

ДИНАМИКА ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ

УДК 551.583: 551.89(470.2-474.2)

РАЗВИТИЕ И ХРОНОЛОГИЯ КЛИМАТО-ФИТОЦЕНОТИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ ПОЗДНЕГО НЕОПЛЕЙСТОЦЕНА (МИС 5–МИС 3) НА ЮГО-ВОСТОЧНОМ ПОБЕРЕЖЬЕ ФИНСКОГО ЗАЛИВА

Н.С. Болиховская¹, А.Н. Молодьков²

¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, научно-исследовательская лаборатория новейших отложений и палеогеографии плейстоцена, вед. науч. сотр.; кафедра геоморфологии и палеогеографии, проф.; д-р геогр. наук; e-mail: natbolikh@mail.ru

²Таллинский технологический университет, отдел геологии, научно-исследовательская лаборатория четвертичной геохронологии, зав. лабораторией, д-р геол.-минерал. наук; e-mail: anatoli.molodkov@ttu.ee

Представлен анализ дискуссионной проблемы ранга выделяемых климатостратиграфических подразделений периода двух морских изотопных стадий (МИС) – МИС 5 и МИС 4. Выполнен обзор важнейших для корреляционных построений палинологических записей микулинского межледникового разреза северо-запада Восточно-Европейской равнины. Представительная серия абсолютных датировок, полученных ИК-ОСЛ методом, и детальные палинологические записи позволили выполнить климато-хроностратиграфическое расчленение позднеплейстоценовой толщи опорного разреза Вока на юго-восточном побережье Финского залива. Репрезентативные палинологические спектры убедительно свидетельствуют о теплом интервале межледникового ранга во второй половине МИС 5, отвечающем стандартным микулинским палинозомам M_6 , M_7 , M_8 , а также о периоде значительного похолодания МИС 4, характеризующегося доминированием в районе исследований формаций перигляциальной растительности, что противоречит точке зрения о развитии в это время обширного *калининского оледенения*, распространявшегося, как полагают, на многие сотни километров южнее Финского залива. Данные по МИС 3 свидетельствуют о двухкратном чередовании интервалов межстадиального и стадиального (перигляциального) климата в период от 39 до 33 тыс. л. н.

Впервые для территории Восточно-Европейской равнины (и Северной Евразии в целом) подробно реконструированы и датированы климато-фитоценотические сукцессии палеоклиматических событий межледникового, эндотермального, межстадиального и стадиального рангов периода примерно 100–30 тыс. л. н., отвечающего второй половине МИС 5, МИС 4 и интервалу 39–33 тыс. л. н. МИС 3.

Ключевые слова: поздний плейстоцен, палинология, ИК-ОСЛ хронология, климатостратиграфия, растительность, межрегиональная корреляция

DOI: 10.55959/MSU0579-9414.5.79.3.8

ВВЕДЕНИЕ

Поздний плейстоцен, которому соответствует поздний неоплейстоцен российской стратиграфической шкалы, – наиболее изученный этап в четвертичной истории геологического развития Северной Евразии. Тем не менее остается еще много вопросов относительно возраста и ландшафтно-климатических особенностей теплых и холодных интервалов разного ранга, реконструируемых для этого этапа. Особенно противоречивы представления о длительности и климаторитмике межледникового и раннеледникового позднего плейстоцена.

На территории Центра и Северо-Западного сектора Восточно-Европейской равнины результаты

палеоботанического (спорово-пыльцевого, диатомового и палеокарпологического) исследования получены для нескольких сотен разрезов морских и континентальных (озерных, озерно-болотных, болотных, аллювиальных, палеопочвенных) отложений последнего межледникового плейстоцена – микулинского в межрегиональной стратиграфической шкале России, муравинского в Беларуси, пранглинского в Эстонии, мяркинского в Литве, фелициановского в Латвии, эемского в Западной Европе. Однако вплоть до последних лет здесь отсутствовали палино- и климато-хроностратиграфические реконструкции палеоклиматических событий позднего плейстоцена, полученные по разрезам с наиболее

полно представленной на данной территории позднелейстоценовой толщей, вся седиментационная последовательность которой была бы охарактеризована детальными палинологическими записями и хронологическими шкалами, базирующимися на репрезентативных сериях абсолютных дат. В связи с этим к числу дискуссионных правомерно должны быть отнесены выводы о продолжительности, временных границах, климаторитмике, региональных особенностях флор и климато-фитоценологических сукцессий межледникового и ледникового интервалов, а также выполняемые корреляции палеоклиматических событий позднего плейстоцена.

Согласно доминирующим представлениям [Mangerud, 1989; Svendsen et al., 2004], сформировавшимся, очевидно, под влиянием концепции отражения глобального климата стадиями изотопно-кислородной кривой [Shackleton, 1969], большая часть территории Северной Евразии во второй половине морской изотопной стадии (МИС) 5 (примерно от 117 до 70 тыс. л. н.) находилась в зоне первого позднелейстоценового оледенения, а межледниковые позднелейстоценовые отложения формировались лишь в течение относительно непродолжительного периода времени (около 13 тыс. л. н.), сопоставляемого с подстадией МИС 5e (~130–117 тыс. л. н.). Соответственно этим взглядам, по примеру Я. Мангера [Mangerud, 1989], выполнившего корреляцию стратиграфических подразделений последнего межледникового/ледникового цикла в Северной Европе с кислородно-изотопной стратиграфией, большинством специалистов принято следующее деление и корреляция стратиграфических единиц позднего плейстоцена: московско-валдайское (микулинское, земское) межледниковье (МИС 5e, ~130–117 тыс. л. н.) и валдайская (вейхсельская) ледниковая эпоха с периодами раннего (МИС 5d–5a, 117–70 тыс. л. н.), среднего (МИС 4 – МИС 3, 70–25 тыс. л. н.) и позднего (МИС 2, 25–11,7 тыс. л. н.) валдайского этапов.

Однако этим корреляциям противоречат датировки микулинских (муравинских, меркинских) отложений Восточно-Европейской равнины, полученные $^{230}\text{Th}/\text{U}$ методом в разрезах Микулино (113±11 тыс. л. н.), Нижняя Боярщина [Кузнецов и др., 2002; Максимов и др., 2021], Мурава (102±11,9 тыс. л. н.) [Sanko, 2004], а также двумя палеодозиметрическими (ИК-ОСЛ – оптически инфракрасно-стимулированной люминесценции, ЭПР – электронного парамагнитного резонанса) методами в разрезах Литвы (Нятесос, Меркине, Йонионис и др.) – от 113,1±7,3 тыс. л. н. до 70,7±5,5 тыс. л. н. [Baltrūnas et al., 2013; Gaigalas, Molodkov, 2002]. Так, данные палеоботанического изучения и $^{230}\text{Th}/\text{U}$ датирования торфов и гиттий разрезов Нижняя Боярщина (Смоленская обл.), Килешино и Большая Дубенка (Тверская обл.) свидетель-

ствуют, что лишь первая половина межледниковья, соответствующая стандартным палинозонам M_1 – M_4 , относится к МИС 5e [Максимов и др., 2021].

Материалы хронологических и палинологических исследований авторов данной работы также не подтверждают доминирующих ныне представлений. По результатам наших исследований в интервале примерно от 145–140 до 70 тыс. л. н., сопоставимом с завершающей фазой МИС 6 и со всей МИС 5, на севере Евразии происходило накопление трансгрессивных морских осадков, что на внутриконтинентальных территориях европейской части России могло отвечать микулинскому межледниковому горизонту [Bolikhovskaya, Molodkov, 2006]. Установлено, что климаторитмика микулинского межледникового этапа была сложной как по наиболее полным палинологическим записям, зафиксировавшим климатические оптимумы и внутримежледниковые (эндотермальные) похолодания в изученных опорных континентальных разрезах [Болиховская, 1995, 2007], так и по кластерам датировок, полученных электронно-парамагнитно-резонансным (ЭПР) методом для морских трансгрессивных осадков, в которых также выделяются несколько термических максимумов, разделенных эндотермальными похолоданиями [Molodkov, Bolikhovskaya, 2009]. Причем 84% всех находок раковин морских и пресноводных моллюсков на территориях выше 55° с. ш. (около 200) в интервале 130–70 тыс. л. н. и ЭПР датировок по ним приходится на интервал 110–70 тыс. л. н. (МИС 5d–5a), что предполагает существование наиболее благоприятных климатических условий в этом интервале МИС 5.

Решению изложенных выше дискуссионных вопросов способствуют полученные авторами и представленные в настоящей статье результаты детального палинологического (спорово-пыльцевого) анализа и абсолютного датирования ИК-ОСЛ методом позднелейстоценовых отложений опорного разреза Вока. Впервые для территории Восточно-Европейской равнины (и Северной Евразии в целом) подробно реконструированы и датированы климато-фитоценологические сукцессии основных палеоклиматических событий интервала примерно от 100 до 30 тыс. л. н., отвечающего второй половине МИС 5, МИС 4 и МИС 3.

ОБЪЕКТ, МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Опорный разрез Вока (59°24,9' с. ш., 27°35,9' в. д., рис. 1А) расположен на берегу Финского залива, в пределах глинтавой бухты (см. рис. 1Б). Здесь в береговом обрыве (протяженностью около 2,2 км) в центральной части обнажения вскрывается ~22-метровая толща субаквальных (озерных) осадков.

При отсутствии результатов абсолютного датирования в предшествующих исследованиях, базировавшихся на геолого-геоморфологических данных и литологических особенностях горизонтов этого разреза, а также динамике отступления последнего ледника на территории Эстонии, предполагалось, что здесь представлены позднеледниковые осадки Балтийского приледникового озера [Miidel 2003; Raukas, Stankowski, 2005], существовавшего в интервале от 14,4 до 12,2 тыс. л. н.

Однако уже первыми результатами датирования толщи рыхлых отложений Воки ИК-ОСЛ ме-

тодом установлен ее значительно более древний позднеплейстоценовый возраст [Molodkov, 2007], подтвержденный палинологическими данными [Bolikhovskaya, Molodkov, 2007; Болиховская, Молодьков, 2009]. Серии ИК-ОСЛ датировок, полученные по представительной коллекции образцов отложений разреза, свидетельствуют, что изученные осадки имеют возраст в интервале примерно от 100 до 30 тыс. л. н. (рис. 2). Такие разрезы, охватывающие столь длительный период позднего плейстоцена, в Северо-Западном регионе Восточно-Европейской равнины крайне редки.

