

Научные сообщения

УДК 551.4.075→551.8(234.81)

© 2008 г. Ю.Р. БЕЛЯЕВ, Т.М. ГРИГОРЬЕВА, С.А. СЫЧЕВА, Е.Д. ШЕРЕМЕЦКАЯ

**РАЗВИТИЕ БАЛОЧНЫХ ВЕРХОВИЙ
ЦЕНТРА СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ В КОНЦЕ
СРЕДНЕГО – ПОЗДНЕМ НЕОПЛЕЙСТОЦЕНЕ¹****Введение**

Важная роль, которую играют малые эрозионные формы рельефа (МЭФ) в балансе наносов на большей части суши, а также активное антропогенное освоение их бассейнов, заставляют исследователей уделять повышенное внимание изучению функционирования и прогнозированию развития этих форм. Одним из главных источников информации для подобных исследований являются реконструкции истории развития МЭФ. Они позволяют уточнить существующие представления о функционировании МЭФ, выявить реакцию эрозионных форм на изменения природной среды, как на локальном, так и на региональном уровне.

К настоящему моменту детально реконструирована позднеледниково–голоценовая история МЭФ [1–5]. Представления о развитии МЭФ в рамках межледниково–ледниковых климатических циклов неоплейстоцена схематичны. Они сводятся к выделению трех основных этапов: углубления на рубеже холодной и теплой фаз климатического цикла, стабилизации на протяжении теплой фазы цикла, и заполнения на протяжении холодной фазы цикла [6–10]. Причиной неполноты знаний о развитии эрозионных форм является широкое распространение в них денудационных процессов, приводящее к уничтожению следов развития МЭФ в прошлом. Решить эту проблему позволяет изучение погребенных малых эрозионных форм (ПМЭФ), сохранивших в неизменном состоянии значительную часть геологической летописи.

Объект и методика исследования

В качестве объекта исследования были выбраны ПМЭФ внеледниковой зоны центра Среднерусской возвышенности, вскрытые на левобережье р. Сейм в 7–8 км к югу от г. Курска в Александровском карьере (рис. 1). Карьер врезан в субгоризонтальную водораздельную поверхность между верховьями балки Кукуевский Лог и расположенной южнее балочной системой. Исследования этого объекта проводятся, начиная со второй половины 80-х годов прошлого века [10–13]. Удалось изучить серию поперечных срезов одной из генераций ПМЭФ, установить относительный возраст форм этой генерации и восстановить в общих чертах последовательность их развития [10]. Были реконструированы основные этапы почвообразования, а также выявлена сложная ис-

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 06-05-65203).

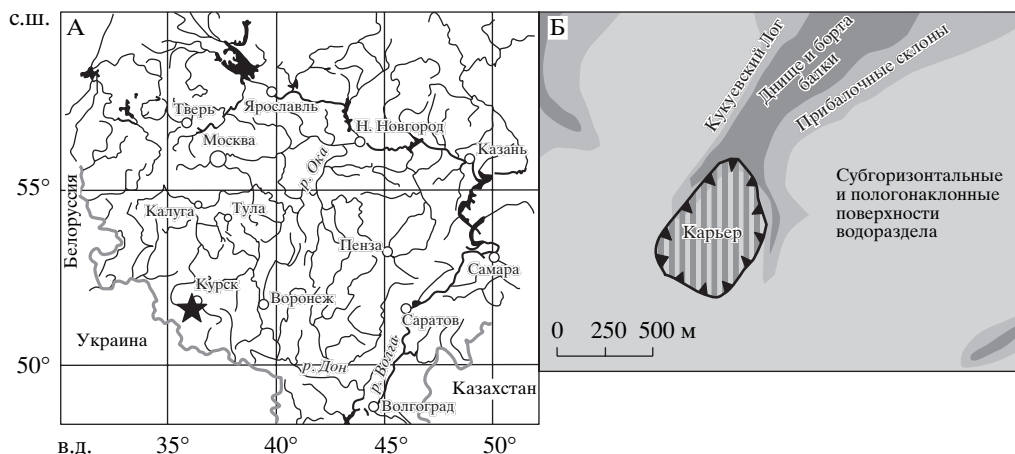


Рис. 1. Расположение ключевого объекта исследований (А) и морфологическая схема окрестностей Александровского карьера (Б)

тория формирования профиля межледниковой почвы – три генерации почвообразования, разделяемых двумя эпизодами активизации морфолитогенных процессов [12].

Начиная с 2003 г. проводились детальные исследования геологического строения всего комплекса погребенных врезов. Проведен детальный анализ текстурных особенностей заполняющих врезы отложений, гранулометрический анализ балочного заполнения, тахеометрическая съемка планового положения погребенных врезов. Новые данные, дополненные полученными ранее результатами изучения погребенных почв и валового химического анализа [12, 13], позволили уточнить представления о развитии балочных верховий в конце среднего – позднем плейстоцене.

Морфология и геологическое строение погребенных врезов

В стенке карьера вскрываются три генерации ПМЭФ, не выраженные в современном рельефе (рис. 2). Они не были унаследованы верховьями современной балки при последней перестройке верхних звеньев эрозионной сети. Краткая характеристика геологического строения врезов приведена в таблице. В заполнении врезов второй генерации наблюдается серия погребенных почвенных профилей, подчеркивающих положение днищ палеоформ на разных этапах их развития. Нижняя из этих почв по морфотипическим признакам и результатам спорово-пыльцевого анализа соотносится с салынской почвой мезинского лёссово-почвенного комплекса [10] и формировалась в микулинское межледниковье. Верхняя из погребенных почв, развитая по нижней части толщи, погребаящей палеоврезы второй генерации и нарушенная многочисленными клиновидными криоструктурами, соответствует брянской почве, что подтверждается радиоуглеродными датировками [13]. Расположенные стратиграфически между ними кукуевская, стрелецкая и александровская почвы (снизу вверх) имеют ранне–средневалдайский возраст [13]. В основании стенок карьера залегает лёсс среднелепестового (московского) возраста. Соотношение врезов друг с другом и с реперными горизонтами позволило на первичном уровне определить относительный возраст заложения погребенных врезов: первая генерация – позднемосковский; вторая генерация – позднемосковский–раннемикулинский; третья генерация – поздневалдайский.

Палеоврезы первой генерации представлены многочисленными эрозионными формами, полностью врезанными в толщу московского лёсса. Эрозионный контакт, несо-

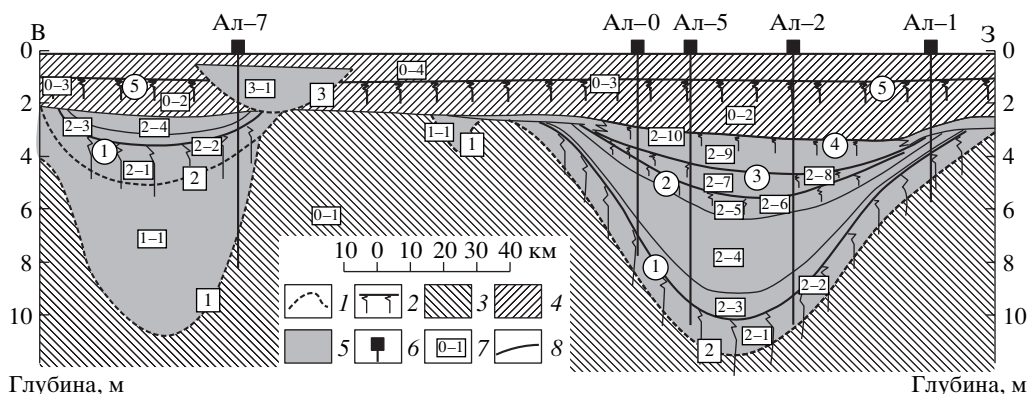


Рис. 2. Принципиальная схема строения комплекса погребенных врезов

1 – погребенные врезы (цифрами в квадратах обозначены врезы генерации: 1 – первой, 2 – второй, 3 – третьей); 2 – почвенные профили (цифрами в кругах обозначены почвы: 1 – салынская, 2 – кукуевская, 3 – стрелецкая, 4 – александровская, 5 – брянская); лёсс: 3 – московский; 4 – средне-поздневалдайский; 5 – заполнение погребенных врезом; 6 – расположение ключевых разрезов; 7 – номера слоев в толще заполнения врезом (описание слоев см. в таблице); 8 – геологические границы

гласно срезающий верхнюю часть заполнения этих врезом и отделяющий их от комплекса погребенных отложений, подчеркивается погребенной почвой, формирование которой происходило на протяжении микулинского межледникового [10, 12]. Время активного существования данных эрозийных форм ограничено позднемосковским временем. Наиболее крупная из них (рис. 2, разрез Ал-7) имеет ширину по бровкам около 40–50 м при видимой глубине около 5–6 м (предполагаемая глубина – до 7 м). Борта формы крутые (до 25° и более). Судя по морфологии, это погребенный овраг.

Большим распространением пользуются также неглубокие (до 2 м) и относительно узкие (до 30–40 м) формы, по морфологии сходные с небольшими современными балками или ложбинами, хотя встречаются и более мелкие формы овражного типа, глубиной до 1.5–2 м при ширине в первые метры. Борта форм пологие, слегка вогнутые, крутизной до 5–7°. Они представляют собой притоки наиболее крупной палеоформы первой генерации.

В разрезах МЭФ первой генерации подчеркиваются четким эрозийным контактом, отделяющим их слоистое заполнение (слой 1–1) от вмещающего московского лёсса. На бортах врезом и в заполняющей их толще не обнаруживается следов почвообразования *in situ*. Главную роль играют слоистые делювиально-пролювиальные отложения. В нижней части толщи преобладает тонкая горизонтальная слоистость, отражающая процесс заполнения МЭФ за счет поступления материала из продолжающей регрессивно расти вершины врезом. Верхняя часть толщи представлена делювиально-пролювиальными отложениями слившихся конусов выноса небольших МЭФ-притоков – наклонные (параллельно бортам палеоформы) тонкослоистые пачки мощностью до 10–20 см. Мощность пачек уменьшается вверх по разрезу. С этими отложениями фациально сочетаются и отложения, заполняющие меньшие по размерам МЭФ первой генерации. К границам между отдельными делювиально-пролювиальными пачками в верхней части толщи заполнения приурочены трещины усыхания и грунтовые жилы. Солифлюкционные текстуры встречаются только в отдельных прослоях в прибровочной части палеоформ, и чаще всего наблюдаются вместе с инволюциями, небольшими мерзлотными клиньями, а в верхней части толщи заполнения – с ячеистой постшлировой текстурой, свидетельствующей о наличии мерзлоты и переувлажненном состоянии деятельного слоя на момент формирования текстур [14]. В разрезе четко выделяется два подобных прослоя мощностью до 0.5–1.0 м. Один из них фациально сочетается с верхней частью заполнения

Краткая характеристика геологического строения погребенных врезов

Отложения	№ слоя	Краткая характеристика
Вмещающие и перекрывающие	0–1	лёсс среднесуглинистый палевый, карбонатный, пористый, однородный (московский)
	0–2	лёсс тяжелосуглинистый буро- и сизовато-палевый, слабопористый, глинистый (средневалдайский)
	0–3	брянская ископаемая почва мерзлотно-глеевая, иллювиально-карбонатная
	0–4	лёсс тяжелосуглинистый темно-палевый, слабопористый (поздневалдайский)
Заполнение палеоврезов первой генерации	1–1	солифлюкционно-пролювиально-делювиальные слоистые алевриты и суглинки с погребенными вторичными врезами, инволюциями, постшпировой текстурой, следами вязкопластичного течения грунта, грунтовыми жилами и трещинами усыхания
Заполнение палеоврезов второй генерации	2–1	делювиальные неслоистые алевросуглинистые отложения с постшпировой текстурой
	2–2	салынская почва лесного типа (серая лесная, дерново-подзолистая). В кровле почвы – насыщенный пирогенными углями обугленный прослой
	2–3	делювиальные слоистые гумусированные суглинки с единичными текстурами течения грунта
	2–4	солифлюкционно-делювиальные слоистые суглинки с погребенными врезами, инволюциями, солифлюкционными языками, эмбриональными почвами
	2–5	эолово-делювиальные неслоистые алевросуглинистые отложения
	2–6	кукуевская ископаемая почва дернового типа с трещинами усыхания и грунтовыми жилами
	2–7	эолово-делювиальные алевросуглинистые отложения с единичными горизонтальными прослоями
	2–8	стрелецкая ископаемая почва черноземовидная с крупными грунтовыми жилами
	2–9	эолово-делювиальные неслоистые алевросуглинистые отложения
	2–10	александровская ископаемая почва лугово-мерзлотно-го типа, деформированная грунтовыми жилами и инволюциями
Заполнение палеоврезов третьей генерации	3–1	делювиально-солифлюкционные неслоистые слитые темно-бурые тяжелые суглинки

наиболее древнего донного вреза палеооврага. Второй прослой разделяет на две части делювиально-пролювиальную толщу слившихся конусов выноса в верхней части заполнения палеооврага.

Наиболее крупная из вскрытых в Александровском карьере **погребенных форм второй генерации** в изученном створе имеет глубину до 7–8 м при ширине по бровкам до 100–130 м (рис. 2, разрезы Ал-0, Ал-1, Ал-2, Ал-5). Борта формы крутые (местами до 10–15°). Правый (западной экспозиции) борт круче и короче, а левый – длиннее и положе. Поперечный профиль формы асимметричный, ящикообразный, переходный к U-образному. Слегка вогнутое днище сочленяется с бортами через нечеткие тыловые швы. Судя по морфологии, эта форма представляет собой погребенную балку. Меньшие по размерам погребенные МЭФ – притоки основной балки – имеют вид ложбин или небольших балок, глубиной до 2.5–3 м при ширине в первые десятки метров (рис. 2, разрез Ал-7). Как и основная балка, они наследуют положение форм первой генерации.

В основании разреза залегают неслоистые или неяснослоистые делювиальные суглинки (слой 2–1). Ячеистая постшпировая текстура свидетельствует о том, что их накопление происходило еще на протяжении одного из позднемосковских похолоданий.

Мощность слоя закономерно возрастает от главной балки к ее небольшим притокам с 0.8–1 м до 2 м. По этим отложениям развит фиксирующий продолжительную стабилизацию днища балки профиль межледниковой (салынской) почвы (слой 2–2) – текстурно-дифференцированной полнопрофильной серой лесной, а на склонах – дерново-подзолистой [10, 12]. Для формирования голоценовых почв такого типа необходимо 3–3.5 тыс. л. [15]. Поскольку обнаруженная почва по степени дифференциации превосходит современные аналоги, а в днище балки обнаружено до трех генераций донных врезов, по заполнению которых сформировались полнопрофильные дерново-подзолистые почвы, продолжительность активного почвообразования может быть оценена в 10–12 тыс. л. В кровле почвы располагается интенсивно черный обугленный прослой, фиксирующий прохождение пожара, приведшего к дестабилизации склонов и началу интенсивного заполнения балки.

Выше залегает собственно толща заполнения палеобалки, четко разделяющаяся на серию слоев, различных по текстуре, процессами их сформировавшим, скоростям накопления. Нижние 0.2–0.6 м толщи – переслаивание переотложенного горизонта A1 и A2 салынской почвы (слой 2–3). Преобладает слоистость, параллельная поверхности палеосклона с единичными деформированными прослоями. В основании отдельных прослоев наблюдаются заполненные микротрещины усыхания. Эти отложения – послепожарная аккумуляция – формировались за счет делювиальных процессов при незначительном участии солифлюкции. Отсутствие переотложенного материала иллювиального горизонта салынской почвы в слоистой толще свидетельствует о том, что глубоких линейных размывов не образовывалось.

Выше залегает мощная (2–4 м) толща слоистого балочного заполнения (слой 2–4), залегающая линзообразно. Для нижней части слоя (0.8–1.0 м на крутом и до 2.0 м на днище и пологом склоне палеобалки) характерна четкая тонкая слоистость, повторяющаяся в общих чертах контуры палеоповерхности и связанная с аккумуляцией делювия. На ее фоне встречаются текстуры течения грунта, единичные инволюции. Четко прослеживаются отдельные пачки аллювиально-склоновых отложений, мощностью до 0.3–0.5 м, разделяемые эрозионными границами, к которым приурочены небольшие промоины глубиной до 0.4–0.5 м, а местами – эмбриональные почвы или педоседименты. Промоины заполнены овражным аллювием с четкой горизонтальной слоистостью. Верхние части каждой пачки размывы.

Вверх по разрезу следы солифлюкции исчезают, тонкая делювиальная слоистость сменяется редкими линзами белесого алевроита в фоновой неслоистой толще. Появляются более крупные инволюции. Увеличивается мощность отдельных аллювиально-склоновых пачек. Изменение текстурных особенностей отложений отражает тенденцию к иссушению климата, развитию многолетней мерзлоты и общему снижению интенсивности морфолитогенных процессов по мере приближения к пессимуму первого ранневалдайского похолодания. В верхней части слоистого заполнения обнаруживаются донные врезы глубиной до 2 м при ширине по бровкам до 1.5–2 м (рис. 3). На их бортах наблюдаются следы сплывов грунта. В заполняющей врезы толще обнаруживаются фрагменты горизонтально-слоистых отложений, слагающих их борта, со слоистостью, ориентированной субвертикально – следы обрушения бортов врезов в мерзлом состоянии. Морфология, характер заполнения, а также обилие инволюций во вмещающей толще, свидетельствуют о термоэрозионной природе врезов. Образование их было связано с процессами саморазвития МЭФ – реакцией продольного профиля палеобалки на избыточную аккумуляцию в балочных верховьях.

Характеризуя функционирование балки во время накопления слоя 2–4 можно заключить, что общие темпы осадконакопления (частота аккумулятивных событий во время формирования каждой из пачек аллювиально-склоновых отложений) были велики – поверхность слойков внутри пачек практически не осложнена трещинами усыхания и педоседиментами или эмбриональными почвами. Перерывы между формированием отдельных пачек на днище балки маркируются эрозионными границами и фрагментами эмбриональных почвенных горизонтов. Похожие прослои гумусирован-

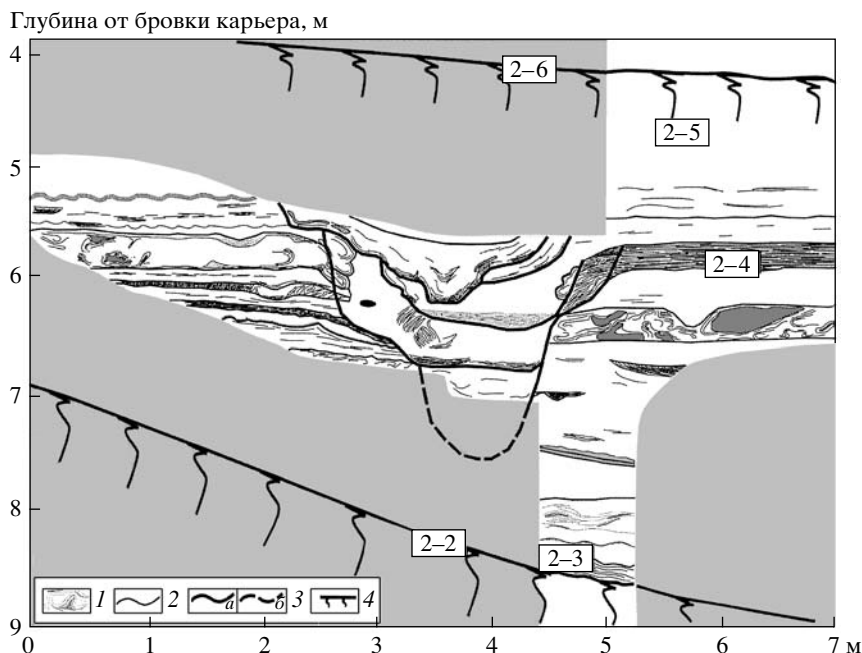


Рис. 3. Текстурные особенности заполнения погребенных врезов второй генерации. Разрез Ал-0
1 – слои и линзы различной мощности, их ориентировка; 2 – основных слоев, 3 – погребенных врезов (а – достоверные, б – предполагаемые); 4 – погребенные почвы; индексы слоев (2–2 – 2–6) см. в таблице

ного материала прослеживаются и на пологих склонах палеобалки. В условиях межледниковий эмбриональный гумусово-аккумулятивный горизонт образуется, в зависимости от субстрата, за 5–20 лет [15, 16]. В перигляциальных условиях продолжительность его формирования может увеличиваться до 20–50 лет. Малая мощность переотложенного гумусированного материала даже в аккумулятивном секторе палеокатены (1 см и менее) косвенно свидетельствует о незначительной мощности исходных эмбриональных почв и относительной кратковременности их формирования. Оценочная продолжительность отдельных эпизодов локальной стабилизации днища балки составляла несколько десятков – не более сотни лет. На протяжении этапа наиболее высокой активности склоновых процессов накопилось 0.7–1 м (нижняя часть слоя 2–4) отложений на крутом и более 2 м на пологом склонах балки. В слое отмечаются от 3 до 4 (на крутом склоне балки) и от 4 до 5 (на пологом склоне балки) эрозионных границ и привязанных к ним эмбриональных почв, либо педоседелентов. С учетом частичного размыва отложений, продолжительность этапа наиболее активного заполнения балки можно оценить не более чем в 1–1.5 тыс. л., а осредненные за весь этап скорости аккумуляции материала на днище балки (без учета размыва и вынесенного вниз по балке материала) – не менее чем 1 мм/год. Продолжительность накопления верхней части слоистой толщи составляла 5–7 тыс. л., а осредненные скорости накопления – порядка 0.1–0.2 мм/год.

Выше залегает толща неслоистого заполнения (слои от 2–5 по 2–10 включительно), внутри которой выделяется серия погребенных интерстадиальных почвенных профилей (слои 2–6, 2–8, 2–10) и криогенных горизонтов. Линзовидный характер залегания, выклинивание каждого из слоев по направлению к бровкам балки и срезание их подошвой вышележащих слоев, позволяют предполагать, что заполнение происходило преимущественно за счет поступления материала с бортов палеоформы. Перенос ма-

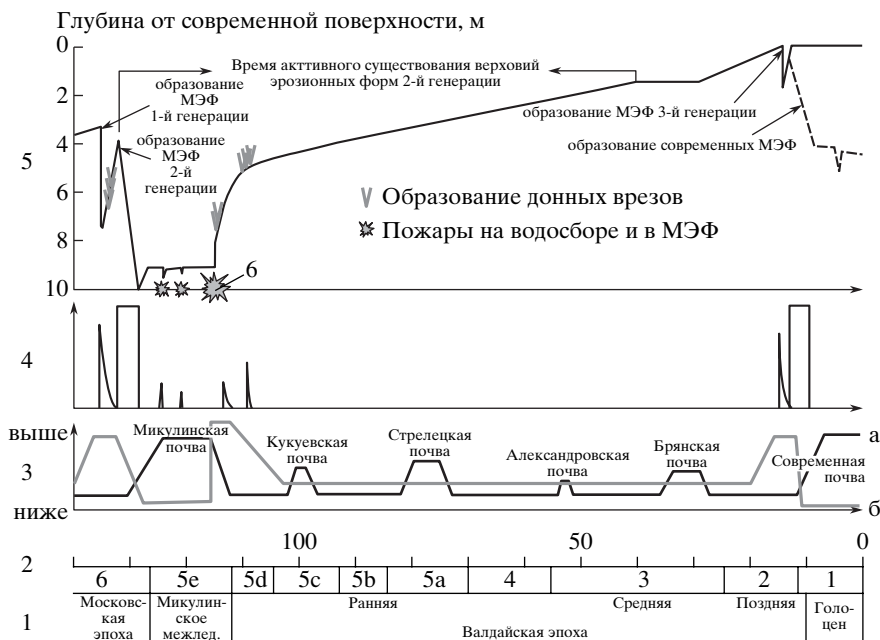


Рис. 4. Развитие погребенных МЭФ Александровского карьера в конце среднего–позднем плейстоцене 1 – стратиграфические подразделения, 2 – стадии изотопно-кислородной кривой по [18], 3 – соотношение почвообразования (а) и морфолитогенных процессов (б), 4 – эпизоды активизации линейной эрозии на днищах балок, 5 – изменение гипсометрического положения днища балки, 6 – период повышенной пирогенной активности

териала вдоль по тальвегу формы был минимален. Отсутствие четкой слоистости позволяет предполагать, что накопление этой толщи происходило за счет малоинтенсивных делювиальных процессов и эоловой аккумуляции. Почвы менее развиты, чем межледниковая салынская [12], отличаются (кроме александровской) повышенной мощностью гумусово-аккумулятивной части профиля и формировались в условиях лесостепи более холодной, чем современная, в периоды потепления и увлажнения климата – при росте скоростей почвообразования. К подошве кукуевской почвы (слой 2–6) приурочен комплекс крупных трещин усыхания и грунтовых жил. Наиболее значительные криогенные деформации отмечаются в кровле стрелецкой почвы (слой 2–8). Это псевдоморфозы шириной по бровкам до 1 м при глубине до 1–1.5 м. Александровская ископаемая почва сильно нарушена криотурбациями, сохранилась в кровле заполнения палеобалки в виде маломощного смятого в складки и разбитого трещинами темно-бурого прослоя.

Врезы второй генерации погребены валдайским лёссом, в средней и нижней части которого располагается фиксирующий субгоризонтальную палеоповерхность профиль брянской ископаемой почвы (рис. 2), нарушенный многочисленными крупными клиновидными криоструктурами.

Формы третьей генерации относятся уже к новому поздневалдайскому эрозионному циклу. Они представляют собой небольшие погребенные ложбины глубиной около 1.5 м при ширине в 20–25 м (рис. 2, разрез Ал-7). Пологие (3–4°) борта форм плавные, через нечеткие тыловые швы, сочленяются со слегка вогнутым днищем.

Палеоформа пререзает брянскую ископаемую почву и частично перекрывающую ее толщу поздневалдайского лёсса. Врез отделен от вмещающих отложений четким эрозионным контактом и заполнен однородной толщей тяжелых алевролитистых плот-

ных, слитых, темно-бурых суглинков с крупностолбчатой структурой. Отсутствие видимой слоистости и однородность материала позволяют предполагать, что заполнение связано преимущественно с малоинтенсивной аккумуляцией делювиально-солифлюкционных (преимущественно солифлюкционных) отложений. Верхняя часть заполнения этих врезов преобразована почвообразующими процессами. По ней развита современная почва. Сходные по размерам и морфологии формы, сохранившиеся в рельефе до настоящего времени, описаны для краевой зоны московского оледенения центра Русской равнины, где они интерпретируются как реликтовые делли [17].

История развития погребенных врезов

Основные события в истории развития комплекса погребенных врезов отражены на рисунке 4.

1. Образование крупных врезов первой генерации произошло в позднемосковское время (предположительно, в его первой половине) за счет активизации эрозионных процессов при значительном участии термоэрозии. Главной причиной врезания была начавшаяся перестройка климата от ледникового к межледниковому режиму: его неустойчивость, частое чередование кратковременных потеплений и резких похолоданий, общий тренд к повышению температуры и увеличению количества осадков. Современные представления о развитии оврагов [19] позволяют предполагать, что продолжительность этого этапа не превышала первых сотен лет.

2. Заполнение врезов первой генