

УДК 551.79:561(476)

СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ХРОНОЛОГИИ МУРАВИНСКОГО (МИКУЛИНСКОГО, ЭМСКОГО) МЕЖЛЕДНИКОВЬЯ НА ЗАПАДЕ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ РАВНИНЫ

Я. К. ЕЛОВИЧЕВА¹⁾, Н. М. ПИСАРЧУК¹⁾

¹⁾Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь

Аннотация. Представлены обновленные материалы палинологического изучения стратотипических и опорных разрезов муравинского (микулинского, эмского) межледниковья и абсолютного датирования отложений, а также предложен современный взгляд на геохронологию пятой морской изотопной стадии. Исследования проведены на основе сопоставления имеющихся палинологических данных по разрезам запада Восточно-Европейской равнины с геохронологическими шкалами Северного полушария. Последовательная летопись осадконакопления в палеоархивах, новый методический подход к сплошному серийному опробованию органогенных пород в керне скважин и естественных обнажениях (каждые 1–5 см), комплексные палинологические методы и методы абсолютного датирования на базе сопряженного анализа за последние 10 лет позволили с высокой детальностью изучить озерно-болотные толщи осадков и получить более достоверные материалы, уточняющие хроностратиграфическую позицию последнего и самого теплого, муравинского (микулинского, эмского), межледниковья.

Ключевые слова: муравинское (микулинское, эмское) межледниковье; палинологический анализ; абсолютное датирование; фазы развития растительности; геохронологическая шкала.

MODERN CONCEPTS ABOUT THE CHRONOLOGY OF THE MURAVIN (MIKULIN, EEMIAN) INTERGLACIAL IN THE WEST OF THE EASTERN EUROPEAN PLAIN

Ya. K. YELOVICHEVA^a, N. M. PISARCHUK^a

^aBelarusian State University, 4 Niezaliezhnasci Avenue, Minsk 220030, Belarus

Corresponding author: N. M. Pisarchuk (pisarchuk@bsu.by)

Abstract. The article presents updated materials on the palynological study of stratotype and reference sections of the Muravin (Mikulin, Eemian) interglacial and absolute dating of sediments and also offered a modern look at the geo-

Образец цитирования:

Еловичева ЯК, Писарчук НМ. Современные представления о хронологии муравинского (микулинского, эмского) межледниковья на западе Восточно-Европейской равнины. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология.* 2024;1:76–97.
EDN: DBYHXY

For citation:

Yelovicheva YaK, Pisarchuk NM. Modern concepts about the chronology of the Muravin (Mikulin, Eemian) interglacial in the west of the Eastern European Plain. *Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology.* 2024;1:76–97. Russian.
EDN: DBYHXY

Авторы:

Ядвига Казимировна Еловичева – доктор географических наук, профессор; профессор кафедры физической географии мира и образовательных технологий факультета географии и геоинформатики.
Наталья Михайловна Писарчук – старший преподаватель кафедры физической географии мира и образовательных технологий факультета географии и геоинформатики.

Authors:

Yadviga K. Yelovicheva, doctor in science (geography), full professor; professor at the department of physical geography of the world and educational technologies, faculty of geography and geoinformatics.
yelovicheva@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9132-2600>
Natalia M. Pisarchuk, senior lecturer at the department of physical geography of the world and educational technologies, faculty of geography and geoinformatics.
pisarchuk@bsu.by
<https://orcid.org/0000-0003-3747-9628>

chronology of the fifth marine isotope stage. Research conducted on the basis of the parliamentary conference provides evidence of palynological data on sections of the west of Eastern European Plain with geochronological scales of the northern hemisphere. Consistent sedimentation record in paleoarchives, a new methodological approach in the sequential serial study of organogenic rocks in borehole cores and natural outcrops (every 1–5 cm), complex palynological and absolute dating methods based on conjunctive analysis over the past 10 years, lake-marsh evidence has been studied in great detail measurements and obtain more approximate materials that clarify the chronostratigraphic point of the last and warmest Muravin (Mikulin, Eemian) interglacial.

Keywords: Muravin (Mikulin, Eemian) interglacial; palynological analysis; absolute dating; phases of vegetation development; geochronological scale.

Введение

Несмотря на широкое использование в геологии и смежных науках достаточно информативного палинологического анализа, который представляет собой основу стратиграфических и палеогеографических построений в плейстоцене, специалисты до сих пор расходятся во мнениях о временных рамках, продолжительности и детальной хронологии событий межледниковий, в том числе, казалось бы, уже наиболее полно исследованного муравинского межледниковья, сопоставляемого с микулинским межледниковьем в Восточной Европе и эемским интергляциалом в Западной и Центральной Европе.

Органогенные толщи указанного выше возраста, залегающие под образованиями последнего и самого малого по площади, поозерского, оледенения (валдайского оледенения на Восточно-Европейской равнине и вюрмского оледенения на Западно-Европейской равнине) или перекрытые коррелятными ему отложениями южнее границы предельного распространения ледника, выявлены скважинами на небольших глубинах, расположены в приповерхностной части плейстоценовой толщи либо практически выведены на дневную поверхность в естественных обнажениях. Являясь весьма доступными для многосторонних геологических и палеонтологических исследований как специалистами научных учреждений, так и в большей мере сотрудниками специализированных лабораторий при управлениях геологии, которые выполняют существенный объем палинологических работ при крупномасштабном геологическом картировании территорий государств бывшего Союза, они стали важным стратиграфическим репером верхней части плейстоценовой осадочной толщи.

Тем не менее первичные пыльцевые диаграммы были построены в условиях редкого опробования на анализ мощных озерно-болотных накоплений (каждые 0,5–1,0 м) часто лишь в нижней части отложений, отражающей оптимальные слои муравинского (микулинского, эемского) горизонта. Этот факт позволил зарубежным специалистам убедить научное окружение в характеристике муравинского (микулинского, эемского) межледниковья как однооптимального межледникового интервала позднего плейстоцена, изредка встречающиеся в разрезах вышезалегающие слои с незначительными пиками пыльцы мезо- и термофильных пород считались переотложенными. Многие восточноевропейские ученые придерживались таких же взглядов, ссылаясь на перспективность зарубежных стратиграфических построений. Имевшиеся единичные абсолютные датировки плейстоценовых пород (по одной на разрез) лишь подтверждали возраст межледниковых интервалов и их принадлежность к соответствующему горизонту. Со временем палинологические исследования пород охватили геологический разрез в объеме всего плейстоцена, длительность которого увеличивалась за счет удревления его нижней части благодаря появлению новых и редко датированных археологических находок, и гипотеза об однооптимальности древних межледниковых эпох распространилась повсеместно.

Вместе с тем инновационные технологии стран Европы, США и Японии проявились в разработке и применении новых методов абсолютного датирования отложений не только голоцена и поозерского (валдайского, вюрмского) оледенения (в пределах до 60 тыс. лет), но и более древних образований континентального плейстоцена, а также в проведении глубоководного бурения океанических и морских толщ, отражавших самые крупные, глобальные по масштабу, непрерывные геологические события. Поэтому они выступали источниками сведений о последовательной цепи климатических событий в рамках международных проектов во второй половине XX – начале XXI в.

Материалы и методы исследования

В дополнение к первоначально созданным альпийской палеоклиматической кривой Пенка – Брикнера¹ [1; 2], астрономическим инсоляционным кривым Миланковича [3; 4], нашедшим согласование с данными в области изменения климата [3] и уточненной информацией о числе галечных слоев

¹Марков К. К., Величко А. А., Лазуков Г. И., Николаев В. А. Плейстоцен. М. : Высш. школа, 1968. 304 с.

в террасах северных предгорий Альп (В. Зёргель на территории средней Германии, Б. Эберль в Альпах установили по моренам три пика поозерского (валдайского, вюрмского) оледенения (тройной пик на кривой Миланковича) и по два пика каждого из трех предшествующих ему оледенений (парные пики на той же кривой) [5]), и разработанным в дальнейшем температурным кривым [6; 7], климатическим шкалам Краснова [8–11] и Шнитникова [12], инсоляционной кривой Шараф – Будниковой [13; 14] полученные результаты масштабного бурения выразились в возникновении большой серии новых международных шкал на геохронологической основе, в частности изотопно-кислородных [15–23], изотопно-углеродных [22; 24; 25], палеомагнитных [26–31], температурных [32] шкал, построенных по данным изучения глубоководных океанических отложений (атлантическая, тихоокеанская, индийская [33–35] шкалы), внутриконтинентальных морских отложений (байкальская (по содержанию биогенного кремнезема) [35; 36–41], средиземноморская [42–44], каспийская² [45] шкалы) и континентальных почвенно-лессовых серий (центральнокитайская [28; 29], восточноевропейская [46–52], украинская³ [53–61] шкалы), керн льда (антарктическая [32; 62–66], гренландская [67–71] шкалы), которым свойственно практически непрерывное осадконакопление и льдообразование, а также по данным ESP-датирования отложений с находками моллюсков (малакологическая шкала [51; 72–77]), глобально осредненной изотопно-кислородной бентосной записи LR04 (по бентосным фораминиферам) [78–83], изменений кальцита пресноводных карбонатных отложений в ледниковой области Европы и Северной Америки [84; 85], тысячелетних древесно-кольцевых хронологий (дендрохронологические шкалы⁴ [86]).

Ученые всех стран получили новую огромную информацию о природных событиях последних 2,5 млн лет. Временной интервал длительностью 700–800 тыс. лет с резкой сменой ритмичности различных кривых и специфической закономерностью чередования каждые 100 лет одного оледенения и одного межледниковья был отнесен к собственно гляциоплейстоцену с четкой нижней границей природного феномена – сменой палеомагнитных эпох Матуямы – Брюнеса, что положило конец многолетним прениям по этим вопросам. На данном интервале были выделены 19 морских изотопных стадий (МИС) по изменениям крупных этапов с диаметрально противоположными температурными колебаниями – холодные четные МИС с восьмью ледниковыми горизонтами и теплые нечетные МИС с девятью межледниковыми горизонтами. При этом требовалось, чтобы каждая МИС строго соответствовала самостоятельному горизонту (лишь поозерское (валдайское, вюрмское) оледенение объединяет три стадии – МИС-2 – МИС-4). Уникальное по развитию природной среды гольштейнское (лихвинское, александрийское) межледниковье соотносено только с МИС-11 по решению XIV конгресса Международного союза по изучению четвертичного периода (ИНКВА).

Результаты и их обсуждение

Вполне естественно, что новые сведения, обусловленные лучшей информативностью геохронологических шкал, потребовали от специалистов соответствующей корректировки их прежних взглядов – признания значительно большего количества оледенений (свыше четырех) и межледниковий (свыше трех) и их более сложной внутренней структуры с точки зрения наличия вариаций пиков изотопных отношений: число оптимумов межледниковых эпох составляет от одного до трех, и наиболее мощным из них является ранний оптимум (по высокому содержанию пыльцы мезо- и термофильных пород), в периоды оледенений выделяется несколько стадий и межстадиалов. Указанное выше способствовало выработке рекомендаций по созданию новых стратиграфических схем гляциоплейстоцена Восточно-Европейской равнины (2011) и региональных схем на основе сопоставления горизонтов с МИС, переоценке представлений о его объеме, стратиграфии и геохронологии, показало существенную сложность развития природной среды, а также позволило провести аналогию между природными событиями и явлениями во времени и пространстве.

Но оказалось, что перечисленные геохронологические шкалы неоднозначно (в силу имевшейся погрешности методов определения абсолютного возраста) отражали границы каждой МИС, которые подвергались корректировке новыми датировками, полученными из континентальных отложений и палеонтологических объектов. Так, установленный возраст всей МИС-5 (от 70 до 110–125 тыс. лет) указывал на ее длительность в пределах 40–60 тыс. лет и наличие четко выраженных трех максималь-

²Янина Т. А. Палеогеография бассейнов Понто-Каспия в плейстоцене по результатам малакофаунистического анализа : автореф. дис. ... д-ра геогр. наук : 25.00.25. М., 2009. 42 с.

³Шелкопояс В. Н. Термолюминесцентный метод и его применение для стратиграфии плейстоценовых субаэральных отложений : автореф. дис. ... д-ра геол.-минерал. наук : 04.00.01. Киев, 1974. 45 с.

⁴Тишин Д. В., Чижикова Н. А. Дендрохронология : учеб.-метод. пособие. Казань : Казан. ун-т, 2018. 34 с.

ных и двух минимальных пиков изотопных кривых, адекватных трем оптимумам и двум разделявшим их межоптимальным похолоданиям. Точке зрения о такой сложной палеогеографической обстановке муравинского (микулинского, эемского) межледниковья соответствовали материалы по отдельным разрезам Восточно-Европейской равнины [87; 88].

В свою очередь, западноевропейские ученые разделили МИС-5 на пять подстадий (МИС-5а – МИС-5е) и только самой ранней из них, подстадией МИС-5е, ограничили муравинский (микулинский, эемский) однооптимальный интергляциал [89] в рамках от 110–113 до 130 тыс. лет назад (объемом ≈ 20 тыс. лет), что впоследствии было утверждено Международной комиссией по стратиграфии [90], а вышележащие отложения подстадий МИС-5а – МИС-5d в границах от 70–75 до 110–113 тыс. лет назад отнесли к поозерскому (валдайскому, вюрмскому) раннеледниковью и ледниковью в ранге межстадиалов и стадиалов. К такому же решению пришли и ученые из бывшего Союза [91]. Следует отметить, что к тому времени была составлена таблица [34; 71] с указанием вариантов возрастных границ подстадий. Так, подстадия МИС-5.1 соответствует подстадия МИС-5а с нижней границей 79–80 тыс. лет назад, подстадия МИС-5.2 – подстадия МИС-5b с нижней границей 86–87 тыс. лет назад, подстадия МИС-5.3 – подстадия МИС-5с с нижней границей 97–99 тыс. лет назад, подстадия МИС-5.4 – подстадия МИС-5d с нижней границей 100–107 тыс. лет назад, а подстадия МИС-5.5 – подстадия МИС-5е с нижней границей 122 тыс. лет назад. Верхняя граница муравинского (микулинского, эемского) межледниковья оценена в 71 тыс. лет назад, а его нижняя граница – в 127–128 тыс. лет назад, т. е. длительность эпохи составила 57 тыс. лет.

Вопросы хронологических границ, продолжительности и числа оптимумов муравинской (микулинской, эемской) межледниковой эпохи были предметом горячего обсуждения в 1998 г. на тематическом симпозиуме «The Eemian: local sequences, global perspectives» (Керкраде, Нидерланды) [92; 93] и международном семинаре «Paleogeografia gornego Pleistocenu i Holocenu Wschodniej Polski i Bialorusi» (Краков, Польша) [94; 95]. В рамках последнего наряду с докладами зарубежных ученых о ведущей позиции муравинского (микулинского, эемского) межледниковья в объеме только подстадии МИС-5е и его однооптимальности был представлен доклад Я. К. Еловичевой [94; 96], впервые не только отразивший специфику фаз растительности в разрезах с двумя-тремя оптимумами этой межледниковой эпохи на территории Беларуси, но и подтвердивший достоверность ее корреляции с другими схемами не по схожести пыльцевых диаграмм, как это было принято в то время, а по макросукцессиям палеофитоценозов. Данный методический подход и построенный профиль последовательности изменения структуры макросукцессионных рядов муравинского (микулинского, эемского) межледниковья (по 40 диаграммам) в странах, находящихся на территории от атлантического побережья до Предуралья по широте расположения Беларуси, показали, что неоспоримая коррелятивность одновозрастных разрезов имеет место только для ближних районов, а ошибочная – для удаленных районов, поскольку крайние диаграммы и степень экзотичности флоры сильно различались. Кроме того, на основе установленной продолжительности макросукцессии самого молодого и не завершеного еще голоценового межледниковья (10,3 тыс. лет) с пока еще достоверным одним оптимумом (АТ-период) проведен примерный расчет длительности межледниковий гляциоплейстоцена – однооптимального (≈ 15 –20 тыс. лет), двухоптимального (≈ 35 –40 тыс. лет) и трехоптимального (≈ 60 тыс. лет), что соответствовало разному объему изотопных ярусов [97].

Дальнейший детальный анализ изотопно-кислородных шкал различных отложений позднего гляциоплейстоцена показал ошибочность взглядов на однооптимальность муравинского (микулинского, эемского) межледниковья и его корреляцию только с подстадией МИС-5е. Как видно на примере разреза «Гранд-Пиль» (см. вклейку, рис. 1), характер и ход изотопных и древесных кривых отражали принадлежность этого межледниковья ко всей стадии МИС-5. Обе записи однозначно трактовали единые природные условия в интервале от 70–74 до 130 тыс. лет назад, что отвечает верхней и нижней границам муравинского (микулинского, эемского) межледниковья и его полному объему около 60 тыс. лет. Пять подстадий внутри этого интервала в действительности четко коррелируют с пятью основными подгоризонтами: подстадия МИС-5е – с началом межледниковья и первым (основным) оптимумом, подстадия МИС-5с – со вторым оптимумом, подстадия МИС-5а – с позднемежледниковьем и третьим оптимумом, а подстадии МИС-5d и МИС-5b – с двумя похолоданиями.

На других появившихся шкалах [101] так же четко, как и на модели хода кривых с различными периодами, фиксировалась трехоптимальность муравинского (микулинского, эемского) межледниковья. Однако по поводу объема этого межледниковья согласие так и не было достигнуто, велась дискуссия о хронологических рамках относимых к нему отложений в пределах от 145 до 70 тыс. лет назад с вариацией длительности их накопления до 60–75 тыс. лет. Данная точка зрения сохранялась достаточно долгое время вследствие признания высокого авторитета зарубежных ученых белорусскими специалистами-палинологами.

Таким образом, геохронологическая позиция муравинского (микулинского, эемского) межледниковья на Восточно-Европейской равнине оставалась неоднозначной в следующих интервалах:

- в интервале от 70–75 до 100–110 тыс. лет назад и даже до 130 тыс. лет назад длительностью 30–50 тыс. лет (на изотопных шкалах [7; 15–18; 20; 22; 89]);
- в интервале от 115 до 128 тыс. лет назад длительностью 13 тыс. лет (по изотопному составу бентосных фораминиферов [78; 79; 81–83; 102] на принятой Международной комиссией по стратиграфии геохронологической схеме [90]);
- в интервале от 70 до 145 тыс. лет назад длительностью 75 тыс. лет (по результатам палинологических исследований и ЭПР-датирования малакофауны (раковин морских моллюсков) из отложений на территории Северной Евразии, а также по данным ИК-ОСЛ-датирования зерен полевых шпатов из континентальных отложений на территории Литвы [74; 103; 104]), что значительно превосходит объем подстадии МИС-5е, захватывает часть МИС-6 (сожское (вартинское, московское) оледенение) и всю МИС-5 [74]. Так, этими же специалистами на основании ИК-ОСЛ-датирования и палинологического изучения отложений опорного разреза «Вока» (юго-западное побережье Финского залива) было показано, что вторая половина муравинского (микулинского, эемского) межледниковья соответствует интервалу времени от 70 до 100 тыс. лет назад, т. е. второй половине МИС-5 [104; 105].

Сведения о том, что муравинское (микулинское, эемское) межледниковье охватывает больший интервал, чем подстадия МИС-5е, получены и для озерных образований в разрезе «Вевайс» (северо-восток Германии) по ОСЛ-датировкам 126 ± 16 и $108,9 \pm 7,8$ тыс. лет назад [106]. Как видно, высокая длительность межледниковой эпохи (30–75 тыс. лет) может предполагать наличие в то время не менее трех оптимумов, исходя из длительности развития макросукцесий палеофитоценозов.

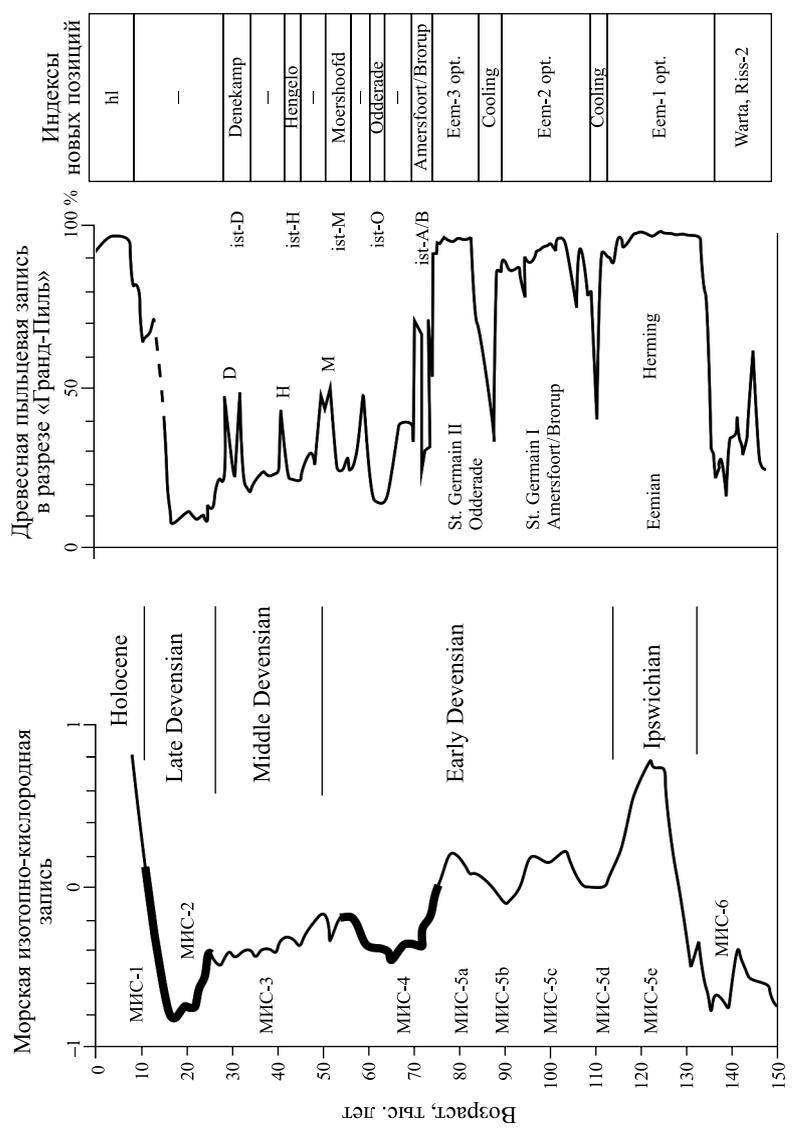
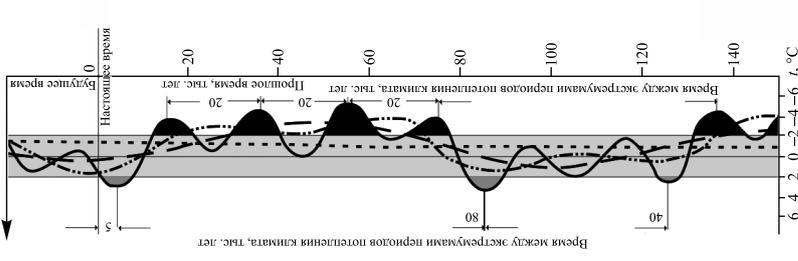
Со временем степень полноты пыльцевых диаграмм изменилась по причине востребованности учеными знаний о более полной хронологии природных явлений и событий в условиях последовательности осадконакопления в палеоводоемах. Эта проблема решилась путем применения нового методического подхода к сплошному опробованию керна скважин и естественных обнажений (каждые 1–2 см) на основе сопряженного анализа, что позволило значительно детализировать садку органического материала в древних водоемах, полнее отразить существенные изменения состава спектров по разрезу. В результате ранние диаграммы состава древесных пород сменились более полными и максимально информативными диаграммами, на которых показаны все выявленные ископаемые растительных микрофоссилий в образцах, что обеспечило характеристику этапов развития растительности и изменения климата, а также прочих компонентов природной среды. Уже к концу XX – началу XXI в. в пределах территории Восточно-Европейской равнины ученые-палинологи выявили большее число разновозрастных разрезов гляциоплейстоцена с несколькими оптимумами, положив начало новому направлению – детальной микростратиграфии. Установленные в разрезах вторые и третьи оптимумы были также выражены макросукцессией палеофитоценозов, наличие которой доказало их самостоятельность.

Вопросы продолжительности и возрастных рамок муравинского (микулинского, эемского) межледниковья, оставшиеся актуальными из-за ограниченного числа используемых методов абсолютного датирования, результаты которых имеют погрешности при исследовании более древних толщ осадков, стали получать разрешение. Важность в работе приобрела четкая привязка геохронологических данных к определенным фазам развития растительности при пыльцевом анализе.

Так, по результатам исследований в разрезе «Орляки» (пограничье Витебской области Беларуси и Смоленской области России) для фаз развития растительности *Quercus*, *Alnus*, *Corylus*, *Tilia*, *Carpinus*, соответствующих пыльцевым зонам *mr-4* и *mr-5*, раннего оптимума получена дата 104 ± 8 тыс. лет назад (ТЛМ-363), раннеледниковья поозерского (валдайского, вюрмского) оледенения – более 145 тыс. лет назад (ТЛМ-364), усвячской свиты этого оледенения – 29 ± 2 тыс. лет назад (ТЛМ-365), а также 23 ± 3 тыс. лет назад (ТЛМ-366), максимальной оршанской его стадии – 17 ± 1 тыс. лет назад (ТЛМ-367) [107].

В разрезе «Мурава» (Беларусь) [87; 100; 108; 109] на развернутой палинологической диаграмме (см. вклейку, рис. 2) отражены фазы развития растительности на окружавшей муравинский палеоводоем территории в течение сожского (вартинского, московского) позднеледниковья, муравинского (микулинского, эемского) межледниковья (раннемежледниковья (пыльцевые зоны *mr-1* – *mr-3*), раннего оптимума (пыльцевые зоны *mr-4* – *mr-6*), промежуточного похолодания (пыльцевые зоны *mr-7*, *mr-8*), среднего оптимума (пыльцевая зона *mr-9*), позднемежледниковья (пыльцевая зона *mr-10*)) и поозерского (валдайского, вюрмского) раннеледниковья. Экзотические и редковстречаемые растения в то время представляли *Abies*, *Larix*, *Betula* sect. *Nanae*, *Alnaster fruticosus*, *Selaginella selaginoides*, *Ephedra*, *Hyppophae*, *Osmunda cinnamomea*, *Nuphar luteum*, *Nymphaea alba*.

Концептуальная модель
интегрально-динамической
взаимосвязи между основными
глобальными факторами
формирования климата



Индексы Беларуси	
1	hl-igl
2	pz-3
3	pz-2
4	ist
5	pz-1
6	Третий оптимум
	Похолодание
	Второй оптимум
	Похолодание
	Первый оптимум
sz-gl	

- ⋯⋯⋯ Период около 200 млн лет (время вращения Солнечной системы вокруг галактического центра)
- ⋯⋯ Период 100 тыс. лет (время изменения эксцентриситета орбиты Земли)
- ⋯⋯⋯ Период 40 тыс. лет (время изменения наклона оси вращения Земли к плоскости эклиптики)
- ⋯⋯ Период 20 тыс. лет (время процессии земной оси)
- Периоды экстремального потепления климата
- Периоды экстремального похолодания

Рис. 1. Корреляция позднелициоплейстоценовой (последние 150 тыс. лет) морской изотопно-кислородной (по номенклатуре Великобригитани), дресно-пыльцевой (разрез «Гранд-Пиль» на юго-востоке Франции) записей, концептуальной модели интегрально-динамической взаимосвязи между основными глобальными факторами формирования климата со схемой позднего гляциоплейстоцена Беларуси. Интерстадиалы указаны по индексации Нидерландов [98] (составлено по данным публикаций [99–101])

Fig. 1. Correlation of late glaciopleistocene (last 150 thsd years) marine oxygen isotope (according to British nomenclature), tree-pollen (section «Grand Pille» in southeastern France) records, a conceptual model of the integral-dynamic relationship between the main global climate formation factors with the scheme Late Glaciopleistocene of Belarus. Interstadials are indicated according to Dutch indexing [98] (compiled according to publications [99–101])

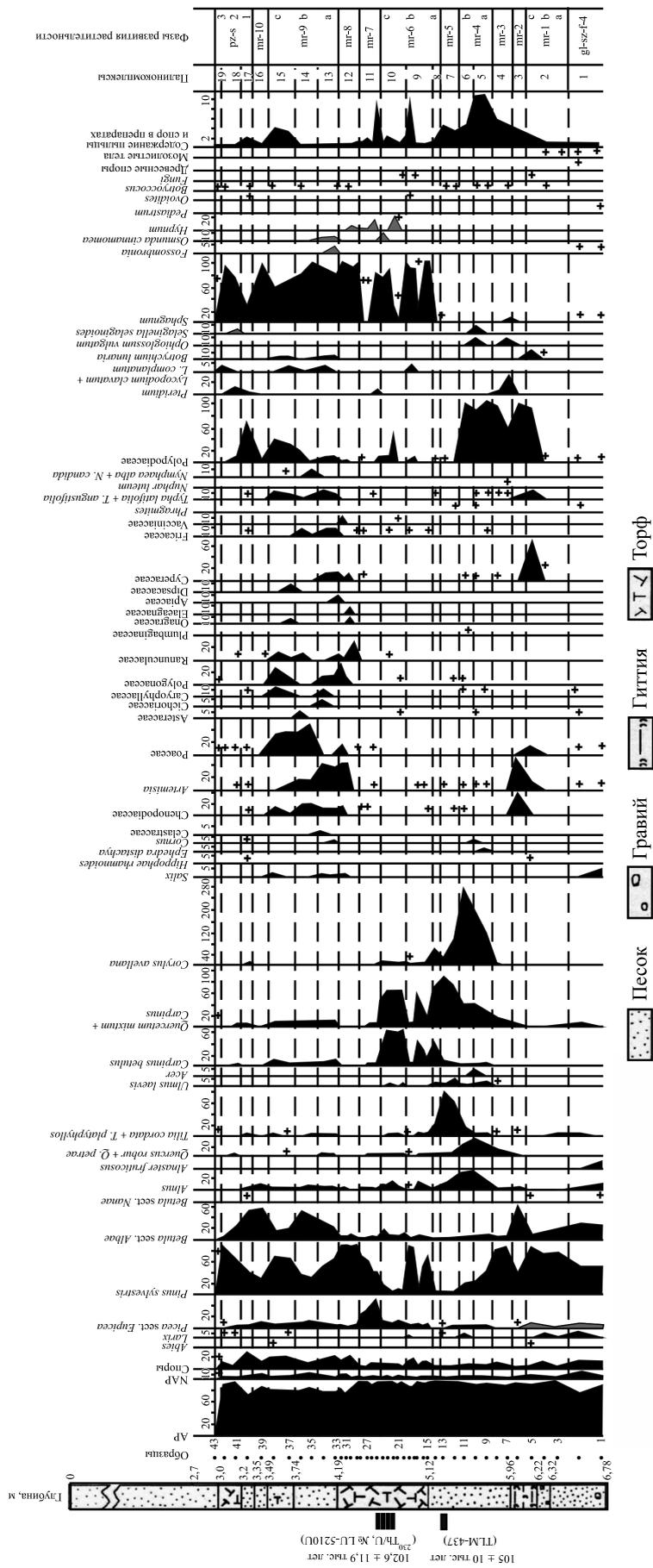


Рис. 2. Палинологическая диаграмма древнеозерных отложений у д. Муравы
 Fig. 2. Palynological diagram of ancient lake sediments near the Murava Village

Интервалы абсолютного возраста органогенных отложений муравинского

Absolute age intervals of organogenic deposits of the Muravin

Горизонт	Возраст	Подгоризонт	Пыльцевые зоны [124]	Пыльцевые зоны [100]	Фазы развития растительности
Поозерский (валдайский, вюрмский)	МИС-4	Раннеледниковье	Q-3w	gl-pz-s	NAP + P + B
Муравинский (микулинский, эмский)	70 тыс. лет	Позднемежледниковье	–	mr-12b	Pic + B
			–	mr-12a	P + B
	МИС-5а	Третий оптимум	–	mr-11	Q. m. + P + B
	МИС-5b	Похолодание	–	mr-10b	P
			–	mr-10a	P + B
	МИС-5с	Второй оптимум	–	mr-9	Q. m. + P
	МИС-5d	Похолодание	M-8	mr-8	P
			M-7	mr-7	Pic
	МИС-5е	Первый оптимум	M-6	mr-6	Carp
			M-5	mr-5	Til
			M-4b	mr-4b	Cor + Al
			M-4a	mr-4a	Q + U
	110–130 тыс. лет	Раннемежледниковье	M-3	mr-3	P + Q. m.
			M-2	mr-2	P + B
M-1			mr-1	B	
Сожский (вартинский, московский)	МИС-6	Позднеледниковье	Q-2-mos	gl-sz-f	NAP + P + B

Примечания: 1. В таблице приняты следующие обозначения: NAP – травы; P – *Pinus*, B – *Betula*; Q. m. – *Quercetum* относящиеся только к пыльцевой зоне mr-6, знаком ** – значение, относящиеся ко всей палинозоне M-4.

(микулинского, эемского) межледниковья разрезов Восточно-Европейской равнины

(Mikulín, Eemian) interglacial sections of the Eastern European Plain

Разрез							
Микулино	Фили	Мурава	Черемошник	Нижняя Боярщина	Килешино	Александровский карьер	Орляки
–	–	–	–	–	–	–	23–29 тыс. лет (ТЛМ) (усвячская свита) 17 тыс. лет (ТЛМ) (оршанская стадия)
–	–	–	–	–	–	–	Более 145 тыс. лет (ТЛМ)
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	115 тыс. лет (ОСЛ)	–
104–116 тыс. лет ($^{230}\text{Th}/\text{U}$)	–	96–107 тыс. лет ($^{230}\text{Th}/\text{U}$, Th/U) 91–102 тыс. лет (Th/U)*	–	–	–	–	–
–	–	105 тыс. лет (ТЛМ)	–	97–102 тыс. лет ($^{230}\text{Th}/\text{U}$)	–	–	104 тыс. лет (ТЛМ, Th/U)
–	104–117 тыс. лет ($^{230}\text{Th}/\text{U}$)	–	–	108–110 тыс. лет ($^{230}\text{Th}/\text{U}$)	113–118 тыс. лет ($^{230}\text{Th}/\text{U}$, Th/U)	127 тыс. лет (ОСЛ)	–
–		–	114 тыс. лет (L/L)	–	Не более 72 тыс. лет (ОСЛ, ^{14}C)**		
–		–	115 тыс. лет (TSD)	–	–		
–		–	–	–	–		
–	–	–	121–125 тыс. лет ($^{230}\text{Th}/\text{U}$)	126–130 тыс. лет ($^{230}\text{Th}/\text{U}$)	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–

mixtum; Q – *Quercus*; U – *Ulmus*; Cor – *Corylus*; Al – *Alnus*; Til – *Tilia*; Carp – *Carpinus*; Pic – *Picea*. 2. Знаком * отмечено значение,

Данные абсолютного датирования показали, что фазы развития растительности *Carpinus + Picea* (пыльцевые зоны *mr-6*, *mr-7*) имеют возраст $102,6 \pm 11,9$ тыс. лет ($^{230}\text{Th}/\text{U}$, № LU-5210U), фаза развития растительности *Carpinus* (пыльцевая зона *mr-6*) относится к 91 ± 6 тыс. лет ($^{230}\text{Th}/\text{U}$, № LU-5210U) [100; 110–112], а фаза развития растительности *Tilia* (пыльцевая зона *mr-5*) – к 105 ± 10 тыс. лет (ТЛМ-437) [112; 113].

Но еще более значимыми с 1920-х гг. стали результаты датирования муравинских (микулинских, эемских) отложений при повторном изучении ранее наиболее известных отложений в ранге опорных и стратотипических разрезов на спорово-пыльцевой, палеокарпологический и уранториевый анализы с высоким разрешением (каждые 2–4 см) [114–116]. Полученные специалистами Института наук о Земле Санкт-Петербургского государственного университета данные были приурочены к узким временным интервалам – палинозомам (фазам развития растительности), поскольку и глубины залегания пород, и их генетические типы в разных расчистках и в различные годы дифференцируются в зависимости от их положения в толще озерной котловины.

В разрезе «Нижняя Боярщина» (Смоленская область, Россия) наиболее детальная и полная палинологическая диаграмма Чеботаревой [88] (сожское (вартинское, московское) позднеледниковье → муравинское (микулинское, эемское) межледниковье с двумя четкими климатическими оптимумами → поозерское (валдайское, вюрмское) раннеледниковье) позднее была дополнена диаграммами Гричука [117], Савельевой [106; 118; 119], Еловичевой и Писарчук [109; 120]. Их сравнение показало, что развернутая диаграмма Еловичевой и Писарчук (см. вклейку, рис. 3) отразила интервалы на окружавшей нижебоярский палеоводоем территории в течение сожского (вартинского, московского) позднеледниковья, муравинского (микулинского, эемского) межледниковья (раннемежледниковья (пыльцевые зоны *mr-1* – *mr-3*), раннего оптимума (пыльцевые зоны *mr-4* – *mr-6*), промежуточного похолодания (пыльцевые зоны *mr-7*, *mr-8*), среднего оптимума (пыльцевая зона *mr-9*), позднемежледниковья (пыльцевые зоны *mr-10*, *mr-11*)). Экзотические и редковстречаемые растения представляли *Abies*, *Larix*, *Betula humilis*, *B. nana*, *Pinus* sp., *Picea* sp., *Alnaster*, *Lycopodium annotinum*, *L. pungens*, *Selaginella selaginoides*, *Ephedra*, *Eurotia ceratoides*, *Salsola soda*, *Atriplex oblongifolia*, *Hyppophae*, *Botrychium virginianum*, *Osmunda cinnamomea*, *Nuphar*, *Nymphaea*, *Trapa natans*, *Salvinia natans*, *Brasenia*, *Polygonum amphibium*.

Данные количественного $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -датирования трех слоев в разрезе «Нижняя Боярщина» свидетельствуют о том, что нижний из них знаменует вторую половину фазы *mr-1*, или палинозоны М-1 (раннемежледниковье и начало МИС-5), и датируется 126–130 тыс. лет назад ($^{230}\text{Th}/\text{U}$). Садка среднего слоя (фаза *mr-4*, или палинозона М-4, первой половины оптимума, включающая фазы развития растительности *Quercus + Ulmus + Alnus + Corylus*) датирована 108–110 тыс. лет назад ($^{230}\text{Th}/\text{U}$), а верхний слой (фаза *mr-5*, или палинозона М-5, из фаз развития растительности *Alnus + Corylus* и фаза *mr-6*, или палинозона М-6, включающая фазы развития растительности *Tilia + Carpinus*) накопился во вторую половину основного оптимума и имеет возраст 97–102 тыс. лет ($^{230}\text{Th}/\text{U}$) [105; 106; 114–116; 119]. Как указано выше, этот же возраст ($102,6 \pm 11,9$ тыс. лет ($^{230}\text{Th}/\text{U}$, № LU-5210U) и 91 ± 6 тыс. лет ($^{230}\text{Th}/\text{U}$, № LU-5210U)) имеют отложения фазы развития растительности *Carpinus + Picea* в разрезе «Мурава» [100; 111].

Данные абсолютного датирования осадков раннемежледниковья и первой половины климатического оптимума муравинского (микулинского, эемского) межледниковья (палинозоны М-1 – М-4) могут быть соотнесены с временным интервалом подстадии МИС-5е. Продолжительность фаз М-1 – М-6 этой эпохи составляет ≈ 25 –30 тыс. лет, что соответствует подстадиям МИС-5е, МИС-5d и частично подстадии МИС-5с и подтверждает значительно больший ее временной интервал, чем длительность, принимавшаяся зарубежными учеными и охватывающая лишь объем подстадии МИС-5е.

В разрезе «Микулино» (Смоленская область, Россия) отложения палинозон М-6 и М-7 датируются 104–116 тыс. лет назад [106], в разрезе «Черемошник» (Московская область, Россия) отложения палинозоны М-1 – 121–125 тыс. лет назад [106], в разрезе «Фили» (Москва, Россия) отложения палинозон М-1 – М-4 – 104–117 тыс. лет назад [106], в разрезе «Мурава» (Беларусь) отложения пыльцевой зоны *mr-6*, или палинозоны М-6, – 96–107 тыс. лет назад ($^{230}\text{Th}/\text{U}$, № LU-5210U) [106] (см. вклейку, рис. 2), в разрезе «Килешино» (Тверская область, Россия) отложения палинозоны М-4 – 113–118 тыс. лет назад [106] (по сравнению с более ранними результатами ОСЛ-датирования и ^{14}C -датирования не более 72 тыс. лет назад [118; 121; 122]), а в разрезе «Александровский карьер» (Курская область, Россия) ископаемая почва, залегающая, по данным ОСЛ-датирования, на отложениях возраста 127 ± 8 тыс. лет (нижний предел муравинского (микулинского, эемского) межледниковья) и перекрытая толщей возраста 115 ± 7 тыс. лет (верхний предел того же межледниковья), отнесена только к подстадии МИС-5е (в объеме однооптимального межледниковья) [123]. Полученные сведения об обновленных по разрезу серийных датировках обобщены в таблице.

Заключение

Обобщенный материал по абсолютному датированию различными методами стратиграфических подразделений и соответствующих им пыльцевых зон и фаз развития растительности муравинского (микулинского, эемского) межледниковья в пределах Восточно-Европейской равнины позволил сделать следующие выводы:

- начальные границы муравинского (микулинского, эемского) межледниковья и подстадии МИС-5е являются близкими по возрасту и отвечают в большинстве случаев датировке 130 тыс. лет назад;
- подстадия МИС-5е коррелирует только с пыльцевыми зонами М-1 – М-4 в интервале от 113–114 до 130 тыс. лет назад (длительность \approx 15 тыс. лет укладывается в рамки однооптимального макросукцессионного ряда), соответствующими первой половине муравинского (микулинского, эемского) межледниковья (раннемежледниковью, раннему оптимуму с термоксеротической стадией развития растительности – фазами *Quercus*, *Ulmus*, *Alnus*, *Corylus* [105; 125; 126]), что свидетельствует о большей, чем подстадия МИС-5е, продолжительности этой межледниковой эпохи;
- границы палинозон М-1 – М-7 (раннемежледниковье, основной ранний оптимум с термоксеротической (фазы развития растительности *Quercus*, *Ulmus*, *Alnus*, *Corylus* (палинозоны М-1 – М-4)) и термогидротической (фазы развития растительности *Tilia*, *Carpinus* (палинозоны М-5, М-6)) фазами развития растительности, последующая фаза развития растительности *Picea* (палинозона М-7)) находятся в пределах от 96 до 125 тыс. лет назад, что также несколько больше объема границ 115–128 тыс. лет назад, принятых ранее Международной комиссией по стратиграфии для подстадии МИС-5е [90], и в действительности соответствует общему интервалу подстадий МИС-5е, МИС-5d и частично подстадии МИС-5с;
- длительность однооптимального межледниковья в рамках палинозон М-1 – М-7 достигает 25–30 тыс. лет, что близко к предполагаемому расчету протяженности одного макросукцессионного ряда палеофитоценозов;
- достаточно определенно выражена верхняя граница муравинского (микулинского, эемского) межледниковья, которая находится в пределах около 70 тыс. лет назад;
- нижняя граница этой межледниковой эпохи в большинстве случаев отвечает интервалу 110–130 тыс. лет назад при варибельности до 145 тыс. лет назад, что требует новых уточнений при ведении дальнейших исследований;
- временной интервал абсолютного возраста органоогенных отложений муравинского (микулинского, эемского) межледниковья разрезов «Мурава» и «Нижняя Боярщина» северо-запада Восточно-Европейской равнины определен по данным $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -, TSD-, L/L-, ОСЛ- и ТЛМ-датирования от 70 до 130 тыс. лет назад с его общей продолжительностью 60–70 тыс. лет и тремя климатическими оптимумами в соответствии с длительностью трех макросукцессионных рядов палеофитоценозов;
- надежность корреляции фаз развития растительности и генетических типов отложений из близко расположенных геологических стратотипических разрезов муравинского (микулинского, эемского) межледниковья в объеме всей МИС-5, таких как разрез «Нижняя Боярщина» в России и разрез «Мурава» в Беларуси, очевидна при комплексном палинологическом, палеокарпологическом, серийном абсолютном датировании древних отложений путем сопряженного анализа на уровне конкретных фаз растительности.

Актуальная задача дальнейших новых комплексных исследований органоогенных образований муравинской (микулинской, эемской) межледниковой эпохи заключается в получении значительно большего массива данных и установлении специалистами возраста верхней ее части – второго и третьего климатических оптимумов с разделяющими их промежуточными похолоданиями и позднемежледниковья (фазы mg-9 – mg-13). Сделанные выводы не только вносят существенный вклад в решение вопроса о временных рамках и структуре последнего межледниковья, но и подтверждают перспективность нового отечественного подхода к установлению хронологии осадконакопления в муравинскую (микулинскую, эемскую) межледниковую эпоху на территории Восточно-Европейской равнины.

Библиографические ссылки

1. Penck A, Bruckner E. *Die Alpen im Eiszeitalter*. Leipzig: C. H. Tauchnitz; 1909. 1199 p.
2. Antevs E. *The last glaciation, with special reference to the ice retreat in Northeastern North America*. New York: American Geographical Society; 1928. 292 p. (American geographical society research series).
3. Koppen W, Wegener A. *Die Klimate der geologischen Vorzeit*. Berlin: Borntraeger; 1924. 226 p.
4. Миланкович М. *Математическая климатология и астрономическая теория колебаний климата*. Хргиан АХ, переводчик; Бастамов СЛ, редактор. Москва: Государственное объединенное научно-техническое издательство; 1939. 207 с.
5. Москвитин АИ. *Стратиграфия плейстоцена Центральной и Западной Европы*. Москва: Наука; 1970. 287 с.
6. Emiliani C. Pleistocene temperatures. *The Journal of Geology*. 1955;63(6):538–578. DOI: 10.1086/626295.