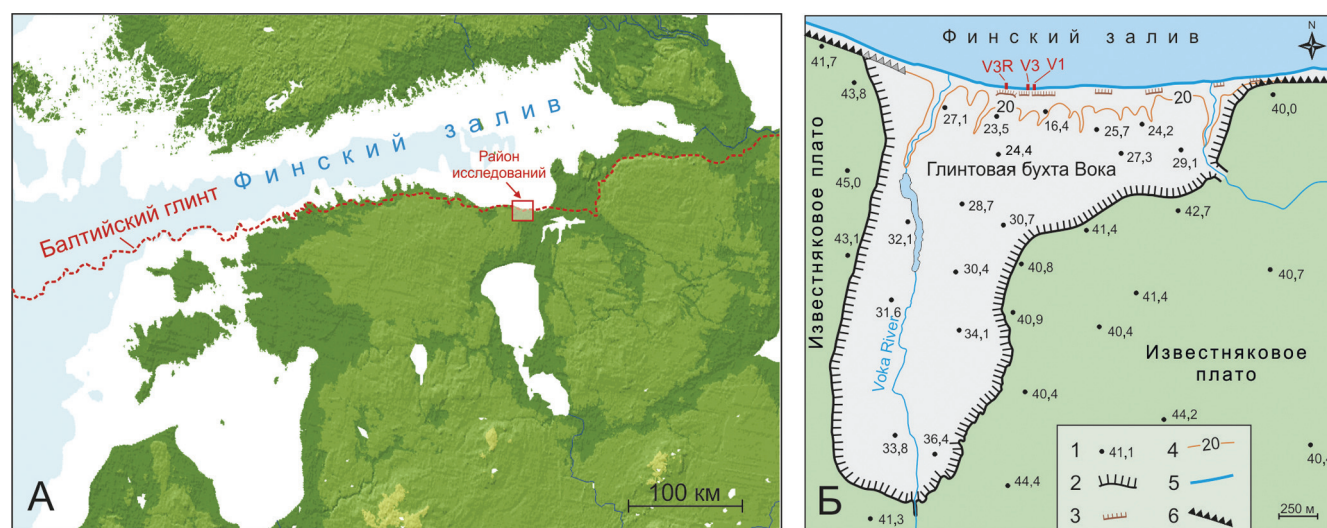


Рис. 1. Местоположение обнажения Вока (А) и схема глинтавой бухты Вока с расположением расчисток изученных отложений (Б): 1 – отметки абсолютных высот; 2 – граница глинтавой бухты Вока; 3 – обнажение; 4 – 20-метровая изолиния; 5 – береговая линия; 6 – глинт

Fig. 1. Location map of the Voka outcrop (A) and scheme of the Voka clint bay with locations of the studied outcrops (B): 1 – elevations above sea level; 2 – Voka clint-bay boundary; 3 – outcrop; 4 – 20 m contour line; 5 – coastline; 6 – clint

Геологическое строение разреза и геолого-геоморфологическая характеристика изучаемого района подробно освещались нами ранее [Bolikhovskaya, Molodkov, 2007; Болиховская, Молодьков, 2009]. В разрезе выделяются два основных литолого-стратиграфических компонента. Под современной почвой в интервале глубин от 1,85 до 12,15 м обнажается датированная интервалом от ~ 39 до 30 тыс. л. н. толща «А» (профиль V3-05), сложенная мелко- и тонкозернистыми параллельно-слоистыми песками, местами замещающимися глинистыми отложениями с песчаными прослоями. Эта толща отделяется от нижележащей толщи «Б» (профили V1-05 и V3R) микулинских и ранневалдайских осадков маломощным гравийно-галечным «маркерным» прослоем, свидетельствующем наряду с данными ИК-ОСЛ датирования о сравнительно коротком (около 700 лет) перерыве осадконакопления. Толща «Б» в восточной части обнажения (V1-05) представлена

мелко- и среднезернистыми песками с прослоями суглинков и глин, а в западном крыле (V3R) – преимущественно глинистыми осадками с тонкими прослоями суглинков и песков в верхней части.

При палинологическом изучении позднеплейстоценовых отложений разреза Вока и стратиграфо-палеогеографической интерпретации полученных спорово-пыльцевых данных использовались преимущественно стандартные методические приемы [Гричук, Заклинская, 1948; Гричук, 1961, 1966; Болиховская, 1995, 2010].

В ледниковых регионах северо-запада Восточно-Европейской равнины основная трудность палинологического анализа позднеплейстоценовых озерных, аллювиальных и морских отложений и установления их принадлежности к межледниковым или ледниковым, межстадиальным или стадияльным климатохронам связана с необходимостью выявить переотложенные пыльцевые зерна и

споры. В связи с этим для получения корректных репрезентативных данных и надежной дифференциации автохтонных и аллохтонных компонентов, присутствующих в палинологических комплексах, при выделении палиноморф применялись наиболее щадящие методы физико-химического дизагрегирования и диспергации отложений, не разрушающие спорополлениновые оболочки пыльцы и спор. Подробное изучение и документирование тафономических особенностей пыльцы и спор выполнялось с

помощью микроскопа AXIO Imager D1 и цифровой камеры AXIO Cam. Для каждого исследуемого образца создана коллекция цифровых снимков пыльцы деревьев, кустарников, травяно-кустарниковых растений и спор несомненного *in situ* комплекса и аллохтонных (с разной степенью минерализации и деструкции) зерен. Примеры автохтонных и перетолженных пыльцевых и споровых зерен, а также докайнозойских палиноморф, присутствующих в отложениях разреза Вока, показаны на рис. 3.

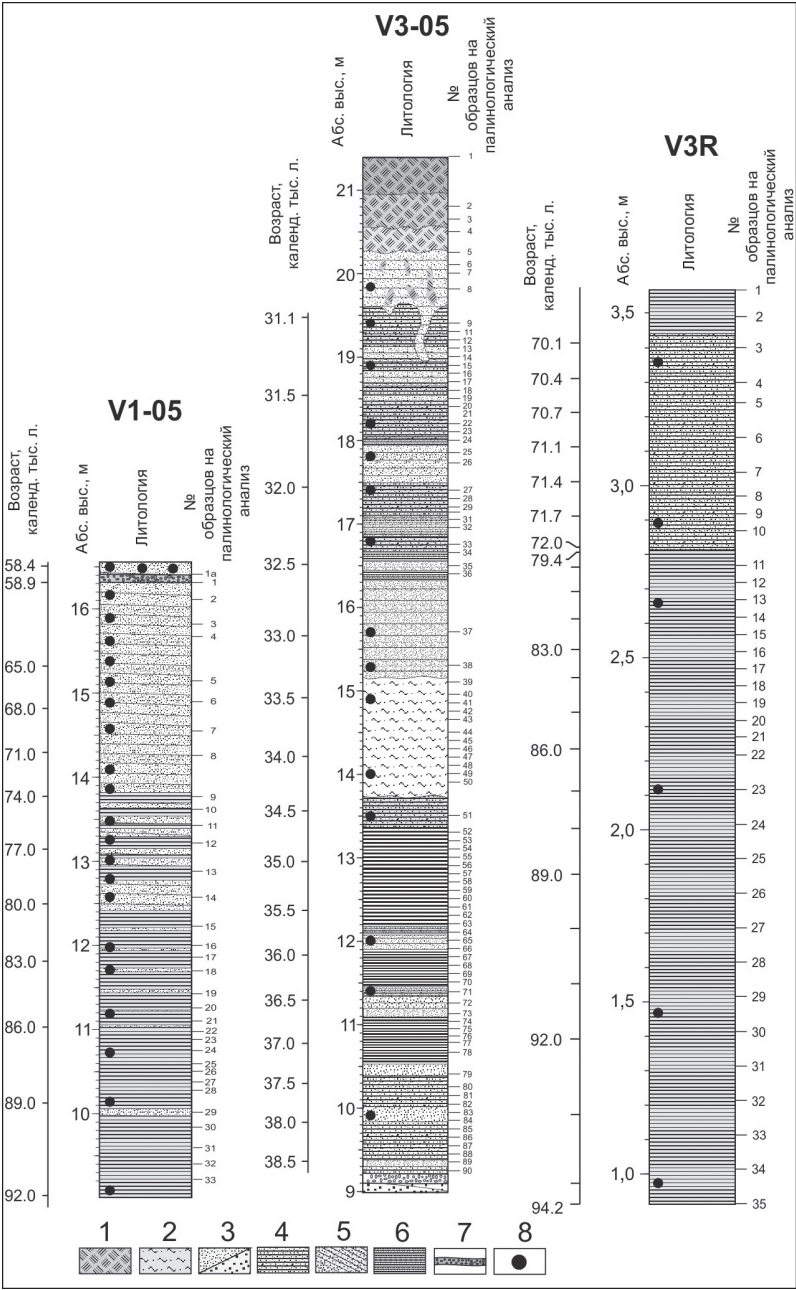


Рис. 2. Схема строения и абсолютный возраст отложений в изученных профилях опорного разреза Вока: 1 – современная почва; 2 – суглинки; 3 – тонко- и крупнозернистые пески; 4 – горизонтально-слоистые пески; 5 – косослоистые пески; 6 – глинистые осадки; 7 – гравийный слой; 8 – точки отбора образцов для ИК-ОСЛ датирования

Fig. 2. Lithological structure and absolute age of deposits in the studied profiles of the Voka outcrop sections: 1 – modern soil; 2 – loams; 3 – fine- and coarse-grained sands; 4 – horizontally layered sands; 5 – cross-stratified sands; 6 – clay sediments; 7 – gravel layer; 8 – sampling points for IR-OSL dating



Рис. 3. Пыльца (*in situ* и переотложенная), споры (*in situ*) и переотложенные докайнозойские мiosпоры из отложений, вскрытых в профиле V3R разреза Вока (×400)

Fig. 3. Images of the pollen (*in situ* and re-deposited), spores (*in situ*) and re-deposited Pre-Cenozoic miospores found in the Voka V3R deposition sequence (zoom ×400)

Вкупе в автохтонных микулинской и ранневалдайской палинофлорах определены пыльца и споры более 150 таксонов: группа деревьев и кустарников (AP – Arboreal pollen) содержит более 50 родов и видов, группа трав и кустарничков (NAP – Non-Arboreal pollen) – более 70 семейств, родов и видов, а группа спор – около 30 таксонов мхов, папоротников, плаунов и т. д. Весь список в [Molodkov, Bolikhovskaya, 2022].

В иллюстрирующих результаты палинологических исследований спорово-пыльцевых диаграммах

на сводном графике AP/NAP/SP содержания пыльцы деревьев, кустарников, трав и кустарничков, а также спор показаны в процентах от общей суммы пыльцы и спор. Процентное содержание пыльцы или спор каждого таксона рассчитано по отношению к его содержанию в соответствующей группе: таксона деревьев и кустарников – от суммы пыльцы деревьев и кустарников; таксона трав и кустарничков – от суммы пыльцы трав и кустарничков; таксона высших споровых растений – от суммы спор.

Подробные палинологические записи, полученные по данным ~ 130 репрезентативных спорово-пыльцевых спектров, позволили выполнить детальное климатостратиграфическое расчленение изученной позднеплейстоценовой толщи, зафиксировать «пробелы» в геологической летописи Воки, реконструировать климато-фитоценотические сукцессии и временные границы межледниковых и эндотермальных, межстадиальных и стадиальных ландшафтно-климатических событий.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Палиноклиматостратиграфия последнего межледникового плейстоцена. С целью определения путем сравнительного анализа стратиграфического положения и ранга (межстадиального, межледникового(?)) детально изученных палинологическим методом позднеплейстоценовых отложений разреза Вока, рассмотрим основные данные по спорово-пыльцевым последовательностям, полученным для восточно-европейского межрегионального стратотипа и парастратотипа микулинского межледникового, а также разрезов Эстонии и Ленинградской области.

Характерные особенности спорово-пыльцевых записей, полученных для стратотипа (горизонта торфа в разрезе у с. Микулино в 32 км к северо-западу от г. Смоленска) и парастратотипа (озерно-болотной толщи разреза у д. Нижняя Боярщина на р. Ка-спле) микулинского межледникового, а также состав показательных видов микулинской флоры [Гричук, 1961, 1989 и др.] позволяют надежно определять принадлежность изученных палинологическим методом разрезов Центра и Северо-Запада Восточно-Европейской равнины к последнему интергляциалу плейстоцена. Специфическая структура последовательностей максимумов пыльцы бореальных (ель, сосна, береза) и широколиственных (дуб, вяз, липа, граб) таксонов дендрофлоры (табл.), установленная В.П. Гричуком по этим представительным записям, является корреляционным и диагностическим эталоном палиностратиграфии микулинского межледникового на обширном пространстве Восточно-Европейской равнины. Она устойчиво выражена на палинологических диаграммах микулинских отложений в разрезах позднего неоплейстоцена не только ледниковой [Махнач, 1971; Девятова, 1972; Гричук и др., 1973; Кондратене, 1996; Borisova et al., 2007; Новенко, 2016], но и ледниково-перигляциальной и внеледниковой зон этой территории [Болиховская, 1995; Zelikson, 1995; Gerasimenko, 2001, 2006], а также разрезов Западной и Центральной Европы [Гричук, 1982; Menke, Tynni, 1984].

