

УДК 551.435.1: 551.793 (470.318)

С.И. Антонов¹, В.С. Гунова², Г.И. Рычагов³, Н.Г. Судакова⁴**РАЗВИТИЕ ДОЛИНЫ Р. ПРОТВЫ В ПОЗДНЕМ НЕОПЛЕЙСТОЦЕНЕ**

На основе детальных комплексных исследований рассмотрена история развития долины реки Протвы. Установлены особенности геолого-геоморфологического строения разновозрастных речных террас. Полученные литолого-минералогическая и палинологическая характеристики их аллювия служат надежным диагностическим и корреляционным критерием. В позднем неоплейстоцене выделены эрозионно-аккумулятивные циклы развития долин. По палинологическим данным реконструированы ландшафтно-климатические условия террасообразования, включая палеоклиматические ритмы позднего неоплейстоцена – МИС-5, МИС-4, МИС-3, МИС-2. Полученные материалы позволяют однозначно говорить о наличии в центральном регионе России в калининское время значительного похолодания, уступающего по интенсивности эпохе поздневалдайского оштакковского оледенения. Эти эпохи похолодания разделяются средневалдайским потеплением.

Ключевые слова: неоплейстоцен, речная долина, история развития рельефа, состав аллювия, комплексный подход, палинологические данные, палеогеографические реконструкции

Введение. Многолетние геолого-геоморфологические исследования в долине р. Протвы на территории Сатинского учебно-научного полигона для нужд проводимой здесь комплексной учебной практики студентов-географов МГУ имени М.В. Ломоносова дали богатый фактический материал по строению неоплейстоценовых отложений территории. Сатинский полигон (площадью более 20 км²), расположенный в средней части бассейна Протвы (рис. 1), является одним из наиболее изученных в геолого-геоморфологическом отношении объектов центра Европейской России и может служить опорным стратопрайоном для среднего и позднего неоплейстоцена этого региона [Материалы ..., 1978, 1980; Большов, 1986; Комплексный ..., 1992; Антонов, Рычагов, 1993; Строение ..., 1996; Реконструкция ..., 2008]. Детально изученный долинный комплекс осадков содержит ценную палеогеографическую информацию об истории развития долины р. Протвы и ландшафтно-климатических обстановок долинного морфолитогенеза в послемосковское время.

Постановка проблемы. В имеющихся публикациях нет работ, посвященных истории долин малых рек вне границы валдайского оледенения. Приведенные фактические данные показывают детальное строение и особенности развития долины малой реки указанной зоны.

Целью проведенного исследования была реконструкция формирования террасового комплекса р. Протвы и палеогеографических условий накопления слагающего его аллювия. В соответствии с этим решались следующие задачи: 1 – обоснование эта-

пов эрозионно-аккумулятивной деятельности в долине р. Протвы в связи с террасообразованием; 2 – определение диагностических особенностей аллювия разновозрастных террас; 3 – реконструкция палеогеографических и палеоклиматических условий формирования разновозрастного аллювия.

Материалы и методы исследования. На территории Сатинского полигона пробурено несколько десятков буровых скважин, преимущественно до коренных пород (осадков среднего карбона), и описано более 20 естественных обнажений. Это позволило воспроизвести площадное распространение, условия залегания, мощность и состав каждого стратиграфического горизонта квартала в центральной части Восточно-Европейской равнины (рис. 1).

В работе применялись традиционные методы палеогеографического и геолого-геоморфологического анализа рельефа, данные аналитического изучения образцов из обнажений и многочисленных буровых скважин. Изучение образцов велось в соответствии с известной методикой комплексного сопряженного анализа новейших отложений [Руководство ..., 1987]. Наибольшее внимание уделялось данным литолого-минералогического, палинологического и геохронологического анализов образцов из глубоких скважин, вскрывающих толщу четвертичных отложений. Количество изученных образцов и имена исполнителей, проводивших их изучение, приведены в табл. 1. Мицерация и анализ споропыльцевых образцов проводились самими исполнителями в лаборатории новейших отложений и палеогеографии плейстоцена географического факультета МГУ по методике В.П. Гричука [1940]. Считаем

¹ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра геоморфологии и палеогеографии, ст. науч. с., канд. геогр. н., e-mail: ser11131134@yandex.ru

² Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, географический факультет, научно-исследовательская лаборатория новейших отложений и палеогеографии плейстоцена, ст. науч. с., канд. геогр. н.; e-mail: gunova39@mail.ru

³ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра геоморфологии и палеогеографии, профессор, докт. геогр. н., e-mail: gir242@rambler.ru

⁴ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, географический факультет, научно-исследовательская лаборатория новейших отложений и палеогеографии плейстоцена, вед. науч. с., докт. геогр. н.; e-mail: ng.sudakova@mail.ru

Таблица 1

Аналитическая изученность неоплейстоценовых отложений Сатинского страторайона
(по данным Материалы ..., 1978, 1980; Комплексный ..., 1992; Реконструкция ..., 2008)

Виды анализов	Гранулометрический	Минералогический		Петрографический	Спорово-пыльцевой	Геохронологический
		Терригенные	Глинистые			РТЛ
Исполнители	Фундаментпроект Л.Ф. Окишева Н.Н. Кузьмина	Э.Г. Ананьева Л.И. Базилевская Г.Н. Колосова Н.Г. Судакова	Г.М. Немцова	О.А. Борсук В.В. Косцов	З.В. Алешинская М.П. Гричук В.С. Гунова Е.М. Малаева	О.А. Куликов
Количество анализов	697	765	201	112	475	21