7. Emiliani C. Paleotemperature analysis of the Caribbean cores P6304-8 and P6304-9 and a generalized temperature curve for the past 425 000 years. *The Journal of Geology*. 1966;74(2):109–126. DOI: 10.1086/627150.
8. Краснов ИИ. Опыт прогноза геологического и физико-географического развития Земли по ритмостратиграфическим схемам и астрономическим расчетам. *Известия Академии наук СССР. Серия географическая*. 1973;2:9–20.
9. Краснов ИИ. Кривая солнечной радиации и изменения природных условий ландшафтной оболочки в антропогене. В: Краменко НН, Чепалыга АЛ, редакторы. *Космос и эволюция организмов. Материалы совещания «Космические факторы и эволюция органического мира»*. Москва: Палеонтологический институт РАН; 1974. с. 83–97.
10. Краснов ИИ, Никифорова КВ. Схема стратиграфии четвертичной (антропогеновой) системы, уточненная по материалам последних лет. В: Никифорова КВ, редактор. *Стратиграфия, палеогеография, литогенез антропогена Евразии*. Москва: [б. и.]; 1973. с. 157–188.
11. Вангенгейм ЭА, Ганешин СА, Заррина ЕП, Краснов ИИ, Никифорова КВ, Шанцер ЕВ, редакторы. *Стратиграфия СССР. Том 14, Четвертичная система. Полутом 2*. Москва: Недра; 1984. 556 с.
12. Шнитников АВ. Многовековой ритм развития ландшафтной оболочки. В: Зубаков ВА, редактор. *Хронология плейстоцена и климатическая стратиграфия*. Москва: [б. и.]; 1973. с. 7–38.
13. Шараф ШГ, Будникова НА. Вековые изменения элементов орбиты Земли и астрономическая теория колебания климата. *Труды Института теоретической астрономии АН СССР*. 1969;14:48–115.
14. Монин АС. *История Земли*. Ленинград: Наука; 1977. 228 с.
15. Shackleton NJ, Opdyke ND. Oxygen isotope and paleomagnetic stratigraphy of equatorial Pacific core V28-238: oxygen isotope temperature and ice volume on a 10^5 year and 10^6 year scale. *Quaternary Research*. 1973;3(1):39–55. DOI: 10.1016/0033-5894(73)90052-5.
16. Shackleton NJ, Opdyke ND. Oxygen isotope and paleomagnetic stratigraphy of Pacific core V28-238, late Pliocene to latest Pleistocene. In: Cline RM, Hays JD, editors. *Investigations of late Quaternary paleogeography and paleoclimatology*. Boulder: Geological Society of America; 1976. p. 449–464. (Memoir – Geological Society of America; issue 145).
17. Shackleton NJ, Opdyke ND. Oxygen isotope and paleomagnetic evidence for early Northern Hemisphere glaciation. *Nature*. 1977;270:216–219. DOI: 10.1038/270216a0.
18. van Donk J. ^{18}O record of the Atlantic Ocean for the entire Pleistocene epoch. In: Cline RM, Hays JD, editors. *Investigations of late Quaternary paleogeography and paleoclimatology*. Boulder: Geological Society of America; 1976. p. 147–164. (Memoir – Geological Society of America; issue 145).
19. Pisias NG, Moore TC Jr. The evolution of the Pleistocene climate: a time series approach. *Earth and Planetary Science Letters*. 1981;52(2):450–458. DOI: 10.1016/0012-821X(81)90197-7.
20. Pisias NG, Martinson DG, Moore TC Jr, Shackleton NJ, Prell W, Hays JD, et al. High resolution stratigraphic correlation of benthic oxygen isotopic records spanning the last 300 000 years. *Marine Geology*. 1984;56(1–2):119–136. DOI: 10.1016/0025-3227(84)90009-4.
21. Martinson DG, Pisias NG, Hays JD, Imbrie J, Moore TC Jr, Shackleton NJ. Age dating and the orbital theory of the ice ages: development of a high-resolution 0 to 300 000 year chronostratigraphy. *Quaternary Research*. 1987;27(1):1–29. DOI: 10.1016/0033-5894(87)90046-9.
22. Prell WL. Oxygen and carbon isotope stratigraphy for the Quaternary of hole 502B: evidence for two modes of isotopic variability. In: Prell WL, Gardner JV, editors. *Deep Sea Drilling Project initial reports. Volume 68*. Washington: U. S. Government Printing Office; 1982. p. 455–464. DOI: 10.2973/dsdp.proc.68.120.1982.
23. Никифорова КВ, Кинд НВ, Краснов ИИ. Хроностратиграфическая шкала четвертичной системы (антропогена). В: Богданов НА, редактор. *Доклады 27-го Международного геологического конгресса СССР; 4–14 августа 1984 г.; Москва, РСФСР. Секция 3. Том 3, Четвертичная геология и геоморфология*. Москва: Наука; 1984. с. 22–32.
24. Shackleton NJ. New data on the evolution of Pliocene climatic stability. In: Vrba ES, Denton GH, Partridge TC, Burckle LH, editors. *Paleoclimate and evolution with emphasis on human origins*. New Haven: Yale University Press; 1995. p. 242–248.
25. Shackleton NJ. The 100 000 year ice-age cycle identified and found to lag temperature, carbon dioxide, and orbital eccentricity. *Science*. 2000;289(5486):1897–1902. DOI: 10.1126/science.289.5486.1897.
26. Писаревский СА. *Исследование тонкой структуры палеомагнитного поля с целью разработки детальной магнито-стратиграфической шкалы* [диссертация]. Ленинград: Ленинградский государственный университет имени А. А. Жданова; 1982. 199 с.
27. Храмов АН, Гончаров ГИ, Комиссарова РА, Писаревский СА, Погарская ИА, Ржевский ЮС и др. *Палеомагнитология*. Храмов АН, редактор. Ленинград: Недра; 1982. 312 с.
28. Kukla GJ, Heller F, Liu Xiu Ming, Xu Tong Chun, Liu Tung Sheng, An Zhi Sheng. Pleistocene climates in China dated by magnetic susceptibility. *Geology*. 1988;16(9):811–814. DOI: 10.1130/0091-7613(1988)016<0811:PCICDB>2.3.CO;2.
29. Kukla GJ, An Zhi Sheng, Melice JL, Gavin J, Jule Xiao. Magnetic susceptibility record of Chinese Loess. *Earth and Environmental Science Transactions of the Royal Society of Edinburgh*. 1990;81(4):263–268. DOI: 10.1017/S0263593300020794.
30. An Zhi Sheng, Kukla GJ, Porter SC, Jule Xiao. Magnetic susceptibility evidence of monsoon variation on the Loess Plateau of central China during the last 130 000 years. *Quaternary Research*. 1991;36(1):29–36. DOI: 10.1016/0033-5894(91)90015-W.
31. Зубаков ВА, Кочегура ВВ. Магнитохронологическая шкала новейшего этапа (5 млн лет). *Геомагнитные исследования*. 1976;4:37–43.
32. Petit JR, Jouzel J, Raynaud D, Barkov NI, Barnola JM, Basile I, et al. Climate and atmospheric history of the past 420 000 years from the Vostok ice core, Antarctica. *Nature*. 1999;399:429–436. DOI: 10.1038/20859.
33. Moore TC Jr, Pisias NG, Dunn OA. Carbonate time series of the Quaternary and Late Miocene sediments in the Pacific Ocean: a spectral comparison. *Marine Geology*. 1982;46(3–4):217–233.
34. Bassinot FC, Labeyrie LD, Vincent E, Quidelleur X, Shackleton NJ, Lancelot V. The astronomical theory of climate and the age of the Brunhes – Matuyama magnetic reversal. *Earth and Planetary Science Letters*. 1994;126(1–3):91–108. DOI: 10.1016/0012-821X(94)90244-5.
35. Ощепкова АВ. *Физико-химическое моделирование минерального состава озерных осадков Байкальской рифтовой зоны* [диссертация]. Иркутск: Институт геохимии имени А. П. Виноградова Сибирского отделения РАН; 2018. 131 с.
36. Карабанов ЕБ, Кузьмин МИ, Вильямс ДФ, Хурсевич ГК, Безрукова ЕВ, Прокопенко АА и др. Глобальные похолодания Центральной Азии в позднем кайнозое согласно осадочной записи из озера Байкал. *Доклады Академии наук*. 2000;370(1):61–66. EDN: UCEJYE.

37. Карабанов ЕБ, Прокопенко АА, Кузьмин МИ, Вильямс ДФ, Гвоздков АН, Кербер ЕВ. Оледенения и межледниковья Сибири – палеоклиматическая запись озера Байкал и ее корреляция с западносибирской стратиграфией (эпоха прямой полярности Брюнес). *Геология и геофизика*. 2001;42(1–2):48–63. EDN: MQERLJ.
38. Безрукова ЕВ, Кулагина НВ, Летунова ПП, Шестакова ОН. Направленность изменений растительности и климата Байкальского региона за последние 5 миллионов лет (по данным палинологического исследования осадков озера Байкал). *Геология и геофизика*. 1999;40(5):739–749. EDN: MQERHN.
39. Безрукова ЕВ, Летунова ПП. Высокорастворимая запись палеоклиматов Восточной Сибири для раннего и среднего плейстоцена по материалам палинологического исследования байкальских осадков (глубоководная скважина BDP-96-1). *Геология и геофизика*. 2001;42(1–2):98–107. EDN: LJKLCS.
40. Безрукова ЕВ, Летунова ПП, Абзаева АА, Кулагина ЕВ, Белов АВ. Ответ растительности бассейна озера Байкал на изменения климата в позднем кайнозое. В: Афонин СА, Токарев ПИ, редакторы. *Палинология: теория и практика. Материалы XI Всероссийской палинологической конференции; 27 сентября – 1 октября 2005 г.; Москва, Россия*. Москва: Палеонтологический институт РАН; 2005. с. 27–28.
41. Безрукова ЕВ, Кузьмин МИ, Белов АВ. Природная среда квартера: отражение глобальных и региональных событий в палеоклиматических архивах Центральной Азии. В: Институт географии имени В. Б. Сочавы СО РАН. *Фундаментальные проблемы квартера, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований. Материалы IX Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода; 15–20 сентября 2015 г.; Иркутск, Россия*. Иркутск: Институт географии имени В. Б. Сочавы СО РАН; 2015. с. 47–49.
42. Rossignol-Streek M. Mediterranean Quaternary sapropels, an immediate response of the African monsoon to variation of insolation. *Paleogeographer, Paleoecologist, Paleoecologist*. 1985;49(3):237–263. DOI: 10.1016/0031-0182(85)90056-2.
43. Parisi E, Cita MB. Late Quaternary paleoceanographic changes recorded by deep-sea benthos in the western Mediterranean Ridge. *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*. 1982;5:102–114.
44. Салтыков ВФ. Стратиграфическая схема плейстоцена североприкаспийской провинции. *Бюллетень Комиссии по изучению четвертичного периода*. 2011;71:95–111.
45. Свиточ АА, Селиванов АО, Янина ТА. *Палеогеографические события плейстоцена Понто-Каспия и Средиземноморья (материалы по реконструкции и корреляции)*. Москва: Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова; 1998. 288 с.
46. Величко АА, Маркова АК, Морозова ТД, Ударцев ВП. Проблемы геохронологии и корреляции лессов и ископаемых почв Восточной Европы. *Известия Академии наук СССР. Серия географическая*. 1984;6:5–19.
47. Величко АА, Климанов ВА, Беляев АВ. Каспий и Волга 5,5 и 125 тысяч лет назад. *Природа*. 1987;3:60–66.
48. Velichko AA. Loess-paleosol formation on the Russian Plain. *Quaternary International*. 1990;7–8:103–114. DOI: 10.1016/1040-6182(90)90044-5.
49. Болиховская НС. Палинология лессов и погребенных почв Русской равнины. В: Агаджанян АК, Добродеев ОП, редакторы. *Проблемы общей физической географии и палеогеографии*. Москва: Издательство Московского университета; 1976. с. 257–277.
50. Болиховская НС. *Эволюция лессово-почвенной формации Северной Евразии*. Москва: Издательство Московского университета; 1995. 270 с.
51. Molodkov AN, Bolikhovskaya NS. Long-term palaeoenvironmental changes recorded in palynologically studied loess-paleosol and ESR-dated marine deposits of Northern Eurasia: implications for sea-land correlation. *Quaternary International*. 2006;152–153:48–58. DOI: 10.1016/j.quaint.2005.12.010.
52. Molodkov AN, Bolikhovskaya NS. Climate change dynamics in Northern Eurasia over the last 200 ka: evidence from the mollusk-based ESR-chronostratigraphy and vegetation succession of the loess-paleosol records. *Quaternary International*. 2009;201:67–76. DOI: 10.1016/j.quaint.2008.05.028.
53. Шелкопляс ВН, Морозов ВГ. *Применение термолюминесцентного метода для изучения антропогенных отложений*. Киев: Институт геологических наук; 1981. 42 с.
54. Зубаков ВА. *Глобальные климатические события плейстоцена*. Ленинград: Гидрометеиздат; 1986. 286 с.
55. Зубаков ВА. *Ледниково-межледниковые циклы плейстоцена Русской и Сибирской равнин в спорово-пыльцевых диаграммах*. Санкт-Петербург: Государственный гидрологический институт; 1992. 122 с.
56. Зубаков ВА. Современное состояние климатостратиграфии: о привязке климатом Европы к астрохронометрической шкале. *Бюллетень Комиссии по изучению четвертичного периода*. 2005;66:42–64. EDN: WFLNKX.
57. Zubakov VA, Borzenkova II. *Global palaeoclimate of the Late Cenozoic*. New York: Elsevier; 1990. 476 p.
58. Шелкопляс ВН, Гожик ПФ, Христофорова ТФ. *Антропогенные отложения Украины*. Макаренко ДЕ, редактор. Киев: Наукова думка; 1988. 152 с.
59. Гожик ПФ. Стратиграфические схемы верхнего протерозоя и фанерозоя Украины. В: Институт геологических наук НАН Украины. *Стратиграфия осадочных образований верхнего протерозоя и фанерозоя. Материалы Международной научной конференции; 23–26 сентября 2013 г.; Киев, Украина*. Киев: LAT & K; 2013. с. 46–47.
60. Еловичева ЯК. *Опорные разрезы плейстоцена Украины и их корреляция с территорией Беларуси*. Минск: БГУ; 2003. 109 с.
61. Еловичева ЯК. *Разрезы гляциоплейстоцена и голоцена Украины в палинологической базе данных Беларуси*. Минск: БГУ; 2013. 162 с.
62. Beartschi P. Absolute ¹⁸O content of standard mean ocean water. *Earth and Planetary Science Letters*. 1976;31(3):341–344. DOI: 10.1016/0012-821X(76)90115-1.
63. Budd WF, Morgan VI. Isotopes, climate and ice sheet dynamics from core studies on Law Dome, Antarctica. In: International Association of Hydrological Sciences. *International Symposium on isotopes and impurities in snow and ice; 1975 August – September; Grenoble, France*. Dorking: Adlard & Son; 1977. p. 312–321. (IAHS-AISH publication; volume 118).
64. Котляков ВМ, Гордиенко ФГ, Барков НИ, Короткевич ЕС. Изотопные исследования керн со станции «Восток» и их палеогляциологическая интерпретация. В: Авсюк ГА, редактор. *Антарктика. Выпуск 19*. Москва: Академия наук СССР; 1980. с. 45–53.
65. Котляков ВМ, Лориус К. Четыре климатических цикла по данным ледяного керн из глубокой скважины на станции «Восток» в Антарктиде. *Известия Российской академии наук. Серия географическая*. 2000;1:7–19.
66. Большаков ВА, Федин ВА. Орбитальные факторы воздействия на криосферу Земли (на примере анализа антарктических кернов). *Криосфера Земли*. 2015;19(2):87–97. EDN: TWMXNP.

67. Dansgaard W, Johnsen SJ, Clausen HB, Gundestrup N. *Stable isotope glaciology*. København: C. A. Reitzel; 1973. 53 p. (Meddelelser om Gronland; Band 197, Nummer 2).
68. Cuffey KM, Alley RB, Grootes PM, Bolzan JM, Anandakrishnan S. Calibration of the $\delta^{18}\text{O}$ isotopic paleothermometer for central Greenland, using borehole temperatures. *Journal of Glaciology*. 1994;40(135):341–349. DOI: 10.1017/s0022143000007425.
69. Stuiver M, Grootes PM, Braziunas TF. The GISP2 $\delta^{18}\text{O}$ climate record of the past 16 500 years and the role of the Sun, ocean and volcanoes. *Quaternary Research*. 1995;44(3):341–354. DOI: 10.1006/qres.1995.1079.
70. Stuiver M, Reimer PJ, Bard E, Beck JW, Burr GS, Hughen KA, et al. INTCAL98 radiocarbon age calibration, 24 000–0 cal BP. *Radiocarbon*. 1998;40(3):1041–1084. DOI: 10.1017/S0033822200019123.
71. Панин АВ. *Методы палеогеографических исследований: четвертичная геохронология*. Москва: Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова; 2014. 116 с. EDN: OZEJDX.
72. Болиховская НС, Молодьков АН. Корреляция лессово-почвенной формации и морских отложений Северной Евразии (по результатам палинологического и ЭПР анализов). В: Каплин ПА, Судакова НГ, редакторы. *Проблемы палеогеографии и стратиграфии плейстоцена*. Москва: Издательство Московского университета; 2000. с. 149–178.
73. Болиховская НС, Молодьков АН. Схема периодизации, корреляция и возраст климатических событий плейстоцена. В: Конторович АЭ, редактор. *Фундаментальные проблемы квартера: итоги изучения и основные направления дальнейших исследований. Материалы VI Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода; 19–23 октября 2009 г.; Новосибирск, Россия*. Новосибирск: Издательство Сибирского отделения РАН; 2009. с. 75–78.
74. Молодьков АН, Болиховская НС. Климато-хронологическая схема неоплейстоцена Северной Евразии (по данным палинологического, ЭПР и ИК-ОСЛ анализов отложений). В: Болиховская НС, редактор. *Проблемы палеогеографии и стратиграфии плейстоцена. Материалы Всероссийской научной конференции «Марковские чтения 2010 года»; 13 мая 2010 г.; Москва, Россия. Выпуск 3*. Москва: Географический факультет Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова; 2011. с. 44–76.
75. Молодьков АН. Опыт использования метода ЭПР-датирования раковин моллюсков четвертичных отложений. В: Алексеев МН, Никифорова КВ, редакторы. *Четвертичный период. Стратиграфия*. Москва: Наука; 1989. с. 204–213.
76. Molodkov AN. ESR dating evidence on early man's dwelling at a Lower Palaeolithic cave site in the Northern Caucasus. *Geologija*. 1996;19:67–75.
77. Molodkov AN, Bolikhovskaya NS. Climato-chronostratigraphic framework of Pleistocene terrestrial and marine deposits of Northern Eurasia, based on pollen, electron spin resonance, and infrared optically stimulated luminescence analyses. *Estonian Journal of Earth Sciences*. 2010;59:49–62. DOI: 10.3176/earth.2010.1.04.
78. Большаков ВА. Об интерпретации палеомагнитных данных по моренам. *Физика Земли*. 2011;9:48–56. EDN: NYHQAT.
79. Большаков ВА. Некоторые хроностратиграфические результаты сопоставления орбитально-климатической диаграммы с глобально осредненной изотопно-кислородной записью LR04 для интервала времени 0–1,5 млн лет назад. В: Журавков МА, редактор. *Проблемы региональной геологии и поисков полезных ископаемых. Материалы VII Университетских геологических чтений; 4–6 апреля 2013 г.; Минск, Беларусь*. Минск: БГУ; 2013. с. 71–72.
80. Большаков ВА. О количестве ледниковых циклов, выделяемых в лессовой формации в пределах хрона Брюнес. В: Институт географии имени В. Б. Сочавы СО РАН. *Фундаментальные проблемы квартера, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований. Материалы IX Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода; 15–20 сентября 2015 г.; Иркутск, Россия*. Иркутск: Институт географии имени В. Б. Сочавы СО РАН; 2015. с. 64–66.
81. Большаков ВА, Каревская ИА. О наличии 400-тысячелетнего эксцентриситетного цикла в изменениях природной среды плейстоцена. *Известия Российской академии наук. Серия географическая*. 2013;2:83–90. EDN: PZFPNV.
82. Lisiecki LE. Links between eccentricity forcing and the 100 000 year glacial cycle. *Nature Geoscience*. 2010;3:349–352. DOI: 10.1038/geo828.
83. Lisiecki LE, Raymo ME. A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic $\delta^{18}\text{O}$ records. *Paleoceanography*. 2005; 20(1):PA1003. DOI: 10.1029/2004PA001071.
84. Anderson ARA, Young IM, Sleeman BD, Griffiths BS, Robertson WM. Nematode movement along a chemical gradient in a structurally heterogeneous environment. 1. Experiment. *Fundamental and Applied Nematology*. 1997;20(2):157–163.
85. Anderson ARA, Sleeman BD, Young IM, Griffiths BS. Nematode movement along a chemical gradient in a structurally heterogeneous environment. 2. Theory. *Fundamental and Applied Nematology*. 1997;20(2):165–172.
86. Наурызбаев ММ, Ваганов ЕА, Сидорова ОВ. Изменчивость приземной температуры воздуха на севере Евразии по данным тысячелетних древесно-кольцевых хронологий. *Криосфера Земли*. 2003;7(2):84–91. EDN: MPQSOJ.
87. Махнач НА. *Этапы развития растительности Белоруссии в антропогене*. Левков ЭА, редактор. Минск: Наука и техника; 1971. 212 с.
88. Чеботарева НС. Новый разрез с днепровско-валдайскими межледниковыми отложениями на р. Каспля у с. Верхняя Боярщина. В: Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова. *Материалы по палеогеографии. Выпуск 1*. Москва: Издательство Московского университета; 1954. с. 69–81.
89. Shackleton NJ. The last interglacial in the marine and terrestrial records. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*. 1969;174(1034):135–154. DOI: 10.1098/rspb.1969.0085.
90. Litt T, Gibbard P. Definition of a global stratotype section and point (GSSR) for the base of the Upper (Late) Pleistocene subseries (Quaternary system/period). *Episodes*. 2008;31(2):260–263. DOI: 10.18814/epiugs/2008/v31i2/015.
91. Величко АА, редактор. *Палеоклиматы и палеоландшафты внетропического пространства Северного полушария. Поздний плейстоцен – голоцен*. Москва: ГЕОС; 2009. 120 с.
92. de Beaulieu JL, Yelovicheva YaK, Gruger E, Kalnina L, Liivrand E, Chomutova V, et al. Macrosuccessional plantseries of the Eemian in Europe. In: Gibbard PL, van Kolfschoten T, editors. *The Eemian: local sequences, global perspectives. Abstracts of International INQUA – SEQS symposium; 1998 September 6–11; Kerkrade, The Netherlands*. Kerkrade: INQUA – SEQS; 1998. p. 93.
93. Еловичева ЯК, де Белио ЖЛ, Грюгер Э, Калнина Л, Лийвранд Э, Хомутова В и др. Макросукцессии палеофитоценозов эемского межледниковья в Европе (по палинологическим данным). В: Болиховская НС, Ровнина ЛВ, редакторы. *Актуальные проблемы палинологии на рубеже третьего тысячелетия*. Москва: Институт геологии и разработки горючих ископаемых; 1999. с. 98–100.

94. Яловічава ЯК. Асабліваці паліналагічнай характарыстыкі муравінскіх (эемскіх) міжледавіковых адкладаў Падняпроўя. У: Каліцкі Т, рэдактар. *Палеагеаграфія верхняга плейстаэну і галаэну Усходняй Польшчы і Беларусі. Тэзісы Польска-беларускага семінара; 5–7 кастрычніка 1998 г.; Кракаў, Польшча*. Кракаў: [б. в.]; 1998. с. 57–58.
95. Yelovicheva YaK. Rozbiezności palynologicznej charakterystyki murawinskiх (eemskich) interglacialnych osadów Podnieprowia. W: Kalicki T, redaktor. *Paleogeografia gornego Plejstocenu i Holocenu Wschodniej Polski i Białorusi. Streszczenia referatów, posterów i przewodnik wycieczki; 5–7 października 1998 r.; Krakow, Polska*. Krakow: [s. n.]; 1998. s. 14.
96. Yelovicheva YaK. Rozbiezności palynologicznej charakterystyki murawinskiх (eemskich) interglacialnych osadów Podnieprowia. W: Polska Akademia Umiejetności. *Sprawozdania z czynności i posiedzeń Polskiej akademii umiejetności. Tom 62*. Krakow: Polska Akademia Umiejetności; 1998. s. 162–163.
97. Еловичева ЯК, де Белио ЖЛ, Грюгер Э, Калнина Л, Лийвранд Э, Хомутова В и др. *Макросукцессии палеофитоценозов эемского межледникового в Европе на основе палинологического анализа*. Минск: БГУ; 2006. 75 с.
98. Bowen DQ. *Quaternary geology: a stratigraphic framework for multidisciplinary work*. Oxford: Pergamon Press; 1978. 221 p.
99. Еловичева ЯК. *Эволюция природной среды антропогена Беларуси (по палинологическим данным)*. Минск: Белээн; 2001. 292 с.
100. Еловичева ЯК. *Палинология Беларуси (к 100-летию Белорусского государственного университета)*. Минск: БГУ; 2018. 831 с.
101. Балобаев ВТ, Шепелев ВВ. Терморезонансный эффект в колебаниях глобального климата. *Наука и техника в Якутии*. 2003;2:7–10. EDN: VRVQON.
102. Imbrie J, Berger A, Boyle EA, Clemens SC, Duffy A, Howard WR, et al. On the structure and origin of major glaciation cycles. 2. The 100 000 year cycle. *Paleoceanography*. 1993;8(6):699–735. DOI: 10.1029/93PA02751.
103. Болиховская НС, Молодьков АН. К корреляции континентальных и морских четвертичных отложений Северной Евразии по палинологическим данным и результатам ЭПР-датирования. В: Болиховская НС, Ровнина ЛВ, редакторы. *Актуальные проблемы палинологии на рубеже третьего тысячелетия*. Москва: Институт геологии и разработки горючих ископаемых; 1999. с. 25–53.
104. Болиховская НС, Молодьков АН. Вторая половина МИС-5 (100–70 тысяч лет назад): ледниковье или межледниковье. В: Болиховская НС, Клювиткина ТС, Янина ТА, редакторы. *Актуальные проблемы палеогеографии плейстоцена и голоцена. Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием «Марковские чтения 2020 года», посвященной 115-летию со дня рождения академика К. К. Маркова; 5–9 ноября 2020 г.; Москва, Россия*. Москва: Географический факультет Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова; 2020. с. 63–70.
105. Максимов ФЕ, Кузнецов ВЮ, Савельева ЛА, Григорьев ВА, Петров АЮ, Фоменко АП и др. К вопросу о временных границах микулинского межледниковья и его отдельных фаз. В: Панин АВ, Борисова ОК, Константинов ЕИ, Тимирева СН, Кононов ЮМ, редакторы. *Пути эволюционной географии. Материалы II Всероссийской научной конференции, посвященной памяти профессора А. А. Величко; 22–25 ноября 2021 г.; Москва, Россия. Том 2, выпуск 2*. Москва: Институт географии РАН; 2021. с. 812–816.
106. Савельева ЛА, Фоменко АП, Максимов ФЕ, Петров АЮ, Григорьев ВА, Попова СС и др. Новые данные о геохронологии микулинского межледниковья на основе изучения разрезов северо-запада Русской равнины. *Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-Запада России*. 2021;8:355–358. DOI: 10.24412/2687-1092-2021-8-355-358.
107. Санько АФ, Литвинюк ГИ, Савченко ИЕ. Неоплейстоценовые отложения Суражско-Велижской низины и ее геохронология. In: National Academy of Sciences of Belarus. *Quaternary deposits and neotectonics in the area of Pleistocene glaciations. Proceedings of the symposium; 1997 May 12–13; Minsk, Belarus*. Minsk: [s. n.]; 1997. p. 62–63.
108. Цапенко ММ, Махнач НА. *Антропогеновые отложения Белоруссии*. Минск: Издательство Академии наук БССР; 1959. 223 с.
109. Еловичева ЯК, Писарчук НМ. Макросукцессии растительности муравинского (микулинского) межледниковья в пределах запада Восточно-Европейской равнины. В: Еловичева ЯК, редактор. *Региональная физическая география в новом столетии. Выпуск 10*. Минск: Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка; 2017. с. 15–51.
110. Санько АФ, Фрехен М, Арсланов ХА, Величквич ФЮ, Еловичева ЯК, Кузнецов ВЮ и др. Абсолютное датирование отложений верхнего плейстоцена Беларуси. В: Матвеев АВ, Санько АФ, редакторы. *Плейстоцен Беларуси и сопредельных территорий. Материалы Международной научной конференции, посвященной 75-летию со дня рождения Л. Н. Вознячука; 29 октября 2004 г.; Минск, Беларусь*. Минск: Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка; 2004. с. 59.
111. San'ko AF, Arslanov KhA, Yelovicheva YaK, Velichkevich FYu, Kuznetsov VYu, Maksimov FE, et al. The first U/Th dating of the Muravian interglacial deposits in Belarus. In: Sikorski J, editor. *Abstracts of the 8th International conference «Methods of absolute chronology»; 2004 May 17–19; Ustron, Poland*. Gliwice: [s. n.]; 2004. p. 132–133.
112. Maksimov FE, Arslanov KhA, Kuznetsov VYu, Chernov SB. ²³⁰Th/U and ¹⁴C dating of Upper and Middle Pleistocene interglacial and interstadial organic deposits from the East European Plain and Siberia. In: INTAS. *INTAS Final Workshop. Pleistocene Environments in Eurasia – Chronology, Paleoclimate and Teleconnection; 2006 November 2–3; Hannover, Germany*. Hannover: Geozentrum; 2006. p. 45–49.
113. Еловичева ЯК, Санько АФ. Новые данные по стратотипу муравинского межледниковья Беларуси. В: Аношко ЯИ, редактор. *Проблемы водных ресурсов, геотермии и геоэкологии. Материалы Международной научной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения академика Г. В. Богомолова; 1–3 июня 2005 г.; Минск, Беларусь. Том 2*. Минск: Институт геохимии и геофизики НАН Беларуси; 2005. с. 240–242.
114. Максимов ФЕ, Кузнецов ВЮ. Новая версия ²³⁰Th/U-датирования верхне- и среднеплейстоценовых погребенных органогенных отложений. *Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 7, Геология. География*. 2010;4:94–107. EDN: NCFGWB.
115. Кузнецов ВЮ, Максимов ФЕ. *Методы четвертичной геохронометрии в палеогеографии и морской геологии*. Санкт-Петербург: Наука; 2012. 191 с.
116. Rusakov AV, Nikonov AA, Savelieva LA, Simakova AN, Sedov SN, Maksimov FE, et al. Landscape evolution in the periglacial zone of Eastern Europe since MIS-5: proxies from paleosols and sediments of the Cheremoshnik key site (Upper Volga, Russia). *Quaternary International*. 2015;365(3):26–41. DOI: 10.1016/j.quaint.2014.09.029.

117. Гричук ВП. *История флоры и растительности Русской равнины в плейстоцене*. Заклинская ЕД, редактор. Москва: Наука; 1989. 183 с.
118. Максимов ФЕ, Савельева ЛА, Левченко СБ, Григорьев ВА, Петров АЮ, Фоменко АП и др. К вопросу о хронологии микулинского межледникового на северо-западе Русской равнины. *Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-Запада России*. 2020;7:322–326. DOI: 10.24411/2687-1092-2020-10752.
119. Максимов ФЕ, Савельева ЛА, Попова СС, Зюганова ИС, Григорьев ВА, Левченко СБ и др. Хроностратиграфическое положение микулинских отложений (на примере опорного разреза у д. Нижняя Боярщина, Смоленская область). *Известия Российской академии наук. Серия географическая*. 2022;86(3):447–469. DOI: 10.31857/S2587556622030116.
120. Писарчук НМ, Еловичева ЯК. Новые данные о разрезе микулинского межледникового «Нижняя Боярщина». В: Халиков АР, редактор. *Fundamental science and technology. Материалы X Международной научно-практической конференции; 20 декабря 2022 г.; Уфа, Россия*. Уфа: Вестник науки; 2022. с. 153–160. EDN: CIBECN.
121. Гитерман РЕ, Куприна НП, Шанцер ЕВ. О микулинском возрасте межледниковых слоев у д. Килешино (Верхняя Волга). *Бюллетень Комиссии по изучению четвертичного периода*. 1975;44:84–88.
122. Lasberg K, Kalm V, Kihno K. Ice-free interval corresponding to marine isotope stages 4 and 3 at the last glacial maximum position at Kileshino, Valdaj Upland, Russia. *Estonian Journal of Earth Sciences*. 2014;63(2):88–96. DOI: 10.3176/earth.2014.08.
123. Сычева СА. Эволюция представлений о возрасте, продолжительности и стадийности развития почвы микулинского межледникового. *Бюллетень Комиссии по изучению четвертичного периода*. 2018;76:99–109.
124. Гричук ВП. Ископаемые флоры как палеонтологическая основа стратиграфии четвертичных отложений. В: Марков КК, редактор. *Рельеф и стратиграфия четвертичных отложений северо-запада Русской равнины*. Москва: Издательство Академии наук СССР; 1961. с. 25–71.
125. Фоменко АП, Савельева ЛА, Максимов ФЕ, Петров АЮ, Григорьев ВА, Попова СС и др. Термический максимум микулинского межледникового по результатам палинологического изучения отложений разреза на р. Большая Дубенка (Тверская область). В: Панин АВ, Борисова ОК, Константинов ЕИ, Тимирева СН, Кононов ЮМ, редакторы. *Пути эволюционной географии. Материалы II Всероссийской научной конференции, посвященной памяти профессора А. А. Величко; 22–25 ноября 2021 г.; Москва, Россия. Том 2, выпуск 2*. Москва: Институт географии РАН; 2021. с. 852–855.
126. Фоменко АП, Савельева ЛА, Максимов ФЕ, Петров АЮ, Григорьев ВА, Попова СС и др. Особенности растительного покрова и уранториевый возраст микулинского межледникового на Русской равнине. *Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-Запада России*. 2022;9:355–357. DOI: 10.24412/2687-1092-2022-9-355-357.

References

1. Penck A, Bruckner E. *Die Alpen im Eiszeitalter*. Leipzig: C. H. Tauchnitz; 1909. 1199 p.
2. Antevs E. *The last glaciation, with special reference to the ice retreat in Northeastern North America*. New York: American Geographical Society; 1928. 292 p. (American geographical society research series).
3. Koppen W, Wegener A. *Die Klimate der geologischen Vorzeit*. Berlin: Borntraeger; 1924. 226 p.
4. Milankovich M. *Matematicheskaya klimatologiya i astronomicheskaya teoriya kolebanii klimata* [Mathematical climatology and astronomical theory of climate fluctuations]. Khrgian AKh, translator; Bastamov SL, editor. Moscow: Gosudarstvennoe ob'edinennoe nauchno-tekhnicheskoe izdatel'stvo; 1939. 207 p. Russian.
5. Moskvitin AI. *Stratigrafiya pleistotsena Tsentral'noi i Zapadnoi Evropy* [Pleistocene stratigraphy of Central and Western Europe]. Moscow: Nauka; 1970. 287 p. Russian.
6. Emiliani C. Pleistocene temperatures. *The Journal of Geology*. 1955;63(6):538–578. DOI: 10.1086/626295.
7. Emiliani C. Paleotemperature analysis of the Caribbean cores P6304-8 and P6304-9 and a generalized temperature curve for the past 425 000 years. *The Journal of Geology*. 1966;74(2):109–126. DOI: 10.1086/627150.
8. Krasnov II. [Experience in forecasting the geological and physical-geographical development of the Earth using rhythmostratigraphic schemes and astronomical calculations]. *Izvestiya Akademii nauk SSSR. Seriya geograficheskaya*. 1973;2:9–20. Russian.
9. Krasnov II. [Curve of solar radiation and changes in natural conditions of the landscape envelope in the anthropogene]. In: Kramenko NN, Chepalyga AL, editors. *Kosmos i evolyutsiya organizmov. Materialy soveshchaniya «Kosmicheskie faktory i evolyutsiya organicheskogo mira»* [Space and the evolution of organisms. Proceedings of the meeting «Cosmic factors and the evolution of the organic world»]. Moscow: Paleontological Institute of Russian Academy of Sciences; 1974. p. 83–97. Russian.
10. Krasnov II, Nikiforova KV. [Scheme of the stratigraphy of the Quaternary (anthropogenic) system, updated based on materials from recent years]. In: Nikiforova KV, editor. *Stratigrafiya, paleogeografiya, litogenez antropogena Evrazii* [Stratigraphy, paleogeography, lithogenesis of the Anthropocene of Eurasia]. Moscow: [s. n.]; 1973. p. 157–188. Russian.
11. Vangengeim EA, Ganeshin SA, Zarrina EP, Krasnov II, Nikiforova KV, Shantser EV, editors. *Stratigrafiya SSSR. Tom 14, Chetvertichnaya sistema. Polutom 2* [Stratigraphy of the USSR. Volume 14, Quaternary system. Half volume 2]. Moscow: Nedra; 1984. 556 p. Russian.
12. Shnitnikov AV. [The centuries-old rhythm of development of the landscape shell]. In: Zubakov VA, editor. *Khronologiya pleistotsena i klimaticheskaya stratigrafiya* [Pleistocene chronology and climate stratigraphy]. Moscow: [s. n.]; 1973. p. 7–38. Russian.
13. Sharaf ShG, Budnikova NA. [Secular changes in the elements of the Earth's orbit and the astronomical theory of climate fluctuations]. *Trudy Instituta teoreticheskoi astronomii AN SSSR*. 1969;14:48–115. Russian.
14. Monin AS. *Istoriya Zemli* [History of the Earth]. Leningrad: Nauka; 1977. 228 p. Russian.
15. Schakleton NJ, Opdyke ND. Oxygen isotope and paleomagnetic stratigraphy of equatorial Pacific core V28-238: oxygen isotope temperature and ice volume on a 10^5 year and 10^6 year scale. *Quaternary Research*. 1973;3(1):39–55. DOI: 10.1016/0033-5894(73)90052-5.
16. Schakleton NJ, Opdyke ND. Oxygen isotope and paleomagnetic stratigraphy of Pacific core V28-238, late Pliocene to latest Pleistocene. In: Cline RM, Hays JD, editors. *Investigations of late Quaternary paleogeography and paleoclimatology*. Boulder: Geological Society of America; 1976. p. 449–464 (Memoir – Geological Society of America; issue 145).
17. Schakleton NJ, Opdyke ND. Oxygen isotope and paleomagnetic evidence for early Northern Hemisphere glaciation. *Nature*. 1977;270:216–219. DOI: 10.1038/270216a0.

18. van Donk J. ^{18}O record of the Atlantic Ocean for the entire Pleistocene epoch. In: Cline RM, Hays JD, editors. *Investigations of late Quaternary paleogeography and paleoclimatology*. Boulder: Geological Society of America; 1976. p. 147–164 (Memoir – Geological Society of America; issue 145).
19. Pisias NG, Moore TC Jr. The evolution of the Pleistocene climate: a time series approach. *Earth and Planetary Science Letters*. 1981;52(2):450–458. DOI: 10.1016/0012-821X(81)90197-7.
20. Pisias NG, Martinson DG, Moore TC Jr, Shackleton NJ, Prell W, Hays JD, et al. High resolution stratigraphic correlation of benthic oxygen isotopic records spanning the last 300 000 years. *Marine Geology*. 1984;56(1–2):119–136. DOI: 10.1016/0025-3227(84)90009-4.
21. Martinson DG, Pisias NG, Hays JD, Imbrie J, Moore TC Jr, Shackleton NJ. Age dating and the orbital theory of the ice ages: development of a high-resolution 0 to 300 000 year chronostratigraphy. *Quaternary Research*. 1987;27(1):1–29. DOI: 10.1016/0033-5894(87)90046-9.
22. Prell WL. Oxygen and carbon isotope stratigraphy for the Quaternary of hole 502B: evidence for two modes of isotopic variability. In: Prell WL, Gardner JV, editors. *Deep Sea Drilling Project initial reports. Volume 68*. Washington: U. S. Government Printing Office; 1982. p. 455–464. DOI: 10.2973/dsdp.proc.68.120.1982.
23. Nikiforova KV, Kind NV, Krasnov II. [Chronostratigraphic scale of the Quaternary system (Anthropocene)]. In: Bogdanov NA, editor. *Doklady 27-go Mezhdunarodnogo geologicheskogo kongressa SSSR; 4–14 avgusta 1984 g.; Moskva, RSFSR. Sektsiya 3. Tom 3, Chetvertichnaya geologiya i geomorfologiya* [Reports of the 27th International geological congress of the USSR; 1984 August 4–14; Moscow, RSFSR. Section 3. Volume 3, Quaternary geology and geomorphology]. Moscow: Nauka; 1984. p. 22–32. Russian.
24. Shackleton NJ. New data on the evolution of Pliocene climatic stability. In: Vrba ES, Denton GH, Partridge TC, Burckle LH, editors. *Paleoclimate and evolution with emphasis on human origins*. New Haven: Yale University Press; 1995. p. 242–248.
25. Shackleton NJ. The 100 000 year ice-age cycle identified and found to lag temperature, carbon dioxide, and orbital eccentricity. *Science*. 2000;289(5486):1897–1902. DOI: 10.1126/science.289.5486.1897.
26. Pisarevskii SA. *Issledovanie tonkoi struktury paleomagnetnogo polya s tsel'yu razrabotki detal'noi magnitostatigraficheskoi shkaly* [Study of the fine structure of the paleomagnetic field with the aim of developing a detailed magnetostratigraphic scale] [dissertation]. Leningrad: Leningradskii gosudarstvennyi universitet imeni A. A. Zhdanova; 1982. 199 p. Russian.
27. Khramov AN, Goncharov GI, Komissarova RA, Pisarevskii SA, Pogarskaya IA, Rzhnevskii YuS, et al. *Paleomagnetologiya* [Paleomagnetology]. Khramov AN, editor. Leningrad: Nedra; 1982. 312 p. Russian.
28. Kukla GJ, Heller F, Liu Xiu Ming, Xu Tong Chun, Liu Tung Sheng, An Zhi Sheng. Pleistocene climates in China dated by magnetic susceptibility. *Geology*. 1988;16(9):811–814. DOI: 10.1130/0091-7613(1988)016<0811:PCICDB>2.3.CO;2.
29. Kukla GJ, An Zhi Sheng, Melice JL, Gavin J, Jule Xiao. Magnetic susceptibility record of Chinese Loess. *Earth and Environmental Science Transactions of the Royal Society of Edinburgh*. 1990;81(4):263–268. DOI: 10.1017/S0263593300020794.
30. An Zhi Sheng, Kukla GJ, Porter SC, Jule Xiao. Magnetic susceptibility evidence of monsoon variation on the Loess Plateau of central China during the last 130 000 years. *Quaternary Research*. 1991;36(1):29–36. DOI: 10.1016/0033-5894(91)90015-W.
31. Zubakov VA, Kochegura VV. [Magnetostratigraphic scale of the newest stage (5 mln years)]. *Geomagnitnye issledovaniya*. 1976;4:37–43. Russian.
32. Petit JR, Jouzel J, Raynaud D, Barkov NI, Barnola JM, Basile I, et al. Climate and atmospheric history of the past 420 000 years from the Vostok ice core, Antarctica. *Nature*. 1999;399:429–436. DOI: 10.1038/20859.
33. Moore TC Jr, Pisias NG, Dunn OA. Carbonate time series of the Quaternary and Late Miocene sediments in the Pacific Ocean: a spectral comparison. *Marine Geology*. 1982;46(3–4):217–233.
34. Bassinot FC, Labeyrie LD, Vincent E, Quidelleur X, Shackleton NJ, Lancelot V. The astronomical theory of climate and the age of the Brunhes – Matuyama magnetic reversal. *Earth and Planetary Science Letters*. 1994;126(1–3):91–108. DOI: 10.1016/0012-821X(94)90244-5.
35. Oshchepkova AV. *Fiziko-khimicheskoe modelirovanie mineral'nogo sostava ozernykh osadkov Baikalskoi riftovoi zony* [Physicochemical modelling of the mineral composition of lake sediments of the Baikal rift zone] [dissertation]. Irkutsk: A. P. Vinogradov Institute of Geochemistry SB RAS; 2018. 131 p. Russian.
36. Karabanov EB, Kuz'min MI, Williams DF, Khursevich GK, Bezrukova EV, Prokopenko AA, et al. Global cooling of Central Asia during the Late Cenozoic as recorded in the sedimentary succession from the Lake Baikal. *Doklady Akademii nauk*. 2000; 370(1):61–66. Russian. EDN: UCEJYE.
37. Karabanov EB, Prokopenko AA, Kuz'min MI, Williams DF, Gvozdkov AN, Kerber EV. Glacial and interglacial periods of Siberia: paleoclimate record of Lake Baikal and correlation with west Siberian stratigraphic scheme (the Brunhes chron). *Geologiya i geofizika*. 2001;42(1–2):48–63. Russian. EDN: MQERLJ.
38. Bezrukova EV, Kulagina NV, Letunova PP, Shestakova ON. Climatic and vegetation changes in the Baikal Region for the last 5 MA (according to palynological data on the Baikal sediments). *Geologiya i geofizika*. 1999;40(5):739–749. Russian. EDN: MQERHN.
39. Bezrukova EV, Letunova PP. A high-resolution record of east Siberian paleoclimates in the Early and Middle Pleistocene by palynological studies of Baikal sediments from the deep borehole BDP-96-1. *Geologiya i geofizika*. 2001;42(1–2):98–107. Russian. EDN: LJJKLC.
40. Bezrukova EV, Letunova PP, Abzaeva AA, Kulagina EV, Belov AV. [Response of vegetation in the Lake Baikal basin to climate change in the Late Cenozoic]. In: Afonin SA, Tokarev PI, editors. *Palynology: theory & applications. Proceedings of the 11th All-Russian palynological conference; 2005 September 27 – October 1; Moscow, Russia*. Moscow: Paleontological Institute of Russian Academy of Sciences; 2005. p. 27–28. Russian.
41. Bezrukova EV, Kuz'min MI, Belov AV. [Natural environment of the Quaternary: reflection of global and regional events in the paleoclimatic archives of Central Asia]. In: V. B. Sochava Institute of Geography SB RAS. *Fundamental problems of Quaternary, results of the study and the main trends of further research. Proceedings of the 9th All-Russian conference on Quaternary research; 2015 September 15–20; Irkutsk, Russia*. Irkutsk: V. B. Sochava Institute of Geography SB RAS; 2015. p. 47–49. Russian.
42. Rossignol-Streek M. Mediterranean Quaternary sapropels, an immediate response of the African monsoon to variation of insolation. *Paleogeographer, Paleoclimatologist, Paleoecologist*. 1985;49(3):237–263. DOI: 10.1016/0031-0182(85)90056-2.
43. Parisi E, Cita MB. Late Quaternary paleoceanographic changes recorded by deep-sea benthos in the western Mediterranean Ridge. *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*. 1982;5:102–114.

44. Saltykov VF. Pleistocene stratigraphy for the North Caspian Area. *Bulletin of Comission for Study of the Quaternary*. 2011; 71:95–111. Russian.
45. Svitoch AA, Selivanov AO, Yanina TA. *Pleistocene palaeogeographic events in the Ponto-Caspian and Mediterranean basins*. Moscow: Lomonosov Moscow State University; 1998. 288 p. Russian.
46. Velichko AA, Markova AK, Morozova TD, Udartsev VP. [Problems of geochronology and correlation of loess and fossil soils of Eastern Europe]. *Izvestiya Akademii nauk SSSR. Seriya geograficheskaya*. 1984;6:5–19. Russian.
47. Velichko AA, Klimanov VA, Belyaev AV. [Caspian Sea and Volga River 5.5 and 125 thousands years before present]. *Priroda*. 1987;3:60–66. Russian.
48. Velichko AA. Loess-paleosol formation on the Russian Plain. *Quaternary International*. 1990;7–8:103–114. DOI: 10.1016/1040-6182(90)90044-5.
49. Bolikhovskaya NS. [Palynology of loess and buried soils of the Russian Plain]. In: Agadzhanian AK, Dobrodeev OP, editors. *Problemy obshchei fizicheskoi geografii i paleogeografii* [Problems of general physical geography and paleogeography]. Moscow: Izdatel'stvo Moskovskogo universiteta; 1976. p. 257–277. Russian.
50. Bolikhovskaya NS. *Evolutsiya lessovo-pochvennoi formatsii Severnoi Evrazii* [Evolution of the loess-soil formation of Northern Eurasia]. Moscow: Izdatel'stvo Moskovskogo universiteta; 1995. 270 p. Russian.
51. Molodkov AN, Bolikhovskaya NS. Long-term palaeoenvironmental changes recorded in palynologically studied loess-paleosol and ESR-dated marine deposits of Northern Eurasia: implications for sea-land correlation. *Quaternary International*. 2006;152–153: 48–58. DOI: 10.1016/j.quaint.2005.12.010.
52. Molodkov AN, Bolikhovskaya NS. Climate change dynamics in Northern Eurasia over the last 200 ka: evidence from the mollusk-based ESR-chronostratigraphy and vegetation succession of the loess-paleosol records. *Quaternary International*. 2009;201:67–76. DOI: 10.1016/j.quaint.2008.05.028.
53. Shelkopyas VN, Morozov VG. *Primenenie termoluminescentnogo metoda dlya izucheniya antropogenovykh otlozhenii* [Application of thermoluminescent method for studying anthropogenic sediments]. Kyiv: Institut geologicheskikh nauk; 1981. 42 p. Russian.
54. Zubakov VA. *Global'nye klimaticheskie sobytiya pleistotsena* [Global climatic events of the Pleistocene]. Leningrad: Gidrometeoizdat; 1986. 286 p. Russian.
55. Zubakov VA. *Lednikovo-mezhlednikovye tsikly pleistotsena Russkoi i Sibirskoi ravnin v sporovo-pyl'tsevykh diagrammakh* [Glacial-interglacial cycles of the Pleistocene of the Russian and Siberian plains in spore-pollen diagrams]. Saint Petersburg: Gosudarstvennyi gidrologicheskii institut; 1992. 122 p. Russian.
56. Zubakov VA. The recent state of climatostratigraphy: about correlation of the European climates to the astrochronological scale. *Bulletin of Comission for Study of the Quaternary*. 2005;66:42–64. Russian. EDN: WFLNKX.
57. Zubakov VA, Borzenkova II. *Global palaeoclimate of the Late Cenozoic*. New York: Elsevier; 1990. 476 p.
58. Shelkopyas VN, Gozhik PF, Khristoforova TF. *Antropogenovye otlozheniya Ukrainy* [Anthropogenic sediments of Ukraine]. Makarenko DE, editor. Kyiv: Naukova dumka; 1988. 152 p. Russian.
59. Gozhik PF. [Stratigraphic schemes of the Upper Proterozoic and Phanerozoic of Ukraine]. In: Institute of Geological Science of Ukraine National Science Academy. *Stratigrafiya osadochnykh obrazovaniy verkhnego proterozoya i fanerozoya. Materialy Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii; 23–26 sentyabrya 2013 g.; Kiev, Ukraina* [Stratigraphy of sedimentary formations of the Upper Proterozoic and Phanerozoic. Proceedings of the International scientific conference; 2013 September 23–26; Kyiv, Ukraine]. Kyiv: LAT & K; 2013. p. 46–47. Russian.
60. Yelovicheva YaK. *Opornye razrezy pleistotsena Ukrainy i ikh korrelyatsiya s territoriei Belarusi* [Reference sections of the Pleistocene of Ukraine and their correlation with the territory of Belarus]. Minsk: Belarusian State University; 2003. 109 p. Russian.
61. Yelovicheva YaK. *Razrezy glytsiopleistotsena i golotsena Ukrainy v palinologicheskoi baze dannykh Belarusi* [Sections of the Glaciopleistocene and Holocene of Ukraine in the palynological database of Belarus]. Minsk: Belarusian State University; 2013. 162 p. Russian.
62. Beartschi P. Absolute ^{18}O content of standard mean ocean water. *Earth and Planetary Science Letters*. 1976;31(3):341–344. DOI: 10.1016/0012-821X(76)90115-1.
63. Budd WF, Morgan VI. Isotopes, climate and ice sheet dynamics from core studies on Law Dome, Antarctica. In: International Association of Hydrological Sciences. *International Symposium on isotopes and impurities in snow and ice; 1975 August – September; Grenoble, France*. Dorking: Adlard & Son; 1977. p. 312–321 (IAHS-AISH publication; volume 118).
64. Kotlyakov VM, Gordienko FG, Barkov NI, Korotkevich ES. [Isotope studies of core from Vostok station and their paleoglaciological interpretation]. In: Avsyuk GA, editor. *Antarktika. Vypusk 19* [Antarktika. Issue 19]. Moscow: Akademiya nauk SSSR; 1980. p. 45–53. Russian.
65. Kotlyakov VM, Lorius K. [Four climatic cycles according to ice core data from a deep well at Vostok station in Antarctica]. *Izvestiya Rossiiskoi akademii nauk. Seriya geograficheskaya*. 2000;1:7–19. Russian.
66. Bol'shakov VA, Fedin VA. Orbital factors of impact on Earth's cryosphere (on the example of analysis of the Antarctic cores). *Kriosfera Zemli*. 2015;19(2):87–97. Russian. EDN: TWMXNP.
67. Dansgaard W, Johnsen SJ, Clausen HB, Gundestrup N. *Stable isotope glaciology*. Kobenhavn: C. A. Reitzel; 1973. 53 p. (Meddelelser om Grønland; Band 197, Nummer 2).
68. Cuffey KM, Alley RB, Grootes PM, Bolzan JM, Anandakrishnan S. Calibration of the $\delta^{18}\text{O}$ isotopic paleothermometer for central Greenland, using borehole temperatures. *Journal of Glaciology*. 1994;40(135):341–349. DOI: 10.1017/s0022143000007425.
69. Stuiver M, Grootes PM, Braziunas TF. The GISP2 $\delta^{18}\text{O}$ climate record of the past 16 500 years and the role of the Sun, ocean and volcanoes. *Quaternary Research*. 1995;44(3):341–354. DOI: 10.1006/qres.1995.1079.
70. Stuiver M, Reimer PJ, Bard E, Beck JW, Burr GS, Hughen KA, et al. INTCAL98 radiocarbon age calibration, 24 000–0 cal BP. *Radiocarbon*. 1998;40(3):1041–1084. DOI: 10.1017/S0033822200019123.
71. Panin AV. *Metody paleogeograficheskikh issledovaniy: chetvertichnaya geokhronologiya* [Methods of paleogeographic research: Quaternary geochronology]. Moscow: Lomonosov Moscow State University; 2014. 116 p. Russian. EDN: OZEJDX.
72. Bolikhovskaya NS, Molod'kov AN. [Correlation of loess-soil formation and marine sediments of Northern Eurasia (based on the results of palynological and EPR analyses)]. In: Kaplin PA, Sudakova NG, editors. *Problemy paleogeografii i stratigrafii pleistotsena* [Problems of paleogeography and stratigraphy of the Pleistocene]. Moscow: Izdatel'stvo Moskovskogo universiteta; 2000. p. 149–178. Russian.

73. Bolikhovskaya NS, Molodkov AN. [Periodisation scheme, correlation and age of Pleistocene climatic events]. In: Kontorovich AE, editor. *Fundamental'nye problemy kvartera: itogi izucheniya i osnovnye napravleniya dal'neishikh issledovaniy. Materialy VI Vserossiiskogo soveshchaniya po izucheniyu chetvertichnogo perioda: 19–23 oktyabrya 2009 g.*; Novosibirsk, Rossiya. *Vypusk 3* [Fundamental problems of the quarter: results of the study and main directions for further research. Proceedings of the 6th All-Russian meeting on the study of the Quaternary period; 2009 October 19–23; Novosibirsk, Russia]. Novosibirsk: Izdatel'stvo Sibirskogo otdeleniya RAN; 2009. p. 75–78. Russian.
74. Molodkov AN, Bolikhovskaya NS. [Climatic-chronological scheme of the Neopleistocene of Northern Eurasia (according to palynological, EPR and IR-OSL analyses of sediments)]. In: Bolikhovskaya NS, editor. *Problemy paleogeografii i stratigrafii pleistotsena. Materialy Vserossiiskoi nauchnoi konferentsii «Markovskie chteniya 2010 goda»*; 13 maya 2010 g.; Moskva, Rossiya. *Vypusk 3* [Problems of paleogeography and stratigraphy of the Pleistocene. Proceedings of the All-Russian scientific conference «Markov Readings 2010»; 2010 May 13; Moscow, Russia. Issue 3]. Moscow: Geographical faculty of Lomonosov Moscow State University; 2011. p. 44–76. Russian.
75. Molodkov AN. [Experience of using the EPR dating method of mollusk shells from Quaternary deposits]. In: Alekseev MN, Nikiforova KV, editors. *Chetvertichnyi period. Stratigrafiya* [Quaternary period. Stratigraphy]. Moscow: Nauka; 1989. p. 204–213. Russian.
76. Molodkov AN. ESR dating evidence on early man's dwelling at a Lower Palaeolithic cave site in the Northern Caucasus. *Geologiya*. 1996;19:67–75.
77. Molodkov AN, Bolikhovskaya NS. Climato-chronostratigraphic framework of Pleistocene terrestrial and marine deposits of Northern Eurasia, based on pollen, electron spin resonance, and infrared optically stimulated luminescence analyses. *Estonian Journal of Earth Sciences*. 2010;59:49–62. DOI: 10.3176/earth.2010.1.04.
78. Bol'shakov VA. On the interpretation of paleomagnetic data on moraines. *Fizika Zemli*. 2011;9:48–56. Russian. EDN: NYHQAT.
79. Bol'shakov VA. [Some chronostratigraphic results of comparison of the orbital-climatic diagram with the globally averaged oxygen isotope record LR04 for the time interval 0–1.5 mln years ago]. In: Zhuravkov MA, editor. *Problemy regional'noi geologii i poiskov poleznykh iskopaemykh. Materialy VII Universitetskikh geologicheskikh chtenii*; 4–6 aprelya 2013 g.; Minsk, Belarus' [Problems of regional geology and mineral exploration. Proceedings of the 7th University geological readings; 2013 April 4–6; Minsk, Belarus]. Minsk: Belarusian State University; 2013. p. 71–72. Russian.
80. Bol'shakov VA. [On the number of glacial cycles identified in the loess formation within the Brunhes chron]. In: V. B. Sochava Institute of Geography SB RAS. *Fundamental problems of Quaternary, results of the study and the main trends of further research. Proceedings of the 9th All-Russian conference on Quaternary research; 2015 September 15–20; Irkutsk, Russia*. Irkutsk: V. B. Sochava Institute of Geography SB RAS; 2015. p. 64–66. Russian.
81. Bol'shakov VA, Karevskaya IA. On the existence of the eccentricity's 400-kyr cyclicity during the Pleistocene environment changes. *Izvestiya Rossiiskoi akademii nauk. Seriya geograficheskaya*. 2013;2:83–90. Russian. EDN: PZFPNV.
82. Lisiecki LE. Links between eccentricity forcing and the 100 000 year glacial cycle. *Nature Geoscience*. 2010;3:349–352. DOI: 10.1038/ngeo828.
83. Lisiecki LE, Raymo ME. A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic $\delta^{18}\text{O}$ records. *Paleoceanography*. 2005; 20(1):PA1003. DOI: 10.1029/2004PA001071.
84. Anderson ARA, Young IM, Sleeman BD, Griffiths BS, Robertson WM. Nematode movement along a chemical gradient in a structurally heterogeneous environment. 1. Experiment. *Fundamental and Applied Nematology*. 1997;20(2):157–163.
85. Anderson ARA, Sleeman BD, Young IM, Griffiths BS. Nematode movement along a chemical gradient in a structurally heterogeneous environment. 2. Theory. *Fundamental and Applied Nematology*. 1997;20(2):165–172.
86. Naurzbaev MM, Varanov EA, Sidorova OV. Variability of the air temperature in the north of Eurasia inferred from millennial tree-ring chronologies. *Kriosfera Zemli*. 2003;7(2):84–91. Russian. EDN: MPQSOJ.
87. Makhnach NA. *Etapy razvitiya rastitel'nosti Belorussii v antropogene* [Stages of development of vegetation in Belarus in the Anthropogene]. Levkov EA, editor. Minsk: Nauka i tekhnika; 1971. 212 p. Russian.
88. Chebotareva NS. [A new section with Dnieper – Valdai interglacial deposits on the Kasplya River near the Verkhnyaya Boyarshchina Village]. In: Lomonosov Moscow State University. *Materialy po paleogeografii. Vypusk 1* [Materials on paleogeography. Issue 1]. Moscow: Izdatel'stvo Moskovskogo universiteta; 1954. p. 69–81. Russian.
89. Shackleton NJ. The last interglacial in the marine and terrestrial records. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*. 1969;174(1034):135–154. DOI: 10.1098/rspb.1969.0085.
90. Litt T, Gibbard P. Definition of a global stratotype section and point (GSSR) for the base of the Upper (Late) Pleistocene subseries (Quaternary system/period). *Episodes*. 2008;31(2):260–263. DOI: 10.18814/epiugs/2008/v31i2/015.
91. Velichko AA, editor. *Paleoklimaty i paleolandshafty vnetropicheskogo prostranstva Severnogo polushariya. Pozdnii pleistotsen – golotsen* [Paleoclimates and paleolandscapes of the extratropical space of the Northern Hemisphere. Late Pleistocene – Holocene]. Moscow: GEOS; 2009. 120 p. Russian.
92. de Beaulieu JL, Yelovicheva YaK, Gruger E, Kalnina L, Liivrand E, Chomutova V, et al. Macrosuccessional plantseries of the Eemian in Europe. In: Gibbard PL, van Kolfschoten T, editors. *The Eemian: local sequences, global perspectives. Abstracts of International INQUA – SEQS symposium; 1998 September 6–11; Kerkrade, The Netherlands*. Kerkrade: INQUA – SEQS; 1998. p. 93.
93. Yelovicheva YaK, de Beaulieu JL, Gruger E, Kalnina L, Liivrand E, Chomutova V, et al. [Macrosuccession of paleophytocenoses of the Eemian interglacial in Europe (according to palynological data)]. In: Bolikhovskaya NS, Rovnina LV, editors. *Aktual'nye problemy palinologii na rubezhe tret'ego tysyacheletiya* [Current problems of palynology at the turn of the third millennium]. Moscow: Institute of Geology and Development of Combustible Fossils; 1999. p. 98–100. Russian.
94. Yelovicheva YaK. [Peculiarities of the palynological characteristics of the Muravin (Eemian) interglacial sediments of the Dnieper Region]. In: Kalicki T, editor. *Paleogeografija verhnjaga plejstacjenu i galacjenu Ushodnjaj Pol'shchy i Belarusi. Tjezisy Pol'ska-belaruskaga seminaru; 5–7 kastychnika 1998 g.*; Krakaw, Pol'shcha [Paleogeography of the Upper Pleistocene and Holocene of eastern Poland and Belarus. Theses of the Polish-Belarusian seminar; 1998 October 5–7; Krakow, Poland]. Krakow: [s. n.]; 1998. p. 57–58. Belarusian.
95. Yelovicheva YaK. Rozbieznosci palynologicznej charakterystyki murawinskih (eemskich) interglacjalnych osadow Podnieprowia. W: Kalicki T, redaktor. *Paleogeografia gornego Plejstocenu i Holocenu Wschodniej Polski i Bialorusi. Streszczenia referatow, posterow i przewodnik wycieczki; 5–7 pazdziernika 1998 r.*; Krakaw, Polska. Krakow: [s. n.]; 1998. s. 14.

96. Yelovicheva YaK. Rozbiezności palynologicznej charakterystyki murawinskih (eemskih) interglacjalnych osadów Podnieprovia. W: Polska Akademia Umiejętności. *Sprawozdania z czynności i posiedzeń Polskiej akademii umiejętności. Tom 62*. Kraków: Polska Akademia Umiejętności; 1998. s. 162–163.
97. Yelovicheva YaK, de Beaulieu JL, Gruger E, Kalnina L, Liivrand E, Chomutova V, et al. *Makrosuktsessii paleofitotsenozov eemskogo mezhdunodnikov'ya v Evrope na osnove palinologicheskogo analiza* [Macrosuccession of paleophytocenoses of the Eemian interglacial in Europe according to palynological data]. Minsk: Belarusian State University; 2006. 75 p. Russian.
98. Bowen DQ. *Quaternary geology: a stratigraphic framework for multidisciplinary work*. Oxford: Pergamon Press; 1978. 221 p.
99. Yelovicheva YaK. *Evolutsiya prirodnoi sredy antropogena Belarusi (po palinologicheskim dannym)* [Evolution of the natural environment of the anthropogene of Belarus (according to palynological data)]. Minsk: Belsens; 2001. 292 p. Russian.
100. Yelovicheva YaK. *Palinologiya Belarusi (k 100-letiyu Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta)* [Palynology of Belarus (to the 100th anniversary of the Belarusian State University)]. Minsk: Belarusian State University; 2018. 831 p. Russian.
101. Balobaev VT, Shepelev VV. [Thermal resonance effect in global climate fluctuations]. *Nauka i tekhnika v Yakutii*. 2003;2: 7–10. Russian. EDN: VRVQON.
102. Imbrie J, Berger A, Boyle EA, Clemens SC, Duffy A, Howard WR, et al. On the structure and origin of major glaciation cycles. 2. The 100 000 year cycle. *Paleoceanography*. 1993;8(6):699–735. DOI: 10.1029/93PA02751.
103. Bolikhovskaya NS, Molodkov AN. [On the correlation of continental and marine Quaternary deposits of Northern Eurasia based on palynological data and ESR dating results]. In: Bolikhovskaya NS, Rovnina LV, editors. *Aktual'nye problemy palinologii na rubezhe tret'ego tysyacheletiya* [Current problems of palynology at the turn of the third millennium]. Moscow: Institute of Geology and Development of Combustible Fossils; 1999. p. 25–53. Russian.
104. Bolikhovskaya NS, Molodkov AN. [The second half of MIS-5 (100–70 thousand years ago): glacial or interglacial]. In: Bolikhovskaya NS, Klyuvitkina TS, Yanina TA, editors. *Aktual'nye problemy paleogeografii pleistotsena i golotsena. Materialy Vserossiiskoi nauchnoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Markovskie chteniya 2020 goda», posvyashchennoi 115-letiyu so dnya rozhdeniya akademika K. K. Markova; 5–9 noyabrya 2020 g.; Moskva, Rossiya* [Current problems of paleogeography of the Pleistocene and Holocene. Proceedings of the All-Russian scientific conference with international participation «Markov Readings 2020», dedicated to the 115th anniversary of the birth of academician K. K. Markov; 2020 November 5–9; Moscow, Russia]. Moscow: Geographical faculty of Lomonosov Moscow State University; 2020. p. 63–70. Russian.
105. Maksimov FE, Kuznetsov VYu, Savel'eva LA, Grigor'ev VA, Petrov AYU, Fomenko AP, et al. [On the question of the time boundaries of the Mikulin interglacial and its individual phases]. In: Panin AV, Borisova OK, Konstantinov EI, Timireva SN, Kono-nov YuM, editors. *Puti evolyutsionnoi geografii. Materialy II Vserossiiskoi nauchnoi konferentsii, posvyashchennoi pamyati professora A. A. Velichko; 22–25 noyabrya 2021 g.; Moskva, Rossiya. Tom 2, vypusk 2* [Paths of evolutionary geography. Materials of the 2nd All-Russian scientific conference dedicated to the memory of professor A. A. Velichko; 2021 November 22–25; Moscow, Russia. Volume 2, issue 2]. Moscow: Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences; 2021. p. 812–816. Russian.
106. Savelieva LA, Fomenko AP, Maksimov FE, Petrov AYU, Grigoriev VA, Popova SS, et al. New data on the geochronology of the Mikulin (Eemian) interglacial according to the study of the northwestern Russian Plain sections. *Relief and Quaternary Deposits of the Arctic, Subarctic and North-West Russia*. 2021;8:355–358. Russian. DOI: 10.24412/2687-1092-2021-8-355-358.
107. San'ko AF, Litvinyuk GI, Savchenko IE. [Neopleistocene deposits of the Surazh-Velizh Lowland and its geochronology]. In: National Academy of Sciences of Belarus. *Quaternary deposits and neotectonics in the area of Pleistocene glaciations. Proceedings of the symposium; 1997 May 12–13; Minsk, Belarus*. Minsk: [s. n.]; 1997. p. 62–63. Russian.
108. Tsapenko MM, Makhnach NA. *Antropogenovye otlozheniya Belorussii* [Anthropogenic proposals of Belarus]. Minsk: Izdatel'stvo Akademii nauk BSSR; 1959. 223 p. Russian.
109. Yelovicheva YaK, Pisarchuk NM. [Macrosuccession of vegetation of the Muravin (Mikulin) interglacial within the western Eastern European Plain]. In: Yelovicheva YaK, editor. *Regional'naya fizicheskaya geografija v novom stoletii. Vypusk 10* [Regional physical geography in the new century. Issue 10]. Minsk: Belarusian State Pedagogical University named after Maxim Tank; 2017. p. 15–51. Russian.
110. San'ko AF, Frekhen M, Arslanov KhA, Velichkevich FYu, Yelovicheva YaK, Kuznetsov VYu, et al. [Absolute dating of Upper Pleistocene deposits in Belarus]. In: Matveev AV, San'ko AF, editors. *Pleistotsen Belarusi i sopredel'nykh territorii. Materialy Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii, posvyashchennoi 75-letiyu so dnya rozhdeniya L. N. Voznyachuka; 29 oktyabrya 2004 g.; Minsk, Belarus* [Pleistocene of Belarus and adjacent territories. Proceedings of the International scientific conference dedicated to the 75th anniversary of the birth of L. N. Voznyachuk; 2004 October 29; Minsk, Belarus]. Minsk: Belarusian State Pedagogical University named after Maxim Tank; 2004. p. 59. Russian.
111. San'ko AF, Arslanov KhA, Yelovicheva YaK, Velichkevich FYu, Kuznetsov VYu, Maksimov FE, et al. The first U/Th dating of the Muravian interglacial deposits in Belarus. In: Sikorski J, editor. *Abstracts of the 8th International conference «Methods of absolute chronology»; 2004 May 17–19; Ustron, Poland*. Gliwice: [s. n.]; 2004. p. 132–133.
112. Maksimov FE, Arslanov KhA, Kuznetsov VYu, Chernov SB. ²³⁰Th/U and ¹⁴C dating of Upper and Middle Pleistocene interglacial and interstadial organic deposits from the East European Plain and Siberia. In: INTAS. *INTAS Final Workshop. Pleistocene Environments in Eurasia – Chronology, Paleoclimate and Teleconnection; 2006 November 2–3; Hannover, Germany*. Hannover: Geozentrum; 2006. p. 45–49.
113. Yelovicheva YaK, San'ko AF. [New data on the stratotype of the Muravin interglacial in Belarus]. In: Anoshko YaI, editor. *Problemy vodnykh resursov, geotermii i geoekologii. Materialy Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii, posvyashchennoi 100-letiyu so dnya rozhdeniya akademika G. V. Bogomolova; 1–3 iyunya 2005 g.; Minsk, Belarus*. Tom 2 [Problems of water resources, geothermal and geocology. Proceedings of the International scientific conference dedicated to the 100th anniversary of the birth of academician G. V. Bogomolov; 2005 June 1–3; Minsk, Belarus. Volume 2]. Minsk: Institute of Geochemistry and Geophysics of the National Academy of Sciences of Belarus; 2005. p. 240–242. Russian.
114. Maksimov FE, Kuznetsov VYu. The new version of the ²³⁰Th/U-dating method of Upper and Middle Pleistocene buried organogenic sediments. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Seriya 7, Geologiya. Geografija*. 2010;4:94–107. Russian. EDN: NCFGWB.
115. Kuznetsov VYu, Maksimov FE. *Metody chetvertichnoi geokhronometrii v paleogeografii i morskoi geologii* [Methods of Quaternary geochronometry in paleogeography and marine geology]. Saint Petersburg: Nauka; 2012. 191 p. Russian.

116. Rusakov AV, Nikonov AA, Savelieva LA, Simakova AN, Sedov SN, Maksimov FE, et al. Landscape evolution in the periglacial zone of Eastern Europe since MIS-5: proxies from paleosols and sediments of the Cheremoshnik key site (Upper Volga, Russia). *Quaternary International*. 2015;365(3):26–41. DOI: 10.1016/j.quaint.2014.09.029.
117. Grichuk VP. *Istoriya flory i rastitel'nosti Russkoi ravniny v pleistotsene* [History of flora and vegetation of the Russian Plain in the Pleistocene]. Zaklinskaya ED, editor. Moscow: Nauka; 1989. 183 p. Russian.
118. Maksimov FE, Savelieva LA, Levchenko SB, Grigoriev VA, Petrov AYu, Fomenko AP, et al. On the chronology of the Mikulin interglacial in the North-West Russian Plain. *Relief and Quaternary Deposits of the Arctic, Subarctic and North-West Russia*. 2020;7:322–326. Russian. DOI: 10.24411/2687-1092-2020-10752.
119. Maksimov FE, Savelieva LA, Popova SS, Zyuganova IS, Grigoriev VA, Levchenko SB, et al. Chronostratigraphic position of the Mikulin deposits (case of the reference section near Nizhnyaya Boyarshchina Village, Smolensk Region). *Izvestiya Rossiiskoi akademii nauk. Seriya geograficheskaya*. 2022;86(3):447–469. Russian. DOI: 10.31857/S2587556622030116.
120. Pisarchuk NM, Yelovicheva YaK. [New data on the section of the Mikulin interglacial Nizhnyaya Boyarshchina]. In: Khalikov AR, editor. *Fundamental science and technology. Materialy X Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii; 20 dekabrya 2022 g.; Ufa, Rossiya* [Fundamental science and technology. Proceedings of the 10th International scientific and practical conference; 2022 December 20; Ufa, Russia]. Ufa: Vestnik nauki; 2022. p. 153–160. Russian. EDN: CIBECN.
121. Giterman RE, Kuprina NP, Shants'er EV. [On the Mikulin age of interglacial layers near the village of Kileshino (Upper Volga)]. *Bulletin of Comission for Study of the Quaternary*. 1975;44:84–88. Russian.
122. Lasberg K, Kalm V, Kihno K. Ice-free interval corresponding to marine isotope stages 4 and 3 at the last glacial maximum position at Kileshino, Valdaj Upland, Russia. *Estonian Journal of Earth Sciences*. 2014;63(2):88–96. DOI: 10.3176/earth.2014.08.
123. Sycheva SA. [Evolution of ideas about the age, duration and stages of soil development of the Mikulin interglacial]. *Bulletin of Comission for Study of the Quaternary*. 2018;76:99–109. Russian.
124. Grichuk VP. [Fossil floras as a paleontological basis for the stratigraphy of Quaternary deposits]. In: Markov KK, editor. *Rel'ef i stratigrafiya chetvertichnykh otlozhenii severo-zapada Russkoi ravniny* [Relief and stratigraphy of Quaternary deposits of the North-West Russian Plain]. Moscow: Izdatel'stvo Akademii nauk SSSR; 1961. p. 25–71. Russian.
125. Fomenko AP, Savelieva LA, Maksimov FE, Petrov AYu, Grigoriev VA, Popova SS, et al. [The thermal maximum of the Mikulin interglacial according to the results of a palynological study of sediments of the section on the Bolshaya Dubenka River (Tver Region)]. In: Panin AV, Borisova OK, Konstantinov EI, Timireva SN, Kononov YuM, editors. *Puti evolyutsionnoi geografii. Materialy II Vserossiiskoi nauchnoi konferentsii, posvyashchennoi pamyati professora A. A. Velichko; 22–25 noyabrya 2021 g.; Moskva, Rossiya. Tom 2, vypusk 2* [Paths of evolutionary geography. Materials of the 2nd All-Russian scientific conference dedicated to the memory of professor A. A. Velichko; 2021 November 22–25; Moscow, Russia. Volume 2, issue 2]. Moscow: Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences; 2021. p. 852–855. Russian.
126. Fomenko AP, Savelieva LA, Maksimov FE, Petrov AYu, Grigoriev VA, Popova SS, et al. Features of vegetation cover and uranium-thorium age of the Mikulin (Eemian) interglacial on the Russian Plain. *Relief and Quaternary Deposits of the Arctic, Subarctic and North-West Russia*. 2022;9:355–357. Russian. DOI: 10.24412/2687-1092-2022-9-355-357.

Получена 14.12.2023 / исправлена 05.03.2024 / принята 05.03.2024.
Received 14.12.2023 / revised 05.03.2024 / accepted 05.03.2024.