Согласно сменам кульминаций пыльцы широколиственных пород в осадках, отвечающих ин-

тервалам с самыми оптимальными на протяжении межледникового климатическими условиями, и пыльцы бореальных пород в начальные и заключительные периоды этого термохрона, В.П. Гричук выделил 8 палинозон (ПЗ) – М₁–М₈, характеризующих фазы в развитии межледниковой растительности. М₁ (еловые леса с элементами перигляциальной флоры) и М₇ (еловые леса с примесью широколиственных пород) фиксируют нижний и верхний максимумы ели (*Picea*), две переходные ПЗ М₂ (зона сосны и березы с елью) и М₃ (зона сосны и березы с дубом и вязом) отражают соответственно фазы сосновых и березовых лесов сначала с участием ели, а затем с примесью дуба, вяза и лещины. М₄, М₅ и М₆, характеризующиеся максимальным участием пыльцы широколиственных пород и специфической последовательностью их кульминаций на спорово-пыльцевых диаграммах: «...дуб и вяз, затем лещина, потом липа и, наконец, граб» [Гричук, 1961, с. 48], соответствуют самым оптимальным климато-фитоценотическим фазам межледникового. Другой важнейший критерий принадлежности отложений к позднеплейстоценовому межледниковью – состав показательных видов дендрофлоры оптимальных фаз: *Carpinus betulus*, *Tilia cordata*, *T. tomentosa*, *T. platyphyllos*, *Quercus robur*, *Q. petraea*, *Q. pubescens*, *Ulmus laevis*, *U. campestris* (*U. foliacea*), *U. scabra* (*U. glabra*), *Corylus avellana*, *Alnus glutinosa*, *A. incana* и др. К числу характерных видов микулинской дендрофлоры, являвшихся эдификаторами доминировавших лесных формаций, относятся также *Picea abies*, *Pinus sylvestris*, *Betula pendula*, *B. pubescens* / *B. alba*. Всего же по пыльце и спорам микулинских межледниковых осадков Центра и Северо-Запада Восточно-Европейской равнины определено свыше 70 видов высших растений [Гричук, 1989].

Для всего региона Финского залива, в юго-восточной части которого находится изучаемый авторами опорный разрез Вока, детальные палинологические и диатомовые анализы выполнены для морских и пресноводных отложений микулинского межледникового разрезов Мга, Синявино [Знаменская, 1959; Знаменская, Черемисинова, 1962; Соколова и др., 1972], Рыбацкое [Лаврова, 1962], скважин в районах р. Мга, оз. Тохолодское, оз. Пашозеро и др. [Плешивцева и др., 1998; Плешивцева, 2011], Прангли, Рынгу и Пееду [Лийвранд, 1999; Liivrand, 1991], Пески и Пыхья-Ухтью [Miettinen et al., 2002] и ряда других. Важное стратиграфо-корреляционное значение имеют также спорово-пыльцевые записи, полученные для морских и озерных межледниковых отложений этого возраста для ближайших прибалтийских разрезов Латвии и Литвы [Кондратене, 1996; Kalnina, 2001; Satkunas et al., 2003].

Таблица

Корреляция палинозон микулинского (земского, пранглиского) межледниковья Западной и Центральной Европы, стратотипа Восточно-Европейской равнины и разрезов Эстонии с палинозонами и субпалинозонами опорного разреза Вока

Западная и Центральная Европа [Menke, Tynni, 1984]	Восточно-Европейская равнина		
	Микулино, Нижняя Боярщина [Гричук, 1961, 1989]	Прангли, Рынгу [Liivrand, 1991]	Вока Н.С. Болиховская (в данной работе)
		Ранневейхсельское похолодание: <i>Betula nana</i> , <i>Selaginella selaginoides</i> , <i>Botrychium boreale</i> , <i>Lycopodium alpinum</i> , <i>L. pungens</i> , <i>L. appressum</i>	Ранневалдайское похолодание: <i>Betula nana</i> , <i>Alnaster fruticosus</i> , <i>Selaginella selaginoides</i> , <i>S. sibirica</i> , <i>Botrychium boreale</i> , <i>Lycopodium alpinum</i> , <i>L. pungens</i> , <i>L. appressum</i>
E7 – <i>Pinus</i>	M ₈ – <i>Pinus</i> with <i>Picea</i> и <i>Betula</i>	E8 – <i>Pinus</i> . <i>Betula</i> и <i>Picea</i> постоянно присутствуют	M8 – <i>Pinus sibirica</i> , <i>Pinus sylvestris</i> , <i>Betula</i> sect. <i>Albae</i>
E6 – <i>Pinus-Picea-Abies</i>	M ₇ – <i>Picea</i> с примесью широколиственных пород	E7 – <i>Picea</i>	V1-05 профиль: M7c – <i>Pinus sylvestris</i> , <i>Betula</i> sect. <i>Albae</i> , <i>Carpinus</i> , <i>Tilia</i> , <i>Ulmus</i> ; M7b – <i>Picea</i> , <i>Pinus sylvestris</i> , <i>Betula</i> sect. <i>Albae</i> , <i>Quercus</i> ; M7a – <i>Picea</i> , <i>Pinus sylvestris</i> , <i>Betula</i> sect. <i>Albae</i> , <i>Carpinus</i> , <i>Tilia</i> , <i>Quercus</i> . V3R профиль: M7b – <i>Picea</i> , <i>Pinus sibirica</i> , <i>Pinus sylvestris</i> , <i>Betula</i> sect. <i>Albae</i> ; M7a – <i>Pinus sylvestris</i> , <i>Betula</i> sect. <i>Albae</i> , <i>Carpinus</i> , <i>Quercus</i> , <i>Ulmus</i>
E5 – <i>Carpinus-Picea</i>	M ₆ – <i>Carpinus</i> с участием <i>Tilia</i> , <i>Quercus</i> , <i>Ulmus</i> и <i>Picea</i>	E6 – <i>Carpinus</i> . <i>Corylus</i> и <i>Alnus</i> сокращают участие	V1-05 профиль: M6e – <i>Picea</i> , <i>Pinus</i> s.g. <i>Haploxylon</i> , <i>Betula</i> sect. <i>Albae</i> , <i>Pinus sylvestris</i> , <i>Ulmus</i> ; M6d – <i>Carpinus</i> , <i>Quercus</i> , <i>Tilia</i> , <i>Corylus</i> , <i>Alnus</i> , <i>Pinus sylvestris</i> , <i>Betula</i> sect. <i>Albae</i> ; M6c – <i>Pinus sylvestris</i> , <i>Betula</i> sect. <i>Albae</i> , <i>Carpinus</i> , <i>Tilia</i> , <i>Quercus</i> , <i>Ulmus</i> ; M6b – <i>Carpinus</i> , <i>Tilia</i> , <i>Quercus</i> , <i>Ulmus</i> , <i>Alnus</i> , <i>Pinus sylvestris</i> ; M6a – <i>Picea</i> , <i>Pinus sylvestris</i> , <i>Carpinus</i> , <i>Tilia</i> ; V3R профиль: M6e – <i>Pinus</i> s.g. <i>Haploxylon</i> , <i>Betula</i> sect. <i>Albae</i> , <i>Pinus sylvestris</i> , <i>Carpinus</i> , <i>Tilia</i> , <i>Quercus</i> , <i>Fraxinus</i> , <i>Ulmus</i> , <i>Populus</i> ; M6d – <i>Carpinus</i> , <i>Tilia</i> , <i>Quercus</i> , <i>Ulmus</i> , <i>Pinus sylvestris</i> , <i>Betula</i> sect. <i>Albae</i> ; M6c – <i>Betula</i> sect. <i>Albae</i> , <i>Pinus sylvestris</i> , <i>Carpinus</i> , <i>Quercus</i> , <i>Fraxinus</i> , <i>Ulmus</i> , <i>Populus</i> ; M6b – <i>Carpinus</i> , <i>Tilia</i> , <i>Quercus</i> , <i>Fraxinus</i> , <i>Ulmus</i> , <i>Populus</i> , <i>Corylus</i> ; M6a – <i>Pinus sylvestris</i> , <i>Carpinus</i> , <i>Quercus</i> , <i>Tilia</i> , <i>Fraxinus</i> , <i>Ulmus</i> , <i>Corylus avellana</i>

Западная и Центральная Европа [Menke, Tynni, 1984]	Восточно-Европейская равнина		
	Микулино, Нижняя Боярщина [Гричук, 1961, 1989]	Прангли, Рынгү [Liivrand, 1991]	Вока Н.С. Болиховская (в данной работе)
E4b – <i>Corylus-Tilia</i>	M ₅ – <i>Tilia</i> с большим участием <i>Carpinus</i> , <i>Quercus</i> и <i>Ulmus</i> (вторая половина максимума <i>Corylus</i>)	E5 – <i>Tilia</i> . Максимумы <i>Corylus</i> и <i>Alnus</i>	Спорово-пыльцевых данных нет
E4a – <i>Quercetum mixtum</i> – <i>Corylus</i>	M ₄ – <i>Quercus</i> и <i>Ulmus</i> (первая половина максимума <i>Corylus</i>)	E4 – <i>Quercus</i> и <i>Ulmus</i> . Первые максимумы <i>Corylus</i> и <i>Alnus</i>	
E3 – <i>Pinus-Quercetum mixtum</i>	M ₃ – <i>Pinus</i> и <i>Betula</i> с примесью <i>Quercus</i> , <i>Ulmus</i> и <i>Corylus</i>	E3 – <i>Pinus</i> , <i>Betula</i> , <i>Quercus</i> , <i>Ulmus</i> . Растет содержание <i>Corylus</i> и <i>Alnus</i>	
E2 – <i>Pinus-Betula</i>	M ₂ – <i>Pinus</i> и <i>Betula</i> с небольшим участием <i>Picea</i>	E2 – <i>Pinus</i> и <i>Betula</i> . Исчезает <i>Betula nana</i>	
E1 – <i>Betula</i>	M ₁ – <i>Picea</i> с небольшим участием <i>Betula</i> и <i>Pinus</i>	E1 – <i>Betula</i> и <i>Pinus</i> . <i>Betula nana</i> в незначительном количестве	

Морские межледниковые отложения микулинского возраста, известные под названием мгинских, широко распространены на севере и северо-западе Ленинградской области, а континентальные осадки большей частью приурочены к ее восточным районам. В палинологических записях всех изученных в скважинах разрезов (р. Мга, оз. Тохколадское, оз. Пашозеро и др.) отражена полная последовательность ПЗ (M₁–M₈) микулинского межледниковья с относительно высоким содержанием пыльцы широколиственных пород в самые оптимальные фазы (M₄–M₆) и типичной последовательностью их кульминаций на палинологических диаграммах [Плешивцева и др., 1998; Плешивцева, 2011].

В Эстонии отложения микулинского (пранглиского) возраста по сравнению с другими районами Северо-Запада Восточно-Европейской равнины немногочисленны и менее полны, часто фрагментарны и находятся в переотложенном залегании. Тем не менее их возраст уверенно устанавливается по палинологическим данным в трех разрезах – морских отложений (мощностью 8 м) в Прангли, озерно-болотных осадков (мощность <1 м) в Рынгү и аллювиальных образований (2 м) разреза Пееду [Лийвранд, 1999; Liivrand, 1991]. В палинологических записях этих разрезов выделяются восемь палинозон (E1–E8) (см. табл.), отвечающих ПЗ M₂–M₈ схемы микулинской палинотратиграфии В.П. Гри-

чука [1961] и восьми фазам трансформации доминировавших лесных сообществ. К сожалению, во всех трех разрезах ПЗ E5, E6 и E7, т. е. второй половины микулинского (пранглиского) времени, выделены по единичным спектрам. Тем не менее на диаграммах отчетливо видно, что максимум пыльцы *Carpinus* (<50% в Прангли и Рынгү, ~20% в Пееду) приурочен к основанию ПЗ E6, а затем количество пыльцы граба резко сокращается.

По результатам изучения наиболее представительных разрезов установлены региональные палинозоны, соответствующие пыльцевым зонам микулинских отложений Центра и северной половины Восточно-Европейской равнины. Они отражают региональную специфику схем периодизации микулинского межледниковья в каждом районе и являются основой корреляции климато-фитоценологических сукцессий, т. е. изменений растительности и климата, происходивших в различных частях Европейского субконтинента.

Результаты палинологического изучения разреза Вока. Нижняя толща «Б», залегающая под маркерным прослоем разреза, охарактеризована детальными спорово-пыльцевыми записями отложений, изученных по двум дополняющим и дублирующим друг друга профилям V1-05 и V3R (см. рис. 2). Сравнительный анализ палинозон стратотипических микулинских седиментаций Западной

и Центральной Европы, Восточно-Европейской равнины и палинозон двух палинологических записей, полученных по результатам детального спорово-пыльцевого анализа позднеплейстоценовой толщи, залегающей в нижней половине разреза Вока [Molodkov, Bolikhovskaya, 2022], несомненно, свидетельствует, что здесь представлены отложения микулинского межледникового (см. табл.).

О микулинском межледниковом возрасте свидетельствует также присутствие в составе палинофлоры обеих позднеплейстоценовых седиментационных последовательностей, датированных интервалами ~92–70 тыс. л. н. (в профиле V1-05) и ~94–70 тыс. л. н. (в V3R), показательных видов (*Carpinus betulus*, *Tilia cordata*, *T. tomentosa*, *T. platyphyllos*, *Quercus robur*, *Q. petraea*, *Ulmus laevis*, *U. scabra* (*U. glabra*), *Corylus avellana*, *Alnus glutinosa*, *A. incana* и др.) микулинской флоры Восточно-Европейской равнины. Несомненным доказательством этого вывода является и высокое (свыше 25%) содержание в спорово-пыльцевых спектрах нижней толщи Воки пыльцы широколиственных пород [Molodkov, Bolikhovskaya, 2022]. Эти отложения не могут быть отнесены к ранневалдайским межстадиальным образованиям, так как ранневалдайские перигляциальные осадки в разрезах на территории Эстонии характеризуются спектрами с господством пыльцы *Betula nana*, других тундровых и северо-бореальных видов (*Selaginella selaginoides*, *Botrychium boreale*, *Lycopodium alpinum*, *L. pungens*, *L. appressum* и др.), а также травяно-кустарничковых ксерофитов. Для времени их образования реконструирован растительный покров, в составе которого преобладали кустарниковые ерниковые сообщества из *Betula nana* и полынно-злаковые ассоциации с участием аркто-бореальных и гипоарктических видов [Лийвранд, 1999]. Э. Лийвранд выявлены два слабовыраженных ранневалдайских межстадиальных потепления, которые на спорово-пыльцевых диаграммах разрезов Прангли и Рынгю представлены возрастанием количества пыльцы сосны, березы древовидной, вересковых и сложноцветных (Compositae), без какого-либо (даже единичного) участия пыльцевых зерен широколиственных пород.

Рассмотрим особенности, динамику и хронологические границы реконструированных для юго-восточного побережья Финского залива климато-фитоценологических сукцессий (МИС 5 – МИС 3), имеющих большое значение для решения вопросов климатостратиграфии и корреляции палеоклиматических событий позднего плейстоцена не только северо-запада Восточно-Европейской равнины, но и других районов Европейского субконтинента.

Формировавшаяся в довольно обширном водоеме 7-метровая толща песчанистых осадков с гли-

нистыми прослоями, подстилающая маркерный прослой в восточном крыле обнажения и изученная в профиле V1-05, накапливалась в период от ~92 до 58 тыс. л. н., что указывает как минимум на два редких обстоятельства, а именно на существование здесь непрерывной осадочной летописи, охватывающей наиболее противоречивый этап развития природной среды во второй половине МИС 5, и, как представляется, на уникальную запись динамики осадконакопления в период развития, как полагают, мощного калининского ледникового покрова (МИС 4), граница которого, согласно классической схеме границ плейстоценовых ледяных щитов Восточно-Европейской равнины [Заррина, 1991], располагалась к югу от Финского залива на расстоянии примерно 800 км.

Временная шкала и детальные палинологические данные, представленные спорово-пыльцевой диаграммой 34 спектров (рис. 4), однозначно иллюстрируют климато-фитоценологические сукцессии и хронологию палеоклиматических событий второй половины микулинского межледникового и ранневалдайского времени.

Согласно всей совокупности полученных палинологических данных, отложения из профиля V1-05, датированные интервалом от ~92 до 70 тыс. л. н. формировались в межледниковом климате. Состав спорово-пыльцевых спектров свидетельствует, что отложения этого интервала соответствуют стандартным палинозонам М6, М7 и М8 [Гричук, 1961, 1982, 1989], т. е. накапливались во вторую половину последнего межледникового. О межледниковых климатических условиях и микулинском возрасте формирования этих отложений свидетельствуют последовательность лесных сукцессий, максимумы пыльцы широколиственных пород (*Carpinetum mixtum* – 28 и 29%, *Corylus avellana* – до 20%) и большая роль в автохтонном комплексе характерных таксонов микулинской флоры (*Picea abies* / *P. excelsa*, *Pinus* subgen. *Haploxylon*, *P. cf. cembra*, *P. sylvestris*, *Betula pendula*, *B. pubescens*, *Carpinus betulus*, *Tilia cordata*, *T. tomentosa*, *T. platyphyllos*, *Quercus robur*, *Q. petraea*, *Ulmus laevis*, *U. scabra* / *U. glabra*, *Fraxinus* sp., *Acer* sp., *Corylus avellana*, *Alnus glutinosa*, *A. incana*, *Osmunda cinnamomea* / *Osmundastrum cinnamomeum*).

Наиболее теплому климату (интервал от ~92 до 81,8 тыс. л. н.) отвечает палинозона М6 (*Carpinus-Tilia-Quercus-Fraxinus-Ulmus-Corylus-Pinus sylvestris-Pinus Haploxylon* type), подразделяющаяся на пять субпалинозон (СПЗ М6а – М6е), отражающих последовательные смены в развитии господствовавших хвойно-широколиственных и широколиственных лесных формаций. Реконструированы следующие фазы развития

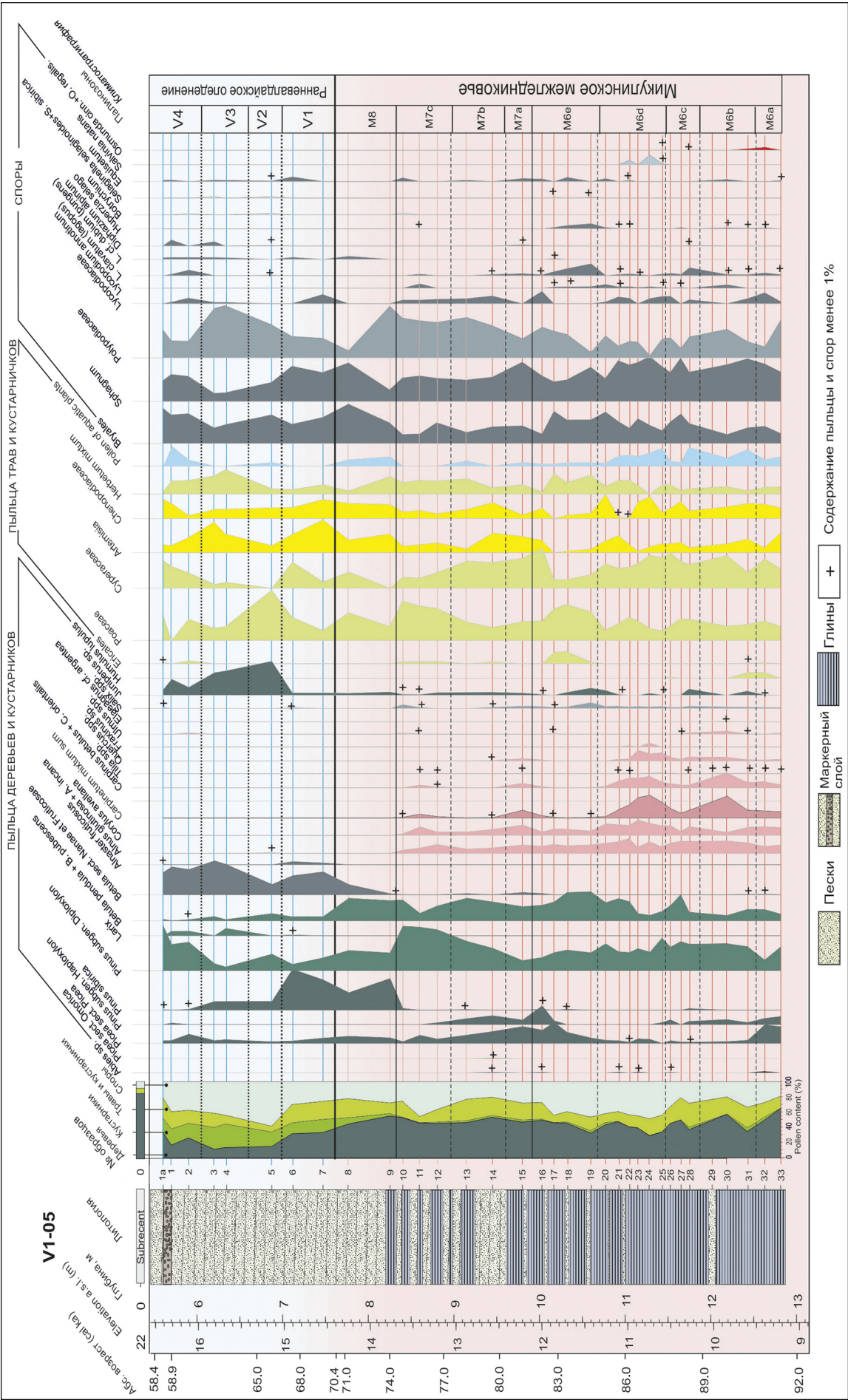


Рис. 4. Спорно-пыльцевая диаграмма и хронологическая шкала миклулинских и ранневалдайских отложений, вскрытых в профиле V1-05 разреза Вока
Fig. 4. Spore-pollen diagram and chronological scale of the MIS 5 and MIS 4 deposits from the V1-05 section of the Voka outcrop

растительности в этом интервале: М6а – хвойно-широколиственные (сосново-грабово-еловые, сосново-грабовые, сосново-дубово-грабовые) леса; М6b – смешанные леса, состоявшие из грабовых лесов с примесью дуба, липы, ясеня, вяза и хвойных (елово-кедрово-сосновых, елово-кедровых) древостоев; М6с – елово-кедрово-сосновые леса с примесью граба; М6d – дубово-грабовые леса с липой, ясенем и участки березово-сосновых сообществ; М6е – березово-сосновые леса с примесью широколиственных пород. В рассматриваемом интервале субпалинозоной М6с, отражающей значительное сокращение (до 6%) доли пыльцы широколиственных деревьев, по-видимому, фиксируется эндотермальное (внутримежледниковое) похолодание.

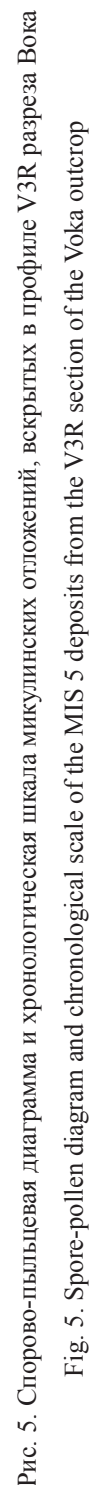
Отложения, накапливавшиеся в интервале ~81,8–70,4 тыс. л. н., охарактеризованы палинозонами М7 и М8. ПЗ М7 отражает фазу господства преимущественно кедрово-еловых лесов и сосново-еловых лесов с разной долей участия мелколиственных и широколиственных пород. Она подразделяется на три подфазы – М7а (смешанные кедрово-еловые и сосново-березовые леса с участием граба, липы, дуба, ольхи и лещины в подлеске), М7b (кедрово-еловые и сосново-березовые леса с почти полным исчезновением широколиственных деревьев, отвечающие эндотермалу) и М7с (березово-елово-сосновые леса с незначительной примесью граба, липы, вяза, ольхи и участием в подлеске лещины). Спорно-пыльцевые спектры ПЗ М8 иллюстрируют растительный покров заключительной фазы межледниковья, когда в рассматриваемом районе господствовали березово-сосново-кедровые леса, редколесья с кедром сибирским (*Pinus sibirica*) в качестве доминанта и лугово-болотные сообщества на открытых участках.

Последующий интервал от ~70 до 58 тыс. л. н. характеризуется значительно более суровыми условиями и соответствует времени ранневалдайского криохрона, для которого предполагалось, что исследуемая область была скрыта под мощным ледяным покровом калининского оледенения. Однако, как следует из спорно-пыльцевых спектров исследуемого разреза, развитие фитоценозов продолжалось, хотя и в гораздо более суровых условиях, чем в предыдущий период (МИС 5 d–a). Как свидетельствуют четыре палинозоны (V1–V4) постмикулинских осадков, отражающие эволюцию фитоценозов под влиянием климатических условий холодного периода МИС 4, на протяжении этого интервала в составе растительного покрова изучаемого района доминировали перигляциальные тундровые и лесотундровые фи-

тоценозы с преобладающей ролью ерниковых формаций (*Betula nana*, *Alnaster fruticosus*), лугово-болотных сообществ и участков редколесий из сосны обыкновенной, сибирского кедра и ели. Состав характерных таксонов палинофлоры ранневалдайского холодного этапа включает типичных представителей перигляциальной растительности – *Betula* sect. *Nanae*, *Betula nana*, *B. sect. Fruticosae*, *Betula fruticosa*, *Alnaster fruticosus* / *Duschekia fruticosa*, *Pinus sibirica*, *P. sylvestris*, *Larix* cf. *sibirica*, *Juniperus* sp., *Betula pendula*, *B. pubescens*, *B. cf. tortuosa*, *Ephedra distachya*, *E. monosperma*, *Artemisia* subgenera *Seriphidium*, *A. subgenera Dracunculus*, *Botrychium boreale*, *Lycopodium alpinum*, *L. dubium* / *L. pungens*, *Selaginella selaginoides*, *S. sibirica* и др.

Для дополнительного изучения видового состава межледниковой палинофлоры, контроля и корректирования полученных климато-хроностратиграфических реконструкций были проведены исследования отложений, вскрытых расчисткой V3R, расположенной в 120 м к западу от профиля V1-05 на абсолютных высотах 0,8–3,6 м. Они представлены пачкой однородных глинистых осадков мощностью 2 м и перекрывающим их 0,8-метровым горизонтом переслаивающихся суглинков и песков (см. рис. 2). Результаты детального палинологического анализа 35 образцов этих отложений, формировавшихся в более глубокой части палеоводоёма на протяжении интервала от ~94 до 70 тыс. л. н., подтвердили их межледниковый ранг, а также региональные особенности реконструированных климато-фитоценологических сукцессий и хронологию выделенных фаз и подфаз в развитии растительности и климата интервала от МИС 5с до границы МИС 5 / МИС 4 включительно (рис. 5).

Последовательности спорно-пыльцевых спектров отложений, формировавшихся в течение периода от ~94 до ~70 тыс. л. н., здесь также отвечают стандартным палинозонам М₆, М₇ и М₈ микулинского межледниковья и характеризуют особенности развития растительности и климата изучаемого района во вторую половину МИС 5. Состав межледниковой палинофлоры из отложений профиля V3R, в автохтонном комплексе которой присутствуют характерные таксоны микулинской дендрофлоры (*Carpinus betulus*, *Tilia cordata*, *T. tomentosa*, *T. cf. dasystyla*, *Quercus robur*, *Q. petraea*, *Ulmus laevis*, *U. glabra*, *Corylus avellana*, *Alnus glutinosa*, *A. incana* и др.), несомненно, подтверждает возраст и межледниковые климатические условия накопления этих осадков. Сумма пыльцы широколиственных деревьев в максимумы составляет 31 и 26%.



Периоду ~94,1–81,3 тыс. л. н. соответствует ПЗ М6 (*Carpinus-Tilia-Quercus-Ulmus-Corylus-Pinus* *Harpoxylon* type). Эта палинозона подразделяется на СПЗ М6а–М6е, отражающие некоторую изменчивость межледникового климата в указанный период времени и последовательные смены в развитии господствовавших лесных формаций: М6а – широколиственно-хвойные леса с господством сосны и граба; М6б – грабовые леса с примесью липы, дуба, ясеня, вяза и хвойных деревьев; М6с – широколиственно-хвойные леса с преобладанием сосны, граба и заметным участием березы; М6д – грабовые леса с примесью дуба, липы и вяза и хвойных деревьев; М6е – широколиственно-хвойные леса с господством кедровидной сосны, ели, граба и возросшей ролью сосны обыкновенной и березы. В рассматриваемом интервале также, как и в профиле V1-05, в СПЗ М6с зафиксировано эндотермальное (внутримежледниковое) похолодание, отраженное на графике суммы пыльцы широколиственных пород снижением содержания ее содержания до 8,5%.

Отложения, датируемые интервалом 81,3–71,6 тыс. л. н. с перерывом в 7 тыс. лет внутри него, отвечают палинозоне М7. Она характеризует две фазы в развитии растительности: сначала (М7а) преобладания сосново-елово-широколиственных лесов (с грабом и единичным участием дуба и вяза), а затем (М7б) – кедрово-еловых формаций с сосной и березой. Интервал 71,6–70 тыс. л. н. представляет ПЗ М8 (*Pinus sibirica-Pinus sylestris-Betula* sect. *Albae*), спектры которой свидетельствуют о составе растительного покрова заключительного этапа межледникового, когда в рассматриваемом районе господствовали березово-сосново-кедровые леса и редколесья с *Pinus sibirica* в качестве доминанта, а также лугово-болотные ценозы. В финале межледникового болотные биотопы стали осваивать ерниковые и ольховниковые (*Betula nana*, *Alnaster fruticosus*) сообщества. ПЗ М8 отражает постепенный переход от теплого климата к более прохладному, типичный для заключительной фазы МИС 5 с последующим переходом МИС 5 / МИС 4.

Как видим, палинологические записи, полученные при изучении позднеплейстоценовой толщи в профилях V1-05 and V3R, не противоречат спорово-пыльцевым данным микулинских межледниковых отложений Северо-Западного сектора и Центра Восточно-Европейской равнины, т. е. однозначно свидетельствуют о межледниковых климатических условиях времени накопления отложений, залегающих в нижней половине позднеплейстоценового разреза Вока.

О межледниковых климатических условиях накопления позднеплейстоценовой толщи, вскры-

той в профилях V1-05 and V3R, наглядно свидетельствуют также палинологические данные, полученные нами для средневалдайских отложений разреза Вока, залегающих над маркерным слоем (профиль V3-05 на рис. 2). На основании репрезентативных спорово-пыльцевых спектров 45 образцов и данных ИК-ОСЛ-датирования этих осадков (рис. 6) установлено, что изученные средневалдайские отложения формировались в период от 39 до 33 тыс. л. н. в природных обстановках двух межстадиалов и двух стадиялов [Bolikhovskaya, Molodkov, 2007].

На полученной палинологической записи выделены четыре серии субпалинозон, согласно которым подробно реконструированы изменения растительности и климата, происходившие на протяжении каждого из климатохронов [Болиховская, Молодков, 2009]. Здесь лишь отметим, что два стадияльных интервала характеризовались суровым климатом с господством тундро-степи и тундро-лесостепи (в диапазоне 37,6–36,8 тыс. л. н.; СПЗ 2а–2с) и перигляциальной лесотундры (35,3–32,6 тыс. л. н.; СПЗ 4а–4g). Интерстадиялы отличались заметным смягчением климатических условий. Во время потепления, датируемого 38,6–37,6 тыс. л. н. (СПЗ 1а–1е), господствовали перигляциальные лесотундры с участками елово-сосновых (с участием *Larix* и *Pinus sibirica*) редколесий. В следующий теплый интервал (36,8–35,3 тыс. л. н.; СПЗ 3а–3f) доминирование перигляциальной лесотундры с участками елово-сосновых редколесий дважды сменялось фазами более влажного и более теплого климата и широкого распространения северо-таежных лесных сообществ. Как видим, в осадках даже самых теплых межстадиалов пыльца широколиственных деревьев отсутствует. В составе растительного покрова преобладали бореальные и аркто-бореальные таксоны, климатические условия были намного холоднее современных.

Завершая обзор полученных палинологических данных, отметим, что отложения, изученные в разрезе Вока, образовались в неглубоком бассейне, о чем свидетельствуют присутствующие в изученных мацератах зеленые водоросли *Botryococcus* и *Pediastrum*, а также высокое содержание пыльцы водных растений (*Myriophyllum*, *Potamogeton*, *Lemna*, *Nymphaea alba*, *Nymphaea* sp., *Stratiotes aloides*, *Halloragidaceae*, *Butomus* и др., населяющих лиманы, озера, болота) и представителей прибрежных сообществ (*Alisma* sp., *Alisma plantago-aquatica*, *Typha*, *Sparganium* и др.). Палинологические показатели солоновато-водной среды встречаются редко (некоторые цисты динофлагеллят).