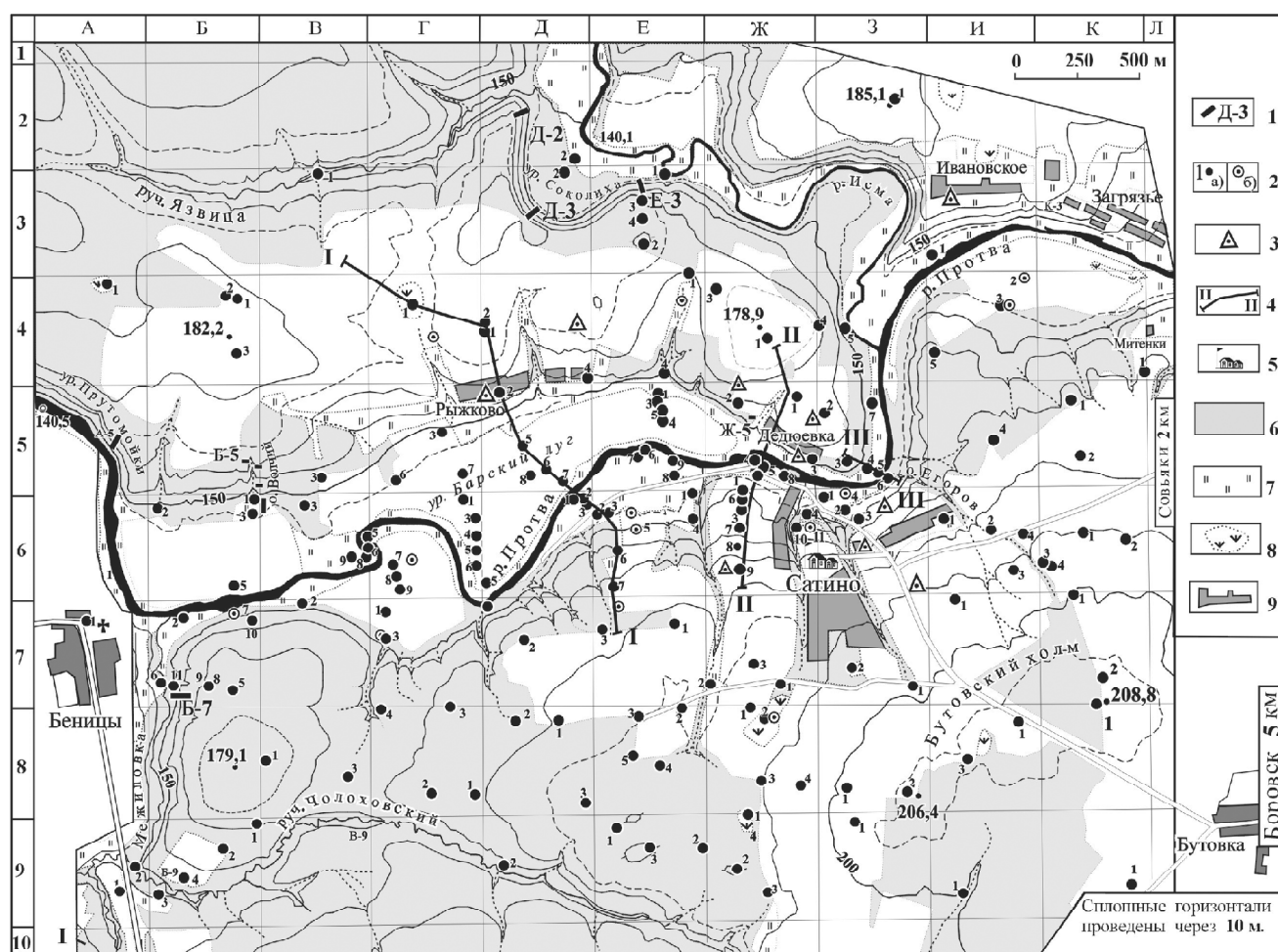


Рис. 1. Карта фактического материала Сатинского полигона. Условные обозначения: 1 – главные опорные разрезы, 2 – буровые скважины (а – геологические, б – гидрогеологические); 3 – геодезические знаки; 4 – линии профилей, показанных на рис. 2 и 3; 5 – положение Сатинской учебно-научной станции, 6 – леса, 7 – луга; 8 – болота; 9 – населенные пункты

Fig. 1. Map of the factual material of the Satino test site. 1 – main reference sections, 2 – boreholes (а – geological, б – hydrogeological); 3 – geodesic signs; 4 – the lines of the profiles shown in Figures 2 and 3. Other: 5 – position of the Satino educational scientific station, 6 – forests, 7 – meadows; 8 – bogs; 9 – settlements

необходимым отметить, что в данной работе использованы новые, не публиковавшиеся ранее материалы палинологических исследований долинных осадков, выполненных З.В. Алешинской, много лет работавшей в долине р. Протвы и внесшей большой вклад в изучение новейших отложений Сатинского полигона. Абсолютные датировки (радиотер-

молюминесцентным методом) были выполнены О.А. Куликовым в лаборатории кафедры радиохимии МГУ.

Результаты проведенных исследований. Геолого-геоморфологическое строение долины р. Протвы в районе Сатинского полигона. На уровне поймы долина Протвы имеет ярко выражен-

ное четковидное строение: в районе дер. Рыжково ее ширина более 600 м, а в районе Сатино–Дедюевки – около 150 м (рис. 1, 2). Глубина вреза долины составляет от 45–48 до 70 м. В долине наблюдаются пойма (три уровня) и три надпойменные террасы (НПТ): I НПТ – 8–10 м относительной высоты (ОВ), II НПТ – 12–15 м ОВ, III НПТ – около 20 м ОВ. В ряде мест в долине хорошо выражен долинный зандр (ОВ около 25–27 м) (рис. 2), сформировавшийся в начальные этапы освобождения данной территории из-под ледника, о чем свидетельствует его неглубокий (около 10 м) врез. Тыловой шов зандра всего на 5–7 м ниже поверхности междуречья, сложенного московской мореной.

Рыжковское расширение наследует часть древней (доднепровской) долины пра-Протвы, имевшей субмеридиональную ориентировку и заполненную осадками позднеднепровского возраста [Строение ..., 1996].

Событиями, оказавшими главное влияние на морфологию современной долины р. Протвы, стали этапы ее развития (врезания и заполнения врезом осадками) в позднемосковское и послемосковское время [Антонов, Рычагов, 1993; Строение ..., 1996].

Первый, неглубокий (до 10 м), врез, послуживший началом формирования современного облика долины р. Протвы, имел место вслед за освобождением территории полигона от льда. Последовавшая затем водно-ледниковая аккумуляция создала долинный зандр, хорошо выраженный в современном рельефе в пределах полигона восточнее д. Сатино на абсолютных высотах 169–173 м (рис. 2).

В межстадиальное время второй половины московской эпохи произошло следующее врезание новообразованной долины, сменившееся в последующее стадийное похолодание аккумуляцией. Заполнение вреза перигляциальным аллювием привело к формированию поверхности III надпойменной террасы (25–27 м ОВ), фрагменты которой наблюдаются на территории полигона как на правом (рис. 2, профиль I-I, скв. Е-6-6), так и левом (рис. 2, профиль II-II, скв. Ж-5-1) склонах долины р. Протвы. Аллювий этой террасы (мощностью 5–6 м) можно считать самым древним флювиальным образованием современной долины р. Протвы.

По мере дальнейшего отступления московского ледника в результате гляциоизостатического поднятия территории произошел глубокий врез долины на 30–35 м ниже современного уреза. О времени этого вреза свидетельствует РТЛ дата (150 ± 24 тыс. л. н.) осадков, вскрытых скважиной Д-5-7 на абсолютной отметке 105 м (рис. 2, проф. I-I). Эта датировка находит подтверждение в палинологических реконструкциях [Реконструкция ..., 2008]. О глубине этого вреза свидетельствуют и данные скважины 3-5-5, в которой на отметках 23–25 м ниже современного уреза (абс. отметки около 112–115 м) были вскрыты микулинские отложения (рис. 3). (Предшествующими исследованиями величина этого врезания оценивалась в 15–17 м ниже современного уреза Протвы [Болысов, 1986; Антонов, Рычагов, 1993;

Строение ..., 1996]). Причина этого врезания обусловлена не только гляциоизостатическими компенсационными поднятиями, но и тектоническими движениями, имевшими место в это время [Мещеряков, 1971].

Заполнение вреза, начавшееся в позднемосковское время и продолжившееся в калининское время, привело к формированию поверхности II НПТ, наиболее крупный фрагмент которой наблюдается на правом берегу р. Протвы у западной окраины д. Сатино (рис. 2, профиль II-II; рис. 3). Здесь под осадками склонового (делювиально-солифлюкционного) шлейфа, согласно палинологическим данным, вскрывается сложная толща разнофациального позднемикулинского и калининского аллювия [Строение ..., 1996].

Средневалдайское межстадиальное потепление и увлажнение климата привело к новому непродолжительному врезанию реки, закончившемуся в конце эпохи МИС-3, о чем свидетельствует РТЛ дата тонких фракций аллювия, вскрытых скважиной 3-5-5 (45 ± 9 тыс. л. н., рис. 3). Новый этап аккумуляции, начавшейся в конце указанного времени и продолжавшийся в поздневалдайскую (осташковскую), наиболее холодную эпоху, привел к накоплению аллювия до высот на 10–12 м выше современного уреза, создав поверхность I надпойменной террасы (рис. 2).

Помимо аллювиальных отложений в днище долины р. Протвы, а также на ее склонах в валдайское время шло формирование мощных делювиально-солифлюкционных шлейфов, перекрывающих осадки I и II надпойменных террас, суммарная мощность которых местами превышает 6 м.

Потепление климата, начавшееся на рубеже неоплейстоцена и голоцена, привело к новому врезанию реки до 5 м ниже современного уреза, формированию уступа I надпойменной террасы и современной поверхности высокой поймы. И если на широком Рыжковском участке долины р. Протвы отмечались значительные боковые смещения речного русла и были созданы обширные поверхности высокой поймы (4,5–5 м ОВ), то в районе Сатино – Дедюевки, где река глубоко врезалась в коренные породы карбона, возможности боковых смещений были весьма ограничены. Нельзя не отметить, что в этом, наиболее узком участке днища долины (рис. 3) данные буровых скважин не фиксируют русловых фаций аллювия ни в голоценовой, ни в более древних его толщах, что не согласуется с имеющимися в литературе данными об эпохах мощного стока 12–18 и 28–40 тыс. л. н. [Sidorchuk, Panin, Borisova, 2009; Панин, 2015].

Аналитические исследования аллювия р. Протвы. Аллювиальные отложения, слагающие террасы и выполняющие погребенные врезы, были детально исследованы, а результаты анализов отражены в ряде публикаций [Материалы ..., 1978, 1980; Антонов, Рычагов, 1993; Строение ..., 1996; Судакова, 2004; Реконструкция ..., 2008]. В данной статье в табл. 2 мы привели только те данные, которые касаются позднего неоплейстоцена.

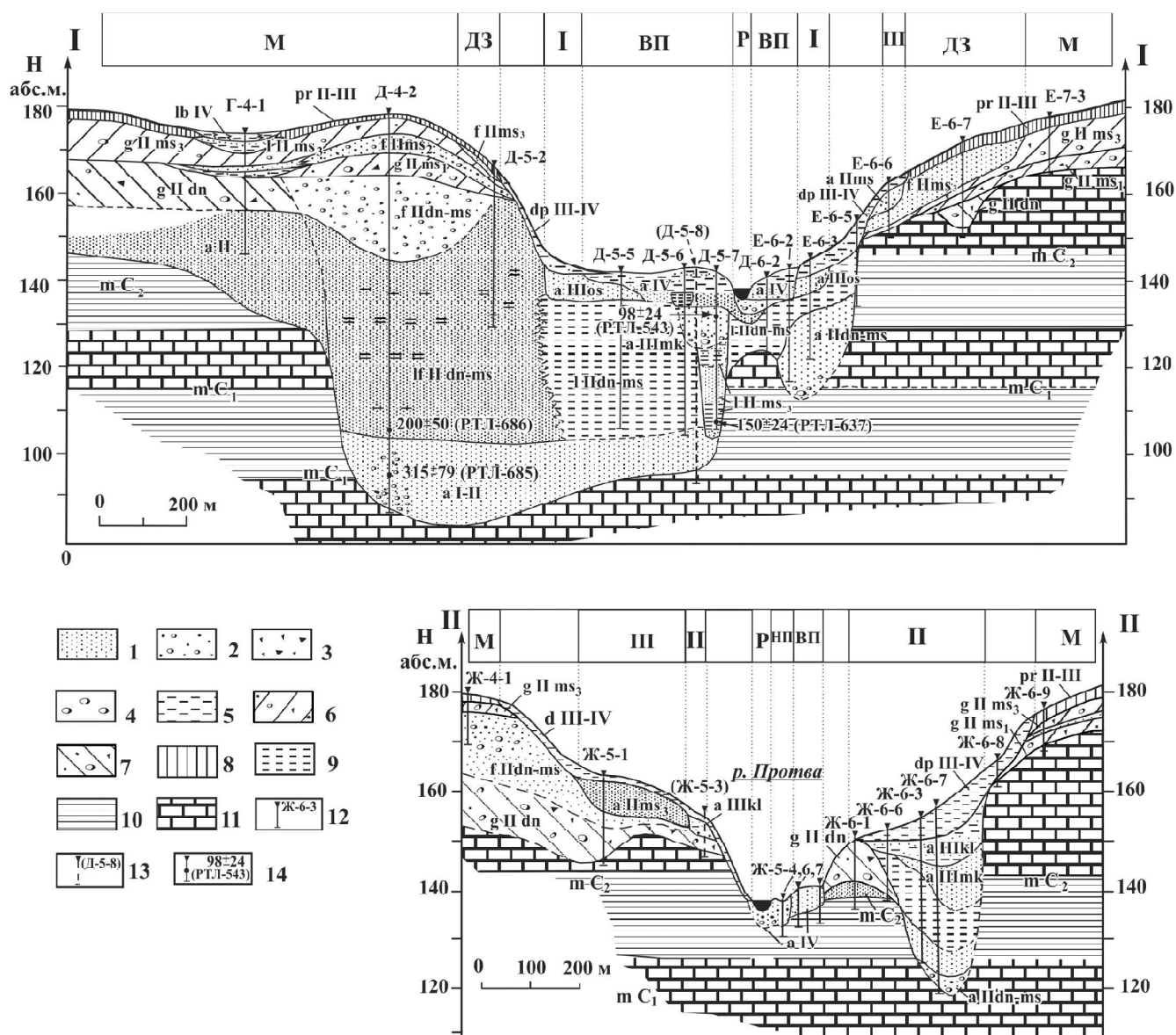


Рис. 2. Геолого-геоморфологические профили долины р. Протвы (см. рис. 1): I – I – в районе дер. Рыжково, II – II – в районе с. Сатино – дер. Дедюевка. Условные обозначения: 1 – песок, 2 – гравий и галька, 3 – дресва и щебень, 4 – валуны, 5 – суглинок, 6 – валунные суглинки (морена) московского оледенения, 7 – валунные суглинки (морена) днепровского оледенения, 8 – покровный суглинок, 9 – алевроит, 10 – глина, 11 – известняк, 12 – буровые скважины, 13 – буровые скважины, расположенные рядом с линиями профилей, 14 – РТЛ датировки (тыс. л. н.). Генезис отложений: а – аллювиальные, lb – озерно-болотные; d – делювиальные, dp – делювиально-пролювиальные, pr – покровные; f – флювиогляциальные, l – озерные; lf – лимно-флювиогляциальные, g – гляциальные (морена); m – морские. Возраст отложений: mC₁, mC₂ – ранне – и среднекаменноугольные aI-II ранне-среднеплейстоценовый (нерасчлененный). Среднеплейстоценовый: II_{dn} – днепровский, II_{dn}-ms – днепровско-московский; II_{ms}₁, II_{ms}₂, II_{ms}₃ – ранне- средне- и позднемосковский. Позднеплейстоценовый: III_{mk} – микулинский, III_{kl} – калининский, III_{os} – ошашковский. III-IV – позднеплейстоцен-голоценовый (нерасчлененный). Голоценовый: – IV. Прочие обозначения (условные сокращения): М – междуречья; ДЗ – долинный зандр; III, II, I – надпойменные террасы: третья, вторая, первая; ВП, НП – поймы: высокая, низкая P – русло

Fig. 2. Geological and geomorphological profiles of the Protva River valley (see: Fig. 1): I – I – in the area of the Ryzhkovo village; II – II – vil. Satino – vil. Deduyevka. 1 – sand, 2 – gravel and pebbles, 3 – gravel and rubble, 4 – boulders, 5 – loam. Boulder loam (moraine): 6 – of the Moscow Ice Age, 7 – of the Dnieper Ice Age; 8 – cover loam; 9 – silt, 10 – clay, 11 – limestone. 12 – boreholes, 13 – boreholes located near the profile lines, 14 – RTL dating, thousands of years ago. Genesis of sediments: a – alluvial, lb – lake-marsh; d – deluvial, dp – deluvial-proluvial, pr – integumentary; f – fluvioglacial, l – lacustrine; lf – limno-fluvioglacial, g – glacial (moraine); m – marine. Age of sediments: mC₁, mC₂ – early – and medium-carbon aI-II early-Middle Pleistocene, (undivided). Middle Pleistocene: II_{dn} – Dnieper, II_{dn}-ms – Dnieper-Moscow; II_{ms}₁, II_{ms}₂, II_{ms}₃ – Early, Middle and Late Moscow. Late Pleistocene: III_{mk} – Mikulin, III_{kl} – Kalinin, III_{os} – Ostashkov. III-IV – late Pleistocene-Holocene (undivided). Holocene: – IV. Other symbols (conditional abbreviations): M – interfluvies; DZ – the valley zander; III, II, I – Tertiary terraces: third, second, first; VP, NP – Floodplain: high, low. P – channel

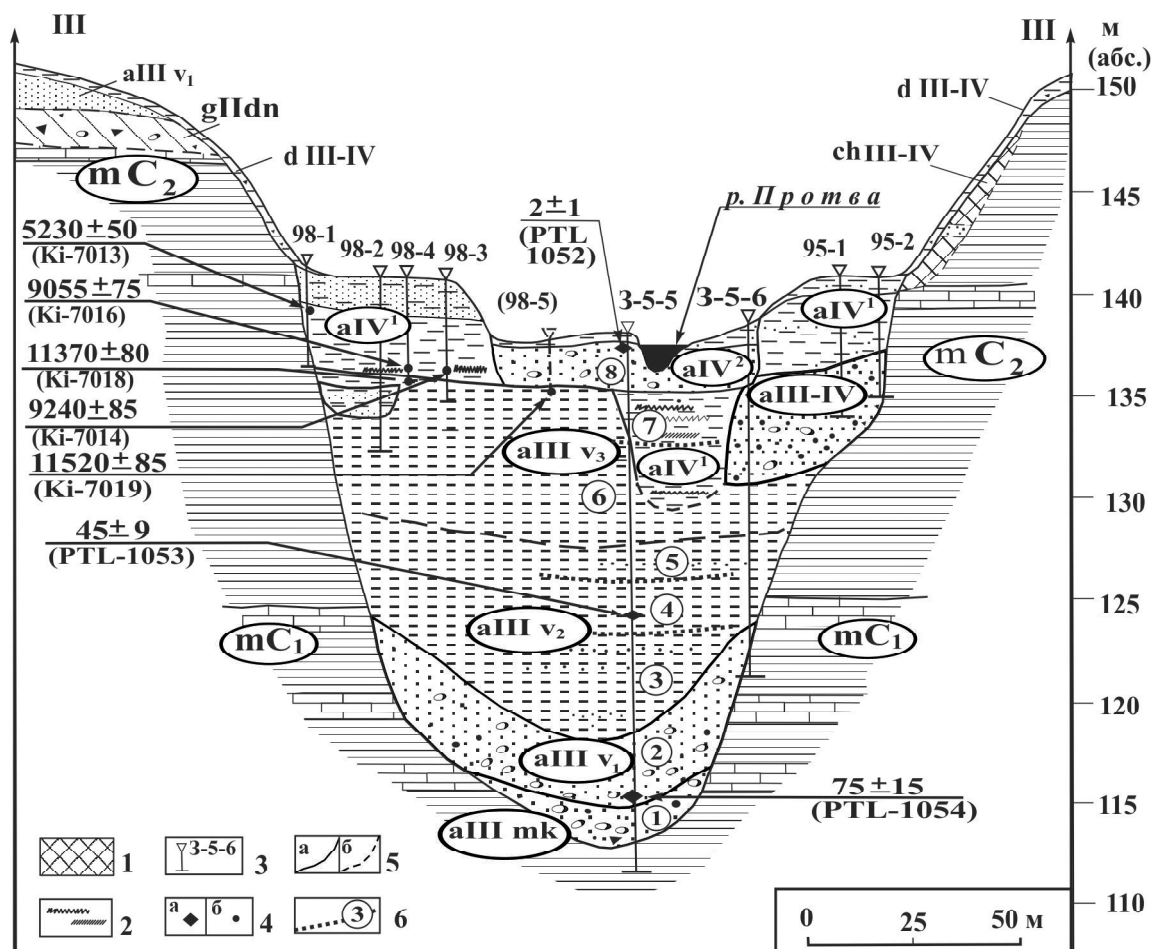


Рис. 3. Геолого-геоморфологический профиль долины р. Протвы восточнее дер. Дедюевки (проф. III-III на рис. 1). Условные обозначения: 1 – травертин, 2 – гумусированные прослои, растительный детрит, 3 – буровые скважины и их номера, 4 – абсолютные датировки: а) радиотермолуминесцентные (тыс. л. н), б) радиоуглеродные (лет назад). ^{14}C датировки от (Ki-7019) до (Ki-7013) даны по А.В. Панину (устное сообщение); 5 – стратиграфические границы: а) достоверные, б) предполагаемые, 6 – номера палинозон и их границы, не совпадающие с границами слоев, согласно спорово-пыльцевой диаграмме отложений, вскрытых скважиной 3-5-5 (см. рис. 4). Прочие обозначения приведены на рис. 2. Индексами обозначены отложения: Голоценовые аллювиальные: aIV^2 – позднеголоценовые, aIV^1 – раннеголоценовые. Позднеплейстоцен-голоценового возраста: $aIII-IV$ – аллювиальные, $chIII-IV$ – хемогенные, $dIII-IV$ – склоновые. Позднеплейстоценовые аллювиальные: $aIIIv_3$ – поздневалдайские, $aIIIv_2$ – средневалдайские, $aIIIv_1$ – ранневалдайские; $aIIImk$ – микулинские. Среднеплейстоценовые, днепровские: $gII dn$ – гляциальные. Каменноугольные, морские: mC_2 – среднего отдела; mC_1 – нижнего отдела

Fig. 3. Geological and geomorphological profile of the Protva River valley east of the Deduyevka village (see Fig. 1, Line III-III). 1 – travertine, 2 – humified interlayers, plant detritus, 3 – boreholes and their numbers, 4 – absolute dates: a) radio-thermoluminescent (thousands of years ago), б) radiocarbon (years ago). ^{14}C dating from (Ki-7019) to (Ki-7013) are given according to A.V. Panin et al. 1999, (oral communication); 5 – stratigraphic boundaries: a) reliable, б) assumed, 6 – palynozones and their boundaries that do not coincide with layer boundaries according to the spore-pollen diagram of the deposits opened by Z-5-5 well (see Fig. 4). For other symbols see Fig. 2. Indices of deposits: Holocene alluvial: aIV^2 – Late Holocene, aIV^1 – Early Holocene. Late Pleistocene-Holocene age: $aIII-IV$ – alluvial, $chIII-IV$ – hemogenic, $dIII-IV$ – slope. Late Pleistocene alluvial: $aIIIv_3$ – Late Valday, $aIIIv_2$ – Middle Valday, $aIIIv_1$ – Early Valday; $aIIImk$ – Mikulin. Middle Pleistocene, Dnieper: $gII dn$ – glacial; Carboniferous, marine: mC_2 – middle part; mC_1 – lower part

Минералогический анализ аллювия р. Протвы выявил характерные особенности спектров разновозрастных террас. Выявленные различия минералого-петрографических спектров разновозрастного аллювия были предопределены контрастными минералогическими характеристиками днепровской и московской морен, являющихся основным источником поступления терригенного материала в речные долины. Днепровская морена, имевшая более тесные связи с местными питающими провинциями, обогащена минералами, характерными для ко-

ренных пород (сульфиды, сидерит, эпидот и др.). Для московской морены свойственна повышенная доля минералов, привнесенных из Балтийской питающей провинции (роговая обманка, пироксен, рутил, сфен, циркон и др.).

Минералогический состав аллювия I, II и III НПТ различается по содержанию руководящих и акцессорных минералов. Если в спектрах аллювия III террасы доминирует роговая обманка при подчиненном значении граната (около 10%) и других акцессорных минералов, то в отложениях II террасы на

фоне достаточно высокого содержания роговой обманки значительно возрастает содержание граната (до 20–30%) – типичного представителя днепровской морены [Судакова, 2004]. Наблюдаемая перестройка соотношения породообразующих и акцессорных минералов свидетельствует о том, что аллювий III НПТ, расположенный на более высоком гипсометрическом уровне, формировался главным образом за счет размыва московской морены, во время же формирования аллювия I и II НПТ активно перемывалась днепровская морена. Конечно, при формировании аллювия на всех уровнях принимали участие отложения широкого возрастного диапазона и фациально-генетического разнообразия в соответствии с геоморфологическим положением разрезов.

Данные *петрографического анализа* галечной фракции разновозрастного аллювия показывают существенные изменения и ее состава, за счет количества экзотических компонентов, принесенных из области Балтийского щита (гранитов, кварцитов, гнейсов и др.). Если в осадках высоких аккумулятивных поверхностей (долинный зандр, III и II тер-

расы) содержание экзотов почти такое же, как в исходных отложениях московской морены, то в аллювии I НПТ и поймы их доля сокращается в 2–3 раза (табл. 2).

Спорово-пыльцевой анализ. Ниже приведены новые результаты палинологических исследований осадков, вскрытых скважиной 3-5-5, заложеной в днище долины р. Протвы к востоку от Дедюевки (см. рис. 1, 3). На приведенной спорово-пыльцевой диаграмме (рис. 4) выделены 8 палинозон, характеризующих палеоклиматические условия временного интервала от микулинской эпохи до настоящего времени.

