006. № 149. P. 24–36.

Bolikhovskaya N., Molodkov A. Pollen and IR-OSL evidence for palaeoenvironmental changes between ca. 39 kyr to ca. 33 kyr BP recorded in the Voka key section, NE Estonia // *Journal of Geological Survey of Finland, Special Paper*. 2007. V. 46. P. 103–112.

Bolshiyakov D., Molodkov A. Marine Pleistocene Deposits of the Taymyr Peninsula and their age from ESR dating // *Land-Ocean Systems in the Siberian Arctic: Dynamics and History*. Eds. H. Kassens, H.A. Bauch, I.A. Dmitrenko, H. Eicken, H.-W. Hubberten, M. Melles, J. Thiede, L.A. Timokhov. Berlin: Springer-Verlag, 1999. P. 469–475.

Bowen D.Q., Richmond G.M., Fullerton D.S., Sibrava 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. V. 5. P. 509–510.

Brauer A., Allen J. R. M., Mingram J., Dulski P., Wulf S., Huntley B. Evidence for last interglacial chronology and environmental change from Southern Europe // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. V. 104. No 2. P. 450–455.

EPICA community members. Eight glacial cycles from an Antarctic ice core // *Nature*. 2004. V. 429. P. 623–628.

Gaigalas A., Molodkov A. ESR Ages of Three Lithuanian Mid-Late Pleistocene Interglacials: Methodological and Stratigraphical Approach // *Geochronometria*. 2002. V. 21. P. 57–64.

Gaigalas A., Molodkov A. Geology and freshwater mollusc ESR-age of the Butenai interglacial lacustrine deposits (Gailiūnai, Southern Lithuania) // *Geologija*. 1996. V. 19. P. 41–49.

GRIP Project Members... Climate instability during the last interglacial period recorded in the GRIP ice core // *Nature*. 1993. V. 364. P. 203–207.

Hearty P.J. The geology of Eleuthera Island, Bahamas: A Rosetta Stone of Quaternary stratigraphy and sea-level history // *Quaternary Science Reviews*. 1998. V. 17. P. 333–355.

Hearty P.J. A revision of the late Pleistocene stratigraphy of Bermuda // *Sedimentary Geology*. 2002. V. 153. P. 1–21.

Hearty P.J., Kindler P., Cheng H., Edwards R.L. A +20 m middle Pleistocene sea-level highstand (Bermuda and The Bahamas) due to partial collapse of Antarctic ice // *Geology*. 1999. V. 27. P. 375–378.

Kindler P., Hearty P. J. Elevated marine terraces from Eleuthera (Bahamas) and Bermuda: sedimentological, petrographic and geochronological evidence for important deglaciation events during the middle Pleistocene // *Global and Planetary Change*. 2000. V. 24. P. 41–58.

Kitaba I., Harada M., Hyodo M., Katoh S., Sato H., Matsushita M. MIS 21 and the Mid-Pleistocene Climate Transition: Climate and sea-level variation from a sediment core in Osaka Bay, Japan // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2011. V. 299. P. 227–239.

Lambert F., Bigler M., Kaufmann P., Stauffer B., Castellano E., Migliori A., Udisti R., Wolff E.W., Jouzel J., Ruth U. Where is interglacial 13 in the Dome ice core? Findings from the dust and the chemical records // Presentation at the International Conference “Polar Regions and Quaternary Climate”, San Feliu de Guixols, Spain (04 - 09 October 2003). 2003.

Lauritzen S.E. High-Resolution Paleotemperature Proxy Record for the Last Interglaciation Based on Norwegian Speleothems // *Quaternary Research*. 1995. V. 43. P. 133–146.

Lauritzen S.E., Onac B.P. Isotopic Stratigraphy of a Last Interglacial Stalagmite from North-western Romania: Correlation with the Deep-Sea record and Northern-Latitude Speleothem // *Journal of Cave and Karst Studies*. 1999. V. 61, No 1. P. 22–30.

Linge H., Lauritzen S.-E., Lundberg J. Stable Isotope Stratigraphy of a Late Last Interglacial Speleothem from Rana, Northern Norway // *Quaternary Research*. 2001. V. 56. P. 155–164.

Martinson D.G., Pisias N.G., Hays J.D., Imbrie J., Moore T.C., Jr., Shackleton N.J. Age dating and the orbital theory of the ice ages: Development of a high-resolution 0 to 300,000-year chronostratigraphy // *Quaternary Research*. 1987. V. 27. P. 1–30.

Masson-Delmotte V., Stenni B., Pol K., Braconnot P., Cattani O., Falourd S., Kageyama M., Jouzel J., Landais A., Minster B., Krinner G., Johnsen S., Röthlisberger R., Chappellaz J., Hansen J., Mikolajewicz U., Otto-Bliesner B. EPICA Dome C record of glacial and interglacial intensities // *Quaternary Science Review*. 2010. V. 29. P. 113–128.

Molodkov A. ESR dating of Quaternary shells: recent advances // *Quaternary Science Reviews*. 1988. V. 7. P. 477–484.

- Molodkov A.* The problem of long-term fading of absorbed palaeodose on ESR-dating of Quaternary mollusc shells // *Applied Radiation and Isotopes*. 1989. V. 40. P. 1087–1093.
- Molodkov A.* ESR-Dating of non-marine mollusc shells // *Applied Radiation and Isotopes*. 1993. V. 44. P. 145–148.
- Molodkov A.* ESR dating evidence on early man's dwelling at a Lower Palaeolithic cave site in the Northern Caucasus // *Geologija*. 1996. V. 19. P. 67–75.
- Molodkov A.* ESR dating evidence for early man at a Lower Palaeolithic cave-site in the Northern Caucasus as derived from terrestrial mollusc shells // *Quaternary Science Reviews*. 2001. V. 20. P. 1051–1055.
- Molodkov A.* IR-OSL dating of uranium-rich deposits from the new late Pleistocene section at the Voka site, North-Eastern Estonia // *Quaternary Geochronology*. 2007. V. 2. P. 208–215.
- Molodkov A., Bitinas A.* Sedimentary record and luminescence chronology of the Lateglacial and Holocene aeolian sediments in Lithuania // *Boreas*. 2006. V. 35. No 2. P. 244–254.
- Molodkov A., Bitinas A., Damušytė A.* IR-OSL dating studies of glacial sediments from the Lithuanian Maritime Region // *Quaternary Geochronology*. 2010. V. 5. P. 263–268.
- 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. V. 150. P. 185–201.
- Molodkov A., Bolikhovskaya N.* Long-term palaeoenvironmental changes recorded in palynologically studied loess–palaeosol and ESR-dated marine deposits of Northern Eurasia: Implications for sea–land correlation // *Quaternary International*. 2006. V. 152–153. P. 37–47.
- Molodkov A., Bolikhovskaya N.* Climate change dynamics in Northern Eurasia over the last 200 ka: Evidence from mollusc-based ESR-chronostratigraphy and vegetation successions of the loess–palaeosol records // *Quaternary International*. 2009. V. 201. P. 67–76.
- Molodkov A., Dreimanis A., Āboltiņš O., Raukas A.* The ESR age of *Portlandia arctica* shells from glacial deposits of Central Latvia: an answer to a controversy on the age and genesis of their enclosing sediments // *Quaternary Science Reviews*. 1998. V. 17. P. 1077–1094.
- Molodkov A., Raukas A.* ESR age of the Late Pleistocene transgressions in the eastern part of the White Sea coast // *Geologija*. 1998. V. 25. P. 62–69.
- Molodkov A., Yevzerov V.* ESR/OSL ages of long-debated sub-till fossil-bearing marine deposits from the southern Kola Peninsula: stratigraphic implications // *Boreas*. 2004. V. 33. P. 123–131.
- Möller P., Fedorov G., Pavlov M., Seidenkrantz M., Sparrenbom C.* Glacial and palaeoenvironmental history of the Cape Chelyuskin area, Arctic Russia // *Polar Research*. 2008. V. 27. P. 222–248.
- Muñoz-García M. B., Martín-Chivelet J., Rossi C., Ford D. C., Schwarcz H. P.* Chronology of Termination II and the Last Interglacial Period in North Spain based on stable isotope records of stalagmites from Cueva del Cobre (Palencia) // *Journal of Iberian Geology*. 2007. V. 33. No 1. P. 17–30.
- Seidenkrantz M.-S., Bornmalm L., Johnsen S.J., Knudsen K.L., Kuijpers A., Lauritzen S.-E., Leroy S.A.G., Mergeai I., Schweger C., van Vliet-Lanoë B.* Two-step deglaciation at the oxygen isotope stage 6/5e transition: the Zeifen-Kattegat climate oscillation // *Quaternary Science Reviews*. 1996. v. 15. P. 63–75.
- Singer B.S., Hoffman K.A., Chauvin A., Coe R.S., Pringle M.S.* Dating transitionally magnetized lavas of the late Matuyama Chron: Toward a new $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ timescale of reversals and events // *Journal of Geophysical Research*. 1999. 104. P. 679–693.
- Woillard G. M.* Grande Pile peat bog: A continuous pollen record for the last 140,000 years // *Quaternary Research*. 1978. 9. P. 1–21.
- Yin Q., Berger A., Guo Z., Crucifix M.* MIS-13 Climate, astronomical and ice sheets forcing. American Geophysical Union, Fall Meeting 2008, 15–19 December, San Francisco. Abstract #PP12A-05. 2008.
- Yin Q.Z., Guo Z.T.* Strong summer monsoon during the cool MIS-13 // *Climate of the past*. 2008. V. 4. P. 29–34.