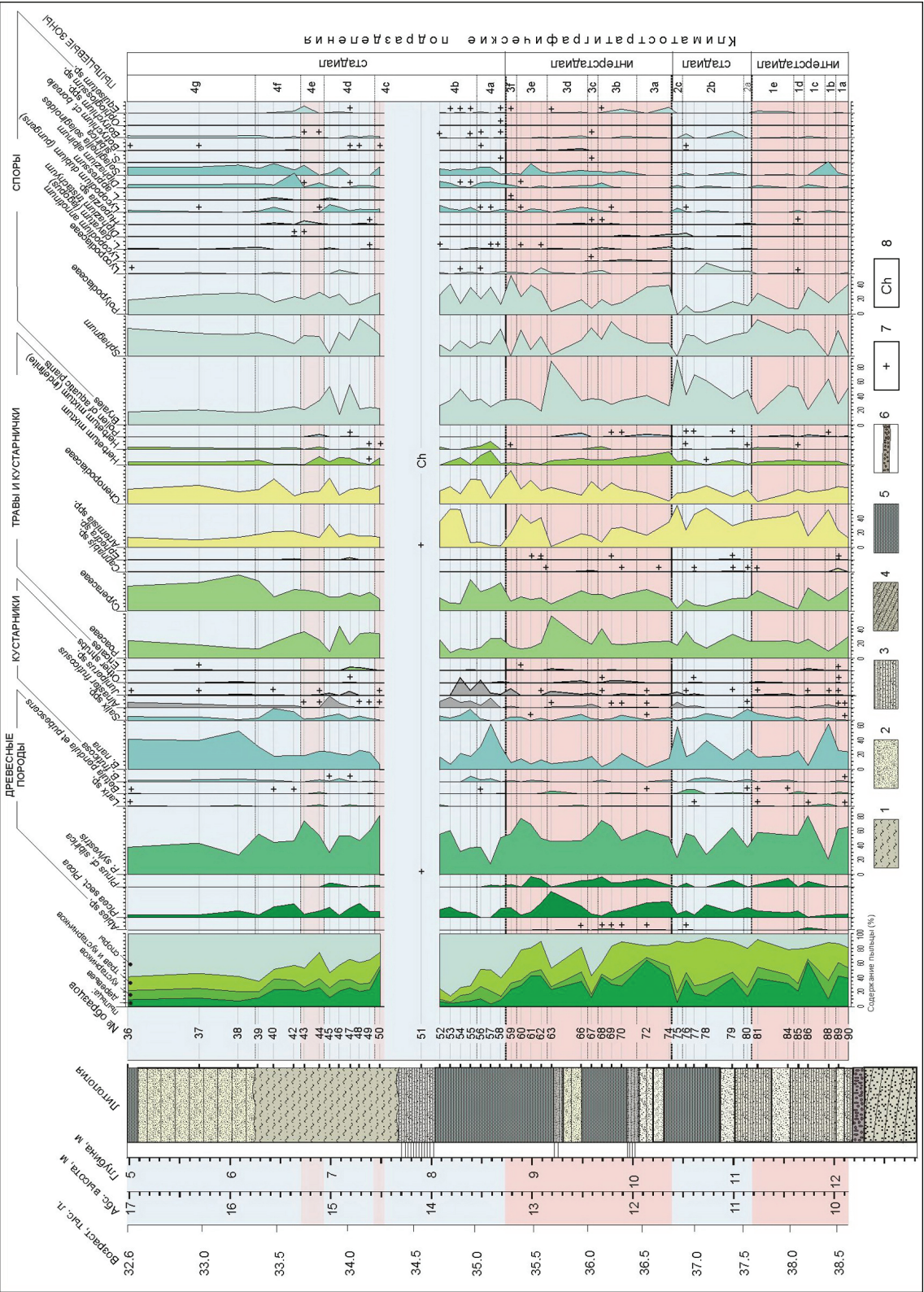


Рис. 6. Спорно-пыльцевая диаграмма и хронологическая шкала средневалдайских отложений, вскрытых в профиле V3-05 разреза Вока:

1 – суглинки; 2 – пески; 3 – горизонтально-слоистые пески; 4 – косослоистые пески; 5 – глинистые отложения;

6 – гравийный слой; 7 – содержание пыльцы менее 1%; 8 – Chamaemorus

Fig. 6. Spore-pollen diagram and chronological scale of the MIS 3 deposits from the V3-05 section of the Voka outcrop: 1 – loams; 2 – sands; 3 – horizontally layered sands; 4 – cross-stratified sands; 5 – clay deposits; 6 – gravel layer; 7 – pollen content less than 1%; 8 – Chamaemorus

ВЫВОДЫ

Таким образом, на основании результатов ИК-ОСЛ датирования и палинологического изучения отложенный опорного разреза Вока нами установлены хронологические границы палинозон и соответствующих им фаз в развитии климата и растительности исследуемого района на юго-западном побережье Финского залива, реконструированы флористические и фитоценотические особенности изученных палеоклиматических этапов позднего плейстоцена, определена их хронология и продолжительность. Полученные результаты однозначно свидетельствуют, что вторая половина МИС 5 в интервале ~100–70 тыс. л. н. отвечает второй половине микулинского межледникового.

Реконструированные климато-фитоценотические сукцессии примерно 70-тысячелетнего интервала позднего неоплейстоцена отражают динамику изменений растительности и климата второй половины последнего (микулинского) межледникового в диапазоне от ~94 до 70 тыс. л. н. (т. е. от МИС 5с до перехода МИС 5 / МИС 4), ранневалдайского криохрона в диапазоне от 70 до 58 тыс. л. н. (МИС 4) и на протяжении отрезка от 39 до 33 тыс. л. н. средневалдайского мегаинтерстадиала (МИС 3), предшествовавшего эпохе последнего (МИС 2) на исследуемой территории крупного похолодания.

Не подтверждено наступление суровых климатических условий вследствие, как полагают, интенсивного развития Баренцево-Карского ледникового покрова в Северной Евразии [Svendsen et al., 2004] во второй половине МИС 5. Напротив, полученные палинологические записи однозначно указывают, что отложения в разрезе Вока, датированные ин-

тервалом от ~94 до 70 тыс. л. н. (т. е. второй половиной МИС 5), которые, вероятно, должны были находиться в зоне перигляциальных процессов, на самом деле формировались в теплых климатических условиях, полностью соответствующих потеплению межледникового ранга.

Результаты палинологических и хронологических исследований разреза Вока показали, что толща отложений, накапливавшаяся в интервале от 70 до 58 тыс. л. н. (МИС 4), не содержит ни гляциогенных отложений, которые могли бы служить доказательством прохождения ледника через Финский залив в последующий за МИС 5 период времени, ни прерывания осадконакопления. Развитие растительного покрова на исследуемой территории в этот период также не прекращалось и было этапом господства в суровых климатических условиях перигляциальной растительности.

Палино-климато-хроностратиграфические записи, полученные по разрезу Вока, имеют большое значение для решения вопросов климатостратиграфии и корреляции палеоклиматических событий позднего плейстоцена как Северо-Запада, так и других районов Восточно-Европейской равнины – для корреляции с межледниковой / ледниковой ритмикой, реконструированной в районах ледниково-перигляциальной и внеледниковой зон, и, в частности, датированных ОСЛ методом осадков карангатской трансгрессии Азово-Черноморского бассейна [Курбанов и др., 2019] и датированных разными методами абсолютной хронологии седиментаций позднеплейстоценовых трансгрессивных и регрессивных стадий и подстадий Понто-Каспия.

Благодарности. Данная статья была подготовлена Н.С. Болиховской в рамках исследовательских федеральных тем географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова «Палеогеографические реконструкции природных геосистем и прогнозирование их изменений» (121051100135-0) и «Эволюция природной среды в кайнозое, динамика рельефа, геоморфологические опасности и риски природопользования» (121040100323-5), а А.Н. Молодковым – по грантам Эстонского научного фонда № 5440, 6112 и 8425.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Болиховская Н.С. Палинологический метод // Методы палеогеографических реконструкций: метод. пособие. М.: Географический факультет МГУ, 2010. С. 60–103.
- Болиховская Н.С. Пространственно-временные закономерности развития растительности и климата Северной Евразии в неоплейстоцене // Археология, этнография и антропология Евразии. 2007. Т. 4. № 32. С. 2–28.
- Болиховская Н.С. Эволюция лессово-почвенной формации Северной Евразии. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1995. 270 с.
- Болиховская Н.С., Молодков А.Н. Эволюция растительности и климата на юго-восточном побережье Финского залива в интервале 39–33 тыс. л. н. // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2009. № 6. С. 46–53.
- Гричук В.П. История флоры и растительности Русской равнины в плейстоцене. М: Наука, 1989. 183 с.
- Гричук В.П. Растительность Европы в позднем плейстоцене (карты 9, 10, 11) // Палеогеография Европы в последние сто тысяч лет. М.: Наука, 1982. С. 92–109.
- Гричук В.П. Гляциальные флоры Русской равнины // Значение палинологического анализа для стратиграфии и палеофлористики. М.: Наука, 1966. С. 189–196.
- Гричук В.П. Ископаемые флоры как палеонтологическая основа стратиграфии четвертичных отложений // Рельеф и стратиграфия четвертичных отложений северо-запада Русской равнины. М.: Изд-во АН СССР, 1961. С. 25–71.

- Гричук В.П., Губонина З.П., Зеликсон Э.М., Моносзон М.Х. Межледниковые отложения района г. Ростова (Ярославского) // Палинология плейстоцена и плиоцена. М.: Наука, 1973. С. 188–203.
- Гричук В.П., Заклинская Е.Д. Анализ ископаемых пыльцы и спор и его применение в палеогеографии. М.: Географгиз, 1948. 224 с.
- Девятова Э.И. Палинологическая характеристика верхнечетвертичных отложений Карелии // Четвертичная геология и геоморфология восточной части Балтийского щита. Л., 1972. С. 59–96.
- Заррина Е.П. Четвертичные отложения северо-западных и центральных районов европейской части СССР. Л.: Недра, 1991. 187 с.
- Знаменская О.М. Стратиграфическое положение мгинских морских отложений // Доклады АН СССР. 1959. Е.129. № 2. С. 401–404.
- Знаменская О.М., Черемисинова Е.А. Распространение мгинского межледникового моря и основные черты его палеогеографии // Вопросы стратиграфии четвертичных отложений северо-запада европейской части СССР. Л.: Гостоптехиздат, 1962. С. 140–160.
- Кондратене О.П. Стратиграфия и палеогеография квартера Литвы по палеоботаническим данным // Вильнюс: ACADEMIA, 1996. 212 с.
- Кузнецов В.Ю., Арсланов Х.А., Козлов В.Б. и др. Абсолютный возраст погребенного торфа из стратотипического разрез Микулино и парастратотипического разреза Нижняя Боярщина по данным уран-ториевого датирования // Материалы III Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода. Том 1. Смоленск: Ойкумена, 2002. С. 135–136.
- Курбанов Р.Н., Янина Т.А., Мюррей Э.С. и др. Возраст карангатской трансгрессии (поздний плейстоцен) Черного моря // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2019. № 6. С. 29–38.
- Лаврова М.А. Основной разрез верхнего плейстоцена Ленинградского района // Вопросы стратиграфии четвертичных отложений северо-запада европейской части СССР. Л.: Гостоптехиздат, 1962. С. 125–139.
- Лийвранд Э.Д. Палинологические исследования ранне- и средневалдайских перигляциальных отложений Эстонии // Актуальные проблемы палинологии на рубеже третьего тысячелетия: тезисы докладов IX Всероссийской палинологической конференции. М.: ИГИР-ГИ, 1999. С. 162–163.
- Максимов Ф.Е., Кузнецов В.Ю., Савельева Л.А. и др. К вопросу о временных границах микулинского межледникового и его отдельных фаз // Пути эволюционной географии. Вып. 2: материалы II Всероссийской научной конференции, посвященной памяти проф. А.А. Величко. М.: Институт географии РАН, 2021. С. 812–816.
- Махнач Н.А. Этапы развития растительности Белоруссии в антропогене. Минск: Наука и техника, 1971. 210 с.
- Новенко Е.Ю. Изменения растительности и климата Центральной и Восточной Европы в позднем плейстоцене и голоцене в межледниковые и переходные этапы климатических макроциклов. М.: ГЕОС, 2016. 228 с.
- Плешивецкая Э.С. Палинотрапиграфия плейстоцена Северо-Запада Русской равнины в пределах Ленинградской, Псковской, Новгородской и Вологодской областей // Сб. ст. сотрудников ФГУП «Петербургская комплексная геологическая экспедиция», посвященный 60-летию организации. СПб.: Роснедра, 2011. С. 92–100.
- Плешивецкая Э.С., Гаркуша В.И., Горшкова С.С. Микулинские озера в междуречье Паши и Ояти (Ленинградская область) // История плейстоценовых озер Восточно-Европейской равнины. СПб.: Наука, 1998. С. 111–114.
- Соколова Л.Ф., Малясова Е.С., Вишневская Е.М., Лаврова М.А. Новая находка межледниковых отложений в центральной части Карельского перешейка // Вестник Ленингр. ун-та. 1972. № 2. С. 124–131.
- Baltrūnas V., Šeirienė V., Molodkov A. et al. Depositional environment and climate changes during the late Pleistocene as recorded by the Netiesos section in southern Lithuania, *Quaternary International*, 2013, vol. 292, p. 136–149.
- Bolikhovskaya N.S., Molodkov A.N. Pollen and IR-OSL evidences for palaeoenvironmental changes between ca 39 kyr to ca 33 kyr BP recorded in the Voka key section, NE Estonia, *Geological Survey of Finland, Special Paper*, 2007, vol. 46, p. 103–112.
- Bolikhovskaya N.S., Molodkov A.N. East-European loess-palaeosol sequences: Palynology, stratigraphy and correlation, *Quaternary International*, 2006, vol. 149, p. 24–36.
- Borisova O.K., Novenko E. Yu., Velichko A.A. et al. Vegetation and climate changes during the Eemian and Early Weichselian in the Upper Volga Region (Russia), *Quaternary Science Reviews*, 2007, vol. 26, iss. 19–21, p. 2574–2585.
- Gaigalas A., Molodkov A. ESR Ages of Three Lithuanian Mid-Late Pleistocene Interglacials: Methodical and Stratigraphical Approach, *Geochronometria*, 2002, vol. 21, p. 57–64.
- Gerasimenko N. Upper Pleistocene loess-palaeosol and vegetational successions in the Middle Dnieper Area, Ukraine, *Quaternary International*, 2006, vol. 149, p. 55–66.
- Gerasimenko N. Late Pleistocene vegetation and soil evolution at the Kiev loess plain as recorded in the Stari Bezradychy section, Ukraine, *Stud. Quatern.*, 2001, vol. 17, p. 19–28.
- Kalnina L. Middle and Late Pleistocene environmental changes recorded in the Latvian part of the Baltic Sea basin, *Quaternaria*, Ser. A, Theses and Research Papers, no. 9, Stockholm, 2001, 173 p.
- Liivrand E. *Biostratigraphy of the Pleistocene deposits in Estonia and correlations in the Baltic region*, Doctoral Thesis, Stockholm, Stockholm University, Department of Quaternary Research, 1991, 114 p.
- Mangerud J. Correlation of the Eemian and the Weichselian with deep sea oxygen isotope stratigraphy, *Quaternary International*, 1989, vol. 3(4), p. 1–4.
- Menke B., Tynni R. Das Eeminterglazial und das Weichselfruhglazial von Rederstall, Ditthmarschen und ihre Bedeutung für die mitteleuropäische Jungpleistozan-Gliederung, *Geologisches Jahrbuch*, 1984, vol. 76, p. 3–120.
- Miettinen A., Rinne K., Haila H. et al. The marine Eemian of the Baltic: new pollen and diatom data from Peski, Russia, and Põhja-Uhty, Estonia, *Journal of Quaternary Science*, 2002, vol. 17(5–6), p. 445–458.
- Miidel A. Stop 14. Voka outcrop, *Excursion Guide and Abstracts of the International Symposium on Human Impact and Geological Heritage*, 2003, Tallinn, May 12–17, p. 33–35.
- 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, no. 2, p. 208–215.

- Molodkov A.N., Bolikhovskaya N.S. Palaeoenvironmental changes and their chronology during the latter half of MIS 5 on the south-eastern coast of the Gulf of Finland, *Quaternary International*, 2022, vol. 616, p. 40–54, DOI: 10.1016/j.quaint.2021.10.016.
- Molodkov A.N., Bolikhovskaya N.S. 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, vol. 201, p. 67–76.
- Raukas A., Stankowski W. Influence of sedimentological composition on OSL dating of glaciofluvial deposits: examples from Estonia, *Geological Quarterly*, 2005, vol. 49, p. 463–470.
- Sanko A.F. The first U-Th dating of the Muravian Interglacial deposits in Belarus, *Abstracts of the 8th International Conference "Methods of Absolute Chronology"*, 17–19 May 2004, Ustroń, Poland, Gliwice, 2004, p. 132–133.
- Satkunas J., Grigienė A., Velichkevich F. et al. Upper Pleistocene stratigraphy at the Medininkai site, eastern Lithuania: a continuous record of the Eemian – Weichselian sequence, *Boreas*, 2003, vol. 32, p. 627–641.
- Shackleton N.J. The last interglacial in the marine and terrestrial records, *Proceedings of the Royal Society, London*, 1969, Series B, 174, p. 135–154.
- Svendsen J.I., Alexanderson H., Astakhov V.I. et al. The Late Quaternary ice sheet history of Northern Eurasia, *Quaternary Science Reviews*, 2004, vol. 23, p. 1229–1271.
- Zelikson E.M. Climate and environment changes of East Europe during interstadials and interglacials of the Middle and Late Pleistocene, *Climate and environment changes of East Europe during Holocene and Late – Middle Pleistocene*, Research materials for IGU Conference “Global Changes and Geography”, Moscow, Institute of Geography RAS, 1995, p. 80–92.

Поступила в редакцию 16.11.2023

После доработки 15.01.2024

Принята к публикации 14.02.2024

CLIMATIC AND PHYTOCENOTIC EVENTS OF THE LATE PLEISTOCENE (MIS 5–MIS 3) AT THE SOUTHEASTERN COAST OF THE GULF OF FINLAND

N.S. Bolikhovskaya¹, A.N. Molodkov²

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Research Laboratory of Recent Deposits and Paleogeography of the Pleistocene, Leading Scientific Researcher, D.Sc. in Geography; Department of Geomorphology and Paleogeography, Professor; e-mail: natbolikh@mail.ru

² Tallinn University of Technology, Department of Geology, Research Laboratory for Quaternary Geochronology, Head of the Laboratory, D.Sc. in Geology; e-mail: anatoli.molodkov@ttu.ee

The paper analyses a debatable issue concerning the ranking of climatic-stratigraphic units within two marine isotope stages (MIS) – MIS 5 and MIS 4. Palynological records from the Mikulino interglacial sections of the northwestern Russian Plain which are most critical for correlations are reviewed. A representative series of numerical dates obtained by the IR-OSL method, and detailed palynological records enabled a detailed climatic-chronostratigraphic division of the Late Pleistocene sequence of the Voka reference section on the southeastern coast of the Gulf of Finland. The representative palynological spectra provide strong evidence of a warm interval of interglacial rank in the latter half of MIS 5, corresponding to the standard M₆, M₇, and M₈ Mikulino palynozones. Additionally, they highlight a period of significant cooling during MIS 4, characterized by the dominance of periglacial vegetation formations in the study area. This challenges the viewpoint of the extensive Kalinin glaciation during that time, believed to have spread many hundreds of kilometers south of the Gulf of Finland. Data for MIS 3 reveal a two-fold alternation of interstadial and stadial (periglacial) climate intervals during the period between 39 ka and 33 ka.

For the first time, detailed reconstructions and datings of climate-phytocenotic successions of paleoclimatic events approximately between 100 ka and 30 ka have been provided for the territory of the East European Plain (and Northern Eurasia as a whole). These events correspond to the latter half of MIS 5, MIS 4, and an interval between 39 ka and 33 ka during MIS 3.

Keywords: Late Pleistocene, palynology, IR-OSL chronology, climatic stratigraphy, vegetation, interregional correlation

Acknowledgements. The paper was prepared under the research themes of the MSU Faculty of Geography “Paleogeographical reconstructions of natural geosystems and forecast of their future changes” (121051100135-0) and “Cenozoic evolution of the environment, dynamics of the relief, geomorphologic hazards and risks of land-use” (121040100323-5) (N.S. Bolikhovskaya), and within the framework of grants no. 5440, 6112 и 8425 from the Estonian Science Foundation (A.N. Molodkov).

REFERENCES

- Baltrūnas V., Šeirienė V., Molodkov A., Zinkutė R. et al. Depositional environment and climate changes during the late Pleistocene as recorded by the Netiesos section in southern Lithuania, *Quaternary International*, 2013, vol. 292, p. 136–149.
- Bolikhovskaya N.S. [Palynological method], *Metody paleogeograficheskikh rekonstrukcij: Metodicheskoye posobiye* [Methods of paleogeographical reconstruction. Methodical manual], Moscow, Geograficheskij fakul'tet MGU, 2010, p. 60–103. (In Russian)
- Bolikhovskaya N.S. *Evolutsiya lessovo-pochvennoj formatsii Severnoj Evrazii* [The Evolution of Loess-Paleosol Formation of Northern Eurasia], Moscow, MSU Publ., 1995, 270 p. (In Russian)
- Bolikhovskaya N.S. Prostranstvenno-vremennyye zakonomernosti razvitiya rastitel'nosti i klimata Severnoj Evrazii v neopleistocene [Spatial and temporal regularities in the evolution of vegetation and climate of North Eurasia in the Neopleistocene] *Archaeology, Ethnology & Anthropology of Eurasia*, 2007, vol. 4, no. 32, p. 2–28. (In Russian and English)
- Bolikhovskaya N.S., Molodkov A.N. East-European loess-palaeosol sequences: Palynology, stratigraphy and correlation, *Quaternary International*, 2006, vol. 149, p. 24–36.
- Bolikhovskaya N.S., Molodkov A.N. Evolyutsiya rastitel'nosti i klimata na yugo – vostochnom poberezh'ye Finskogo zaliva v intervale 39–33 tys. let nazad [Evolution of vegetation and climate at the southeastern coast of the Gulf of Finland in the interval of 39–33 kyr], *Vestn. Mosk. un-ta, Ser. 5, Geogr.*, 2009, no. 6, p. 47–54. (In Russian)
- Bolikhovskaya N.S., Molodkov A.N. Pollen and IR-OSL evidences for palaeoenvironmental changes between ca 39 kyr to ca 33 kyr BP recorded in the Voka key section, NE Estonia, *Geological Survey of Finland, Special Paper*, 2007, vol. 46, p. 103–112.
- Borisova O.K., Novenko E.Yu., Velichko A.A., Boettger T., Junge F.W. Vegetation and climate changes during the Eemian and Early Weichselian in the Upper Volga Region (Russia), *Quaternary Science Reviews*, 2007, vol. 26, iss. 19–21, p. 2574–2585.
- Devyatova E.I. [Palynological description of the Upper Quaternary deposits in Karelia], *Chetvertichnaya geologiya i geomorfologiya vostochnoj chasti Baltijskogo schita* [Quaternary geology and geomorphology of the eastern part of the Baltic shield], Leningrad, 1972, p. 59–96. (In Russian)
- Gaigalas A., Molodkov A. ESR Ages of Three Lithuanian Mid-Late Pleistocene Interglacials, Methodical and Stratigraphical Approach, *Geochronometria*, 2002, vol. 21, p. 57–64.
- Gerasimenko N. Upper Pleistocene loess-palaeosol and vegetational successions in the Middle Dnieper Area, Ukraine, *Quaternary International*, 2006, vol. 149, p. 55–66.
- Gerasimenko N. Late Pleistocene vegetation and soil evolution at the Kiev loess plain as recorded in the Stari Bezdrychy section, Ukraine, *Studia Quaternaria*, 2001, vol. 17, p. 19–28.
- Grichuk V.P. [Fossil floras as a paleontological basis for the stratigraphy of Quaternary deposits], *Rel'yef i stratigrafiya chetvertichnykh otlozhenij severo-zapada Russkoj ravniny* [Relief and stratigraphy of Quaternary deposits of the north-western Russian Plain], Moscow, AN SSSR Publ., 1961, p. 25–71. (In Russian)
- Grichuk V.P. [Glacial floras of the Russian Plain], *Znachenije palinologicheskogo analiza dl'a stratigrafii i paleofloristiki* [The importance of palinological analysis in stratigraphy and paleoflorology], Moscow, Nauka Publ., 1966, p. 189–196. (In Russian)
- Grichuk V.P. [Vegetation of Europe during the Late Pleistocene], *Paleogeografiya Evropy v posledniye sto tys'ach let* [Paleogeography of Europe during the recent 100 thousand years], I.P. Gerasimov, A.A. Velichko (eds.), Moscow, Nauka Publ., 1982, p. 92–109. (In Russian)
- Grichuk V.P. *Istoriya flory i rastitel'nosti Russkoj ravniny v plejstocene* [History of Flora and Vegetation of the Russian Plain During the Pleistocene], Moscow, Nauka Publ., 1989, 183 p. (In Russian)
- Grichuk V.P., Zaklinskaya E.D. *Analiz iskopayemykh pyl'tsy i spor i yego primeneniye v paleogeografii* [The analysis of fossil pollen and spores and its application in paleogeography], Moscow, Geographgiz Publ., 1948, 224 p. (In Russian)
- Grichuk V.P., Gubonina Z.P., Zelikson E.M., Monoszon M.Kh. [Interglacial deposits in the Rostov-Yaroslavl district], *Palinologiya plejstotsena i pliotsena* [Palinology of the Pleistocene and the Pliocene], Moscow, Nauka Publ., 1973, p. 188–203. (In Russian)
- Kalnina L. Middle and Late Pleistocene environmental changes recorded in the Latvian part of the Baltic Sea basin, *Quaternaria, Ser. A, Theses and Research Papers*, Stockholm, 2001, no. 9, 173 p.
- Kondratienė O.P. *Stratigrafija i paleogeografija kvartera Litvy po paleobotanicheskim dannym* [The Quaternary Stratigraphy and Palaeogeography of Lithuania Based on Palaeobotanic Studies], Vil'nius, Akademiya Publ., 1996, 212 p. (In Russian)
- Kurbanov R.N., Yanina T.A., Murray E.S. et al. Vozrast karangatskoj transgressii (pozdnij plejstotsen) Chernogo mor'a [Age of the Karangat transgression (Late Pleistocene) of the Black Sea], *Vestn. Mosk. un-ta, Ser. 5, Geogr.*, 2019, no. 6, p. 29–38. (In Russian)
- Kuznetsov V.Yu., Arslanov Kh.A., Kozlov V.B., Maksimov F.E., Savelyeva L.A., Chernov S.B., Baranova N.G. [Absolute age of buried peat from the Mikulino stratotypic section and the lower Boyar Region parastratotypic section according to uranium-thorium dating data], *Materials of the III All-Russian conference on the study of the Quaternary period* [Proc. of the All-Russian Conference on the Quaternary studies], Smolensk, Oikumena Publ., 2002, vol. 1, p. 135–136. (In Russian)
- Lavrova M.A. [The main section of the Late Pleistocene in the Leningrad Area (in Russian)], *Voprosy stratigrafii chetvertichnykh otlozhenij severo-zapada Evropejskoj chasti SSSR* [Issues related to the stratigraphy of Quaternary deposits in the north-eastern European part of Russia], Leningrad, Gostoptekhizdat Publ., 1962, p. 125–139. (In Russian)
- Liivrand E. *Biostratigraphy of the Pleistocene deposits in Estonia and correlations in the Baltic region*, Doctoral Thesis, Stockholm, Stockholm University, Department of Quaternary Research, 1991, 114 p.
- Liivrand E.D. [Palynological investigations of the Early- and Middle-Valdaian periglacial deposits in Estonia], *Aktual'nyye problemy palinologii na rubezhe tret'yego*

- tys'acheletiya* [Actual problems of palinology at the turn of the Millennia], Tezisy dokladov IX Vserossijskoj palinologicheskoy konferencii, Moscow, IGIRGI Publ., 1999, p. 162–163. (In Russian)
- Makhnach N.A. *Etapy razvitiya rastitel'nosti Belorussii v antropogene* [Stages of development of vegetation in Belarus in the Anthropogene], Minsk, Nauka i tehnika Publ., 1971, 210 p.
- Maksimov F.E., Kuznetsov V.Yu., Savelyeva L.A., Grigoriev V.A., Petrov A.Yu., Fomenko A.P., Baranova N.G. [On the temporal boundaries of the Mikulin interglacial and its individual phases], *Puti evol'utsionnoj geografii* [Pathways of the evolutionary geography], vyp. 2, Materialy II Vserossijskoj nauchnoj konferencii, posv'aschennoj pam'ati prof. A.A. Velichko, Moscow, Institut geografii RAN, 2021, p. 812–816. (In Russian)
- Mangerud J. Correlation of the Eemian and the Weichselian with deep sea oxygen isotope stratigraphy, *Quaternary International*, 1989, vol. 3/4, p. 1–4.
- Menke B., Tynni R. Das Eeminterglazial und das Weichselfrühglazial von Rederstall, Ditthmarschen und ihre Bedeutung für die mitteleuropäische Jungpleistozän-Gliederung, *Geologisches Jahrbuch*, 1984, vol. 76, p. 3–120.
- Miettinen A., Rinne K., Haila H. et al. The marine Eemian of the Baltic: new pollen and diatom data from Peski, Russia, and Põhja-Uhtyu, *Estonia Journal of Quaternary Science*, 2002, vol. 17(5–6), p. 445–458.
- Miidel A. Stop 14. Voka outcrop, *Excursion Guide and Abstracts of the International Symposium on Human Impact and Geological Heritage*, 2003, Tallinn, May 12–17, p. 33–35.
- 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, no. 2, p. 208–215.
- Molodkov A., Bitinas A., Damušytė A. IR-OSL studies of till and inter-till deposits from the Lithuanian Maritime Region, *Quaternary Geochronology*, 2010, vol. 5, p. 263–268.
- Molodkov A.N., Bolikhovskaya N.S. 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, vol. 201, p. 67–76.
- Molodkov A.N., Bolikhovskaya N.S. Palaeoenvironmental changes and their chronology during the latter half of MIS 5 on the south-eastern coast of the Gulf of Finland, *Quaternary International*, vol. 616, 2022, p. 40–54, DOI: 10.1016/j.quaint.2021.10.016.
- Novenko E.Yu. *Izmeneniya rastitel'nosti i klimata Central'noj i Vostochnoj Evropy v pozdnem plejstocene i golocene v mezhdnednikovyye i perehodnyye etapy klimaticheskikh makrociklov* [Vegetation and climate changes in Central and Eastern Europe in the Late Pleistocene and Holocene at the Interglacial and transitional stages of climatic macro-cycles], Moscow, GEOS Publ., 2016, 228 p. (In Russian)
- Pleshivtseva E.S. Palinostratigrafiya plejstocena Severo-Zapada Russkoy ravniny v predelakh Leningradskoj, Pskovskoj, Novgorodskoj i Vologodskoj oblastej [Palinostratigraphy of the Pleistocene of the North-Western Russian Plain within the Leningrad, Pskov, Novgorod and Vologda regions], Sb. St. sotrudnikov FGUP “Peterburgskaya kompleksnaya geologicheskaya ekspeditsiya”, posv'aschennyj 60-letiyu organizacii [Collection of papers of the staff of the Peterburg Complex Geological Expedition], St-Peterburg, Rosnedra Publ., 2011, p. 92–100. (In Russian)
- Pleshivtseva E.S., Garkusha V.I., Gorshkova S.S. [Mikulin lakes within the interfluvium of the Pasha and Oyati rivers (Leningrad region)], *Istoriya plejstotsenovyykh ozer Vostochno-Evropejskoj ravniny* [History of the Pleistocene lakes of the East-European Plain], St-Peterburg, Nauka Publ., 1998, p. 111–114. (In Russian)
- Raukas A., Stankowski W. Influence of sedimentological composition on OSL dating of glaciofluvial deposits: examples from Estonia, *Geological Quarterly*, 2005, vol. 49, p. 463–470.
- Sanko A.F. The first U-Th dating of the Muravian Interglacial deposits in Belarus, *Book of Abstracts of the 8th International Conference “Methods of Absolute Chronology”*, 17–19 May 2004, Ustroń, Poland, Gliwice, 2004, p. 132–133.
- Satkunas J., Grigienė A., Velichkevich F. et al. Upper Pleistocene stratigraphy at the Medininkai site, eastern Lithuania: a continuous record of the Eemian – Weichselian sequence, *Boreas*, 2003, vol. 32, p. 627–641.
- Shackleton N.J. The last interglacial in the marine and terrestrial records, *Proceedings of the Royal Society*, London, 1969, Series B, 174, p. 135–154.
- Sokolova L.F., Malyasova E.S., Vishnevskaya E.M., Lavrova M.A. Novaya nahodka mezhdnednikovyykh otlozhenij v central'noj chasti Karel'skogo pereshejka [A new find of the interglacial deposits in the central parts of the Karelian Isthmus], *Vestn. Leningr. un-ta*, 1972, vol. 2, p. 124–131. (In Russian with English Summary)
- Svendsen J.I., Alexanderson H., Astakhov V.I. et al. The Late Quaternary ice sheet history of Northern Eurasia, *Quaternary Science Reviews*, 2004, vol. 23, p. 1229–1271.
- Zarrina E.P. *Chetvertichnyye otlozheniya severo-zapadnykh i central'nykh rajonov evropejskoj chasti SSSR* [Quaternary deposits of the north-western and central regions of the European part of the USSR], Leningrad, Nedra Publ., 1991, 187 p. (In Russian)
- Zelikson E.M. Climate and environment changes of East Europe during interstadials and interglacials of the Middle and Late Pleistocene, *Climate and environment changes of East Europe during Holocene and Late – Middle Pleistocene*, Research materials for IGU Conference “Global Changes and Geography”, Moscow, Institute of Geography RAS, 1995, p. 80–92.
- Znamenskaya O.M., Cherimisinova Ye.A. [Lateral spreading of the Mga interglacial sea and main features of its palaeogeography], *Voprosy stratigraphii chetvertichnykh otlozhenij severo-zapada Evropejskoj chasti SSSR* [Issues related to the stratigraphy of Quaternary deposits in the north-eastern European part of Russia], Leningrad, Gostoptekhizdat Publ., 1962, p. 140–60. (In Russian)
- Znamenskaya O.M. Stratigraficheskoye polozheniye mginskikh morskikh otlozhenij [Stratigraphical position of the Mga marine sediments], *Doklady Akademii Nauk USSR*, 1959, vol. 129, no. 2, p. 401–404. (In Russian)

Received 16.11.2023
 Revised 15.01.2024
 Accepted 14.02.2024