Палинозона I. В основании аллювиальной толщи, мощностью до 3 м, залегающей на стешевских глинах раннего карбона, вскрыт гравийно-галечный слой, характеризующийся повышенным содержанием (до 72%) пыли древесных пород. Среди преобладающей пыли сосны и ели присутствует пыльца широколиственных пород. В приконтактной зоне сверху слоя отмечено наибольшее количество пыли теплолюбивых видов (22%): дуба, вяза,

Таблица 2

Характеристики строения и состава отложений террас р. Протвы в пределах Сатинского полигона

Долинные толщи: относительная высота, м. Генезис, возраст		Гипсометрия аллювиального слоя, м; моренной толщи, абс. м; (+) выше, (–) – ниже уреза		Мощ- ность слоя, м	Характеристики отложений			Условия палеоклимата	Абс. возраст RTL, ¹⁴ С* (тысячи лет назад)
					доля эк- зотиче- ской галки, %	минера- логическая формула, %	содержание и состав древесной пыли, %		
Пойма 4,5–5,0	a IV	Верх	(+); 4,5–5,0	10–12	–	Гир	70. Широколиственных пород – 20	умеренный	3,31±0,38*
		Низ	(–) 5–7		6–9		87. Широколиственных пород – 60 70. Широколиственных пород – 47	теплый умеренный	–
I т 6–12	a III v ₃	Верх	(+) 6–12	10–12	16	P ₄₀ G ₁₀ ЭИ	60. <i>Pinus, Betula</i> , карлико- вые формы	холодный	14±5 25±12
	a III v ₂	Низ	(–) 5–7		8–12		65. <i>Pinus, Betula</i>	прохладный	43±13
II т 12–18	a III v ₁	Верх	(+) 12–18	5–7	24–26	P ₄₀ G ₂₅ Э ₁₀	50. <i>Betula, Pinus, Picea</i> , карликовые формы	холодный	~70
	a III mk	Низ	(–) 15–17	8–10	9	ГР	95. <i>Carpinus, Quercus</i> , <i>Ulmus, Tilia</i>	теплый	98±24
III т 23–27	a II ms	–	(+) 23–27	4–5	24–26	P ₃₁ Э ₁₆ Г ₁₀	50. <i>Pinus, Betula</i> , карлико- вые формы	холодный	–
ДЗ 30–35	f II ms	–	(+) 30–35	4–5	29–33	Г ₂₇ P ₂₂ И ₁₉	40–50. <i>Pinus, Betula</i> , кар- ликовые формы	холодный	<160
Рельефо- образую- щие толщи	g II ms ₃	–	153–240	до 30	15–35	P ₂₀ G ₁₉ И ₁₀	Переотложенная пыльца	холодный	168±42 170±40
	g II ms ₁	–	147–180	1–5		Рги			221±25
Погребен- ные толщи	g II dn	Верх	(+) 20–22	110– 185	до 40	Г ₂₅ P ₁₅ Э ₉ +СуС	Переотложенная пыльца	холодный	275±60
		Низ	(–) 25–30		5–6				310±75

Условные обозначения: I т – III т – надпойменные террасы, ДЗ – долинный зандр. Геологические индексы см. рис. 2. Минералогическая формула: Р – роговая обманка, Г – гранат, и – ильменит, э – эпидот, С – сидерит, Су – сульфиды. Заглавные буквы (Р, Г, С, Су) означают содержание более 20%, строчные буквы – 10–20%. P₄₀G₂₅Э₁₀ – цифры указывают процентное содержание минерала.

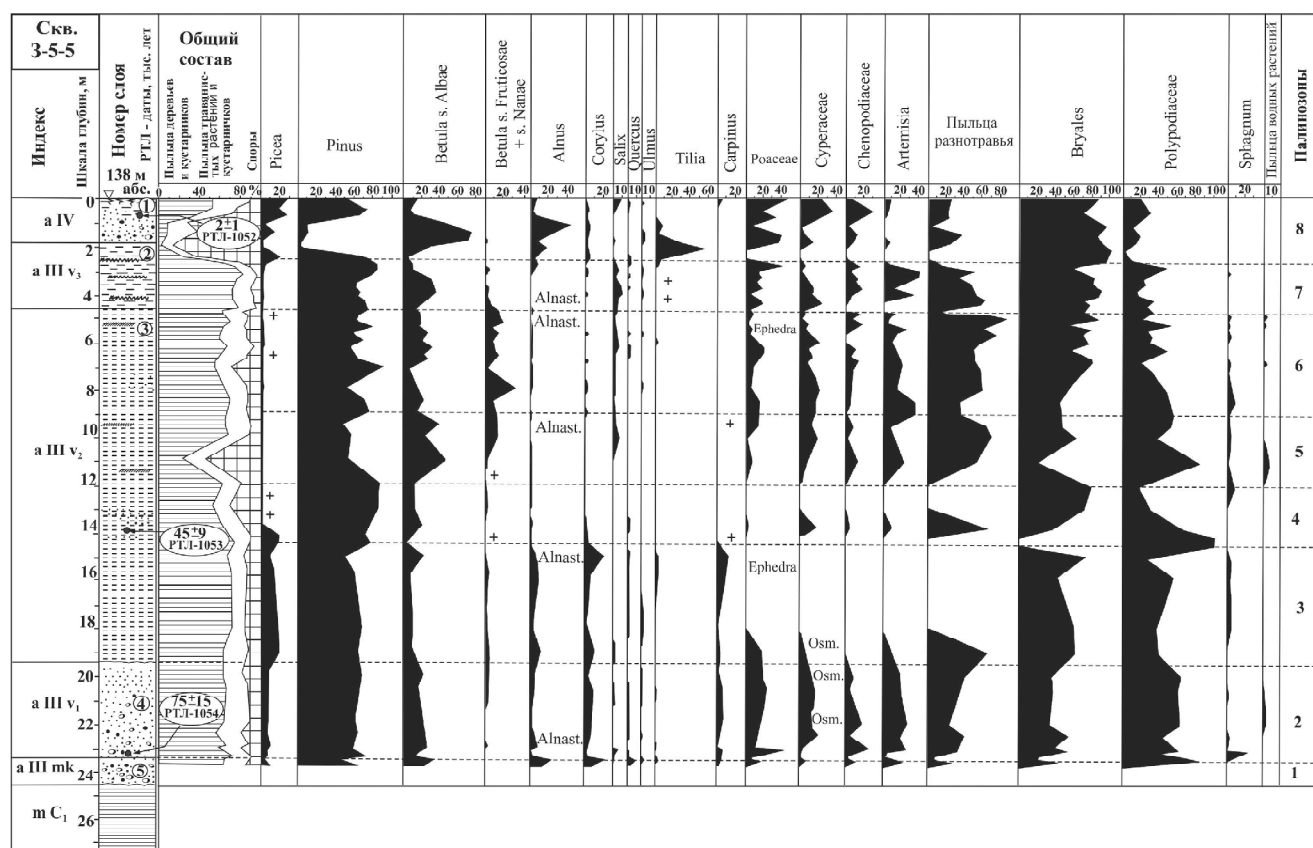


Рис. 4. Спорово-пыльцевая диаграмма отложений, вскрытых скважиной 3-5-5 (см. рис. 1, проф III-III и рис. 3). Анализ выполнен З.В. Алешинской и В.С. Гуновой

Fig. 4. Spore-pollen diagram of deposits, opened by Z-5-5 well (Fig. 1, Line III-III, Fig. 3). Analysis by Z.V. Aleshinskaya and V.S. Gunova

липы, граба (на долю последнего приходится самый высокий процент содержания – до 10%). Спорадически отмечается зерна *Osmunda cinnamomea*, вида показательного для второй половины микулинского межледниковья. Сохранность пыльцы широколиственных пород часто плохая: она уплощена, деформирована, разорвана, то есть несет черты явного переотложения из нижележащих слоев. Указанный состав пыльцы дает основание для отнесения данного слоя к микулинскому горизонту.

Палинозона II характеризует горизонт песка с гравием и прослоями растительного детрита (глубина 19,5–23,5 м, слой 4). В общем составе доминирует пыльца древесных пород (64–84%), среди которой безраздельно господствует пыльца сосны (до 75%). Доля ели не более 10%. Содержание пыльцы березы древовидной колеблется от 15 до 25%, ольхи и лещины от 5 до 8%. Постоянно присутствуют единичные зерна кустарниковых видов березы (*Betula ss. Nanae* и *Fruticosa*) и ивы (*Alnaster*) (не более 2%). Отмечается небольшое количество пыльцы широколиственных пород (не более 10%). Отмечена пыльца хвойника *Ephedra*, характерного представителя перигляциально-степной флоры. Спорадически отмечаются зерна *Osmunda cinnamomea*. Для осадков данного горизонта (как, впрочем, и для всех вышележащих) характерно постоянное значительное содержание как древних

пыльцевых зерен и спор, так и четвертичных со следами переотложения. Присутствие экологически несовместимых элементов (представителей термофильной флоры и перигляциальной растительности), как и наличие переотложенных субфоссилий, свидетельствуют о формировании отложений за счет перемыва более древних осадков. Частая встречаемость таких видов, как граб, *Osmunda*, характерных для второй половины оптимума микулинского межледниковья, указывает на то, что процесс седиментации осадков данного слоя происходил в значительной степени за счет перемыва отложений заключительных фаз этой эпохи. В целом спорово-пыльцевые спектры свидетельствуют о развитии в долине р. Протвы сосновых лесов с небольшим участием березы, ели, ольхи. Открытые пространства занимали травянистые ценозы, в которых преобладали осоково-злаково-полынные сообщества с участием эфедры.

Названные спектры типичны для холодных интервалов валдайского оледенения. Учитывая стратиграфическое положение осадков этого слоя, его скорее всего можно отнести к ранневалдайскому (МИС-4) времени. Это подтверждает и абсолютная датировка образца, отобранного в подошве слоя 4 – $75\,000 \pm 15\,000$ л. н.

Залегающая выше мощная толща алевроитов (глубина 4,7–19,5 м, слой 3), характеризуется че-

тырьмя различными палинозонами (III–VI), что свидетельствует о нестабильности ландшафтно-климатических условий в период ее образования.

Палинозона III (глубина 14,5–19,5 м) соответствует нижняя часть этой толщи. В составе спорово-пыльцевых спектров возрастает количество пыльцы хвойных пород (сосны до 70%, ели до 20%). Участие пыльцы березы древовидной снижается до 10–15%. Постоянно присутствует пыльца широколиственных пород. Содержание их на глубине 15,0–15,8 м достигает 12–13%. Основная доля приходится на граб (10–11%). Доля переотложенных зерен значительно меньше. Количество пыльцы лещины колеблется от 5 до 19%. Климатические условия формирования осадков этой пыльцевой зоны были холоднее современных, но благоприятнее, чем в период накопления слоя 4. Время формирования этой части отложений можно отнести к межстадиальному потеплению первой половины среднего валдая. Это подтверждается абсолютной датой с глубины 14,0 м – $45\,000 \pm 9\,000$ л. н.

Палинозона IV соответствует горизонту алевроитов, отличающихся повышенной опесчаненностью (глубина 12,0–14,5 м). Спектры этой палинозоны характеризуются снижением содержания пыльцы древесных пород и возрастанием доли спор. В группе деревьев и кустарников безраздельно господствует пыльца сосны (до 86%). Пыльца широколиственных пород спорадически отмечается только в нижней части горизонта. Количество древних переотложенных форм снижается. Пыльцевые спектры свидетельствуют о широком распространении сосновых боров-зеленомошников обедненного состава. Характер растительного покрова, высокое содержание спор и постоянное присутствие кустарниковых видов берез указывают на изменение климатических условий в сторону похолодания по сравнению с предыдущим этапом.

Палинозона V выделяется в горизонте слоистого алевроита (глубина 9,0–12,0 м). В палиноспектрах среди древесной пыльцы снижается содержание сосны (до 46%) и увеличивается доля березы древовидной (до 46%). Количество пыльцы представителей перигляциальной флоры (кустарниковых видов берез *Betula s. Nanae*, *B. s. Fruticosae* и *Alnaster*) возрастает и на верхней границе горизонта достигает 14%. Спектры данного горизонта свидетельствуют о распространении сосново-березовых лесов. Площади лесных группировок несколько сокращаются, уступая место открытым пространствам, занятым осоково-моховыми и ксерофито-разнотравными ценозами с зарослями кустарниковых берез. Растительный покров приобретает черты перигляциального ландшафта, развивающегося в условиях нарастающего похолодания.

Палинозона VI характеризует горизонт глинистого алевроита с включениями органических остатков (глубина 4,7–9,0 м). Отличительной особенностью этой палинозоны является разнообразие компонентов, образующих перигляциальные сообщества. Так, содержание пыльцы кустарниковых ви-

дов берез по разрезу самое высокое (от 5 до 33%). В составе пыльцы древесных пород доминирует сосна (до 80%), часто в виде мелких, недоразвитых форм, развивающихся в суровых условиях. Содержание пыльцы березы древовидной не превышает 30%. Палинологические данные свидетельствуют о распространении перигляциальных ландшафтов – редкостойных березово-сосновых угнетенных лесов, перемежающихся с открытыми пространствами, занятыми ерниковыми зарослями. Климатические условия в период формирования подобных фитоценозов были наиболее суровыми и соответствовали максимальной стадии валдайского оледенения (МИС-2).

Палинозона VII соответствует горизонту суглинка с прослоями торфа (глубина 2,6–4,7 м, слой 2). Спектры отличаются увеличением содержания пыльцы древесных пород, исчезновением пыльцы кустарниковых видов берез и появлением во всех образцах пыльцы термофильной флоры. Все это указывает на некоторое улучшение климатических условий, связанное с началом потепления. Площади, занятые сосновыми лесами с участием березы, увеличиваются. В виде незначительной примеси в них появляются широколиственные породы.

Палинозона VIII (глубина 0,0–2,6 м, слой 1). По составу пыльцевых спектров она может быть подразделена на две подзоны (*а* и *б*). Палиноспектры *подзоны а* (глубина 1,0–2,6 м) резко отличаются от всех рассмотренных. Здесь в общем составе безраздельно господствуют споры. На долю пыльцы древесных пород и трав приходится не более 20%. Среди пыльцы древесных попеременно доминируют липа, береза, ольха. В *подзоне б* (глубина 0,0–1,0 м) преобладающее положение занимает пыльца древесных пород (44–59%) – доминируют в этой группе сосна (44–73%) и ель (17–26%). Пыльца широколиственных пород составляет не более 3%. Значительное похолодание, запечатленное в палиноспектрах *подзоны а*, сменяется потеплением (*подзона б*), когда лесные группировки получали более широкое распространение.

Палинозоны VII и VIII, рассмотренные в совокупности, отображают сложную палеогеографическую обстановку, создавшуюся на данной территории в период деградации осташковского оледенения. Климатические условия оставались холоднее современных даже в теплые интервалы.

Из сказанного выше следует, что накопление отложений, вскрытых скважиной 3-5-5, началось в микулинскую эпоху и продолжалось в ранне-, средне- и поздневалдайское время, в неглубоком (старичном) водоеме олиготрофного типа. Многочисленные перерывы в осадконакоплении не позволяют восстановить полную картину палеогеографических событий этого периода. В разрезе запечатлены и охарактеризованы в основном холодные этапы. Перерывы в осадконакоплении приходятся, вероятно, на теплые интервалы, когда шел размыв ранее образованных осадков.

Итак, в ранневалдайское (МИС-4) время формируется нижняя часть вскрытой толщи, представленная разнотравными песками (см. рис. 4, слой 4). Палинологические данные свидетельствуют о развитии в долине р. Протвы сосновых лесов с небольшим участием березы, ели, ольхи. Открытые пространства занимали травянистые ценозы, в которых преобладали осоково-злаково-полынные сообщества с участием эфедры. Климатические условия были холоднее современных.

В средневалдайское время в ходе накопления толщи алевритов (слой 3), растительный покров был представлен сосняками-зеленомошниками с примесью ели и небольшим участием мелколиственных пород (березы, ольхи, ивы). В виде незначительной примеси в лесных сообществах принимали участие дуб, вяз, липа и граб. Травяной покров был развит слабо. Климатические условия были холоднее современных, но благоприятнее, чем в период накопления слоя 4.

В осташковское время продолжается формирование алевритовой толщи (слой 2). На начальных этапах этого интервала господствуют «обедненные» сосновые боры-зеленомошники. Площади лесов сокращаются, уступая место открытым пространствам, занятым злаково-полынно-разнотравными и осоково-моховыми сообществами с зарослями кустарниковых видов берез. Растительный покров приобретал черты перигляциального ландшафта, существующего в условиях нарастающего похолодания. Наибольшего распространения этот тип растительного покрова достигал в период максимальной стадии осташковского оледенения, когда климат был более суровым, чем в предыдущие и последующие этапы. В это время редкостойные березово-сосновые угнетенные леса перемежались с открытыми пространствами, занятыми ерниковыми зарослями, злаково-полынными и осоково-разнотравно-моховыми ассоциациями. В этот период заканчивается формирование алевритовой толщи (слой 3).

В заключительные этапы осташковской эпохи (позднеледниковье) формируются суглинисто-песчаные осадки (слой 2). В период деградации ледникового покрова в развитии растительности и климата палинологическими данными фиксируются два потепления межстадиального типа, разделенные похолоданием. Во время потеплений возрастала роль лесных группировок с преобладанием сосны. В период похолодания сокращались площади лесов, в которых преобладали березы, и расширялись пространства, занятые ксерофитно-разнотравно-моховыми сообществами тундрового типа. Климатические условия оставались холоднее современных даже в теплые интервалы.

Сравнение приведенной диаграммы осадков, выполняющих долинный врез в районе профиля II-II (рис. 1, 2), с осадками II надпойменной террасы (скв. Ж-6-7) (рис. 1, 5), позволяют отметить следующие особенности палиноспектров. В разрезе террасы подробнее представлены микулинские отложения и их переход к началу ранневалдайского

(МИС-4) (калининского) похолодания. Этому времени отвечают общее снижение содержания древесных пород (до 50–60%) и появление в палинологическом спектре пыльцы карликовых форм березы, ольхи и ивы. Одновременно в ходе аккумуляции происходил переход от формирования русловых фаций к пойменным со значительным включением склоновых разностей (см. рис. 5, слой 2). Сложная толща слоя 2 может быть интерпретирована как перигляциальная разность, формировавшаяся в условиях сосново-березового редколесья со значительными пространствами, занятыми злаково-разнотравными группировками, болотами и тундровыми сообществами, характерными для начальных этапов калининского времени. Однако, климатические условия были не столь суровы, по сравнению с поздневалдайской осташковской эпохой.

Близкие данные реконструкций были получены в результате исследования известного разреза озерных осадков Бутовского болота (междуречье Протвы и Лужи в 4 км к югу от скважины 3-5-5) [Borisova, 2005].

Выводы:

– установлены особенности строения и формирования трех надпойменных террас р. Протвы, и состава слагающего их разновозрастного аллювия. Аллювий каждой из террас характеризуется различными спектрами руководящих и аксессуарных минералов в соответствии с влиянием местных и удаленных питающих провинций. Этот вывод может быть использован в целях надежной диагностики и корреляции разновозрастного аллювия;

– существенно уточнена история долины р. Протвы. Анализ материалов свидетельствует о ее сложности в послемосковское время. Непродолжительный этап позднемосковской аккумуляции сменило микулинское врезание. Глубина этого эрозионного вреза в исследованном районе достигала 24 м, что несколько больше, чем считалось ранее. В процессе позднемикулинской и калининской аккумуляции была сформирована аллювиальная толща до 35–40 м мощностью (до уровня II надпойменной террасы), после чего в средневалдайское время произошло новое врезание реки (около 20 м ниже современного уреза). В результате нового этапа аккумуляции в средне- и поздневалдайское время была сформирована 30-метровая песчаная и алевритовая толща, заполнившая большую часть вреза до высоты I надпойменной террасы. Последующий врез в конце поздневалдайской эпохи (до 6–7 м ниже современного уреза) уничтожил верхнюю часть поздневалдайских (осташковских) осадков, поверх которых стали формироваться отложения современной высокой поймы, датируемые 11,5–3,0 тыс. л. н.;

– на основании новых спорово-пыльцевых данных (по образцам скважины 3-5-5) определена палеогеографическая обстановка формирования мощной аллювиальной толщи р. Протвы, начиная с микулинского межледниковья. Установлен этап масштабного похолодания, начавшегося в конце микулинского времени. Реконструированы палеокли-

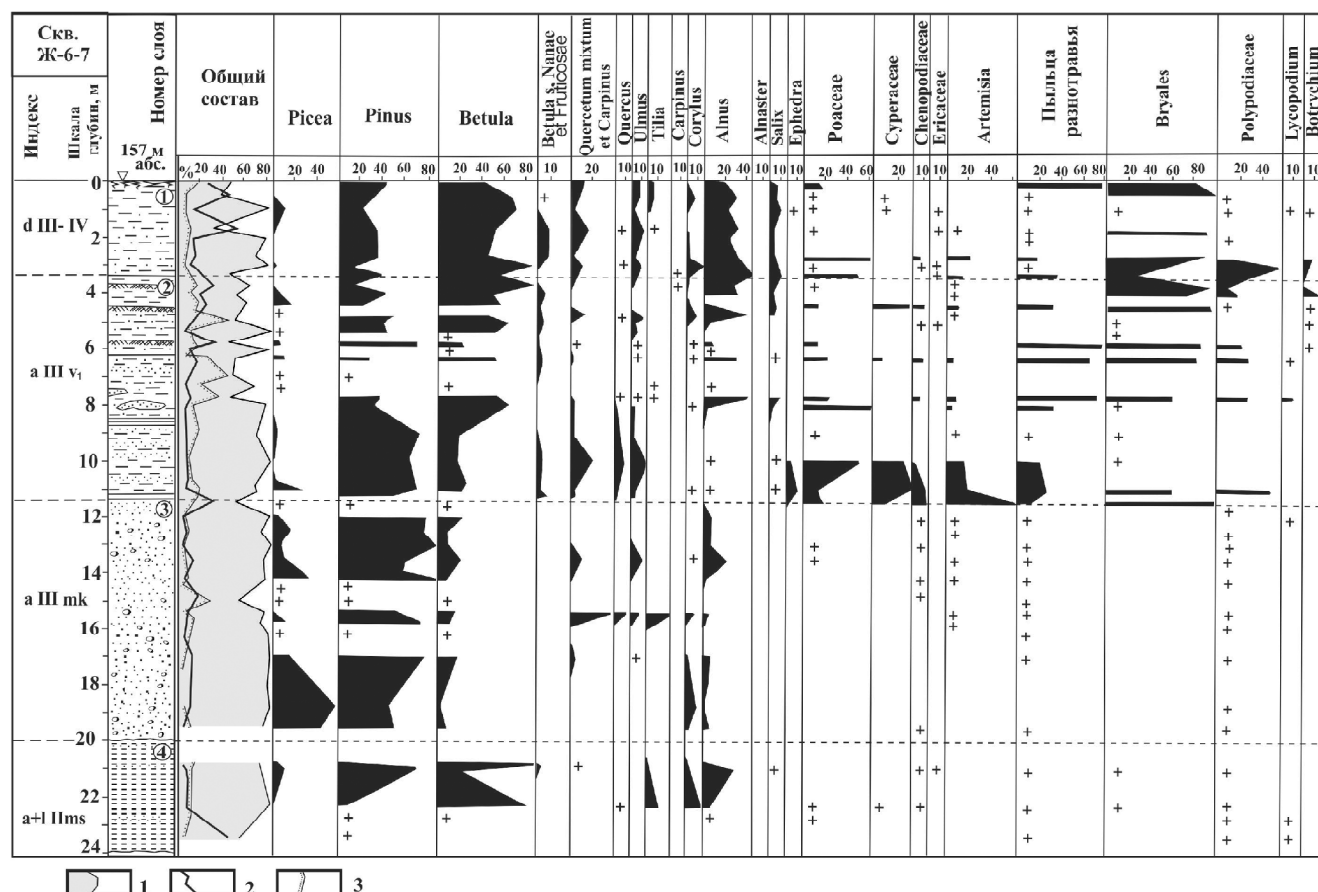


Рис. 5. Спорово-пыльцевая диаграмма отложений II НПТ, вскрытых скважиной Ж-6-7 (см. рис. 1, проф. II-II), анализ З.В. Аleshинской. Условные обозначения: 1 – пыльца древесных пород и кустарников, 2 – пыльца травянистых пород и кустарников, 3 – споры

Fig. 5. Spore-pollen diagram of sediments of II NPT, opened by G-6-7 well (see Fig. 1, Line. II-II), analysis by Z.V. Aleshinskaya. 1 – pollen of tree species and shrubs, 2 – pollen of grassy species and shrubs, 3 – spores

матические ритмы позднего неоплейстоцена, соответствующие МИС-4, МИС-3 и МИС-2. Полученные материалы позволяют однозначно говорить о наличии в центральном регионе России во время калининского оледенения (МИС-4) значительного похолодания, хотя и уступающего по величине эпохе поздневалдайского оледенения (МИС-2). Довольно четко выделяется средневалдайское потепление (МИС-3), разделяющее эпохи похолоданий (МИС-4 и МИС-2);

– особенности строения аллювия (отсутствие русловых фаций), выполняющего послемосковские врезы долины р. Протвы, не подтверждающие имеющиеся в литературе сведения об эпохах «мощного стока», имевших место 18–12 и 40–28 тыс. л. н.

Результаты проведенных исследований имеют важное научно-методическое значение для палеогеографических реконструкций позднего неоплейстоцена в центральном регионе Европейской России.

Благодарности. Работа выполнена в рамках темы госзадания № АААА-А16-11632810089-5 «Эволюция природной среды, динамика рельефа и геоморфологическая безопасность природопользования».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Антонов С.И., Рычагов Г.И. Флювиальный литоморфогенез в долине р. Протвы // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 1993. № 6. С. 68–76.
Болысов С.И. История развития малых эрозионных форм краевой зоны московского оледенения (на примере бассейна р. Протвы). Дис. ... на соиск. уч. степ. канд. геогр. н. М., 1986. 258 с.

Гричук В.П. Методика обработки осадочных пород, бедных органическими остатками, для целей пыльцевого анализа // Пробл. физич. географии. 1940. Вып. 8. С. 53–58.
Комплексный анализ среднечетвертичных отложений Сатинского учебного полигона / Под ред. Г.И. Рычагова и С.И. Антонова). М.: Изд-во Моск. ун-та, 1992. 128 с.

Материалы географических исследований Сатинского учебного полигона и смежных территорий в бассейне Средней Протвы, Деп. ВИНТИ. Вып. II. М., 1978. 54 с.

Материалы географических исследований Сатинского учебного полигона и смежных территорий в бассейне Средней Протвы. Деп. ВИНТИ. М., 1980. Вып. III. 173 с.

Мецераков Ю.А. Неотектоника // Геология СССР. Т. IV. М.: Недра, 1971. С. 659–678.

Панин А.В. Флювиальное рельефообразование на равнинах умеренного пояса Евразии в позднем плейстоцене – голоцене. Автореф. дис. ... докт. геогр. н. М., 2015. 46 с.

Реконструкция палеогеографических событий среднего неоплейстоцена центра Русской равнины. М.: Изд-во Моск. ун-та, географический факультет, 2008. 167 с.

Руководство по изучению новейших отложений / Под ред. П.А. Каплина. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1987. 238 с.

Строение и история развития долины р. Протвы / Под ред. Г.И. Рычагова и С.И. Антонова. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1996. 129 с.

Судакова Н.Г. Палеогеографические закономерности плейстоценового морфолитогеогенеза как основа природных изменений // Структура, динамика и эволюция природных геосистем. М.: Городец, 2004. Т. 1. С. 513–537.

Borisova O.K. Vegetation and climate changes at Eemian // Weichelian transition: new palynological data from central Russian plain. Polish Geological Institute Special Papers. 2005. V. 16. P. 9–17.

Sidorchuk A., Panin A., Borisova O. Morphology of river channels and surface runoff in the Volga River basin (East European Plain) during the Late Glacial period // Geomorphology. 2009. № 113. P. 137–157.

Поступила в редакцию 29.03.2018

После доработки 24.02.2019

Принята к публикации 15.04.2019

S.I. Antonov¹, V.S. Gunova²,
G.I. Rychagov³, N.G. Sudakova⁴

THE PROTVA RIVER VALLEY EVOLUTION IN THE LATE NEOPLEISTOCENE

Basing on the detailed integrated studies, the history of the Protva River valley development is considered. Specific features of the geological and geomorphologic structure of the differently aged terraces are established. The obtained lithologic-mineralogical and palynological characteristics of their alluvium are a reliable diagnostic and correlation criterion. The erosion-accumulative cycles of valley development were identified for the late Neopleistocene. Palynological data provided for the reconstruction of the landscape and climatic conditions of terracing, including the paleoclimatic rhythms of the late Neopleistocene, MIS-5, MIS-4, MIS-3, MIS-2. The materials obtained make it possible to unequivocally speak of pronounced cooling in the central region of Russia during the Kalinin period, weaker in intensity than that of the Late Valdai era of the Ostashkov Ice Age. The epochs of cooling are separated by the Middle Valdai warming.

Key words: palaeogeography of Neopleistocene, valley development, alluvial composition, integrated approach, palynological data, paleogeographic reconstructions

Acknowledgements. The work was done under the scientific theme № AAAA-A16-11632810089-5 «Evolution of Environment, Relief Dynamics and Geomorphologic Safety of Nature Management».

REFERENCES

Antonov S.I., Rychagov G.I. Flyuvial'nyj litomorfogenez v doline r. Protvy [Fluvial litomorphogenesis in the valley of the r. Protva] // Vestn. Mosk. un-ta. Ser. 5. Geografija. 1993, № 6. P. 68–76. (in Russian)

Bolysov S.I. Istoriya razvitiya malyh ehrozionnyh form kraevoy zony moskovskogo oledeneniya (na primere bassejna r. Protvy) [The history of the development of small erosional forms of the marginal zone of the Moscow glaciation (on the example of the Protva river basin)]. Dis. j na soisk. uch. step. kand. geogr. n. M., 1986, 258 p. (In Russian)

Borisova O.K. Vegetation and climate changes at Eemian // Weichelian transition: new palynological data from central Russian

plain. Polish Geological Institute Special Papers. 2005. V. 16. P. 9–17.

Grichuk V.P. Metodika obrabotki osadochnyh porod, bednyh organicheskimi ostatkami, dlya celej pyl'cevogo analiza [Methods of processing sedimentary rocks, poor in organic residues, for the purposes of pollen analysis] // Probl. fizich. geografii. 1940. Vyp. 8. P. 53–58. (In Russian)

Kompleksnyj analiz srednechetvertichnyh otlozhenij Satinskogo uchebnogo poligona / Pod red. G.I. Rychagova i S.I. Antonova [Comprehensive analysis of mid-Quaternary deposits of the Satinsky training ground] / Pod red. G.I. Rychagova i S.I. Antonova. M.: Izd-vo MGU, 1992. 128 p. (In Russian)

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Geomorphology and Paleogeography, Senior Scientific Researcher, PhD. in Geography; e-mail: ser11131134@yandex.ru

² Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Research Laboratory of Recent Sediments and Pleistocene Paleogeography, Senior Scientific Researcher, PhD. in Geography; e-mail: gunova39@mail.ru

³ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Geomorphology and Paleogeography, Professor, D.Sc. in Geography; e-mail: gir242@rambler.ru

⁴ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Research Laboratory of Recent Sediments and Pleistocene Paleogeography, Leading Scientific Researcher, D.Sc. in Geography; e-mail: gir242@rambler.ru

Materialy geograficheskikh issledovanij Satinskogo uchebnogo poligona i smezhnyh territorij v bassejne Srednej Protvy [Materials of geographical studies of the Satinsky training ground and adjacent territories in the basin of the Middle Protva]. Dep. VINITI. Vyp. II. M., 1978. 54 p. (In Russian)

Materialy geograficheskikh issledovanij Satinskogo uchebnogo poligona i smezhnyh territorij v bassejne Srednej Protvy [Materials of geographical studies of the Satinsky training ground and adjacent territories in the basin of the Middle Protva]. Dep. VINITI. Vyp. III. M., 1980. 173 p. (In Russian)

Meshcheryakov Yu. A. Neotektonika [Neotectonics] // Geologiya SSSR. T. IV. M.: Nedra, 1971. P. 659–678. (In Russian)

Panin A.V. Flyuvial'noe rel'efoobrazovanie na ravninah umerennogo poyasa Evrazii v pozdnem plejstocene – golocene [Fluvial relief on the plains of the temperate zone of Eurasia in the Late Pleistocene – Holocene]. Avtoref. diss. na soisk. uchen. step. d.g.n. M. 2015. 46 p. (In Russian)

Rekonstrukciya paleogeograficheskikh sobytij srednego neoplejstocena centra Russkoj ravniny [Reconstruction of the

paleogeographic events of the Middle Pleistocene of the center of the Russian Plain]. M.: Izd-vo Mosk. un-ta, geograficheskij fakul'tet, 2008. 167 p. (In Russian)

Rukovodstvo po izucheniyu novejsih otlozhenij [Guide to the study of new deposits] / Pod red. P.A. Kaplina. M.: Izd-vo MGU, 1987. 238 p. (In Russian)

Sidorchuk A., Panin A., Borisova O. Morphology of river channels and surface runoff in the Volga River basin (East European Plain) during the Late Glacial period // Geomorphology. 2009. № 113. P. 137–157.

Stroenie i istoriya razvitiya doliny r. Protvy [Structure and history of the valley of Protva river] / Pod red. G.I. Rychagova i S.I. Antonova. M.: Izd-vo MGU, 1996. 129 p. (In Russian)

Sudakova N.G. Paleogeograficheskie zakonomernosti plejstocenovogo morfolitogeneza kak osnova prirodnyh izmenenij [Paleogeographic patterns of the Pleistocene morpholithogenesis as the basis of natural changes] // Struktura, dinamika i ehvoljuciya prirodnyh geosistem. T. 1. M.: Gorodec, 2004. P. 513–537. (In Russian)

Received 29.03.2018

Revised 24.02.2019

Accepted 15.04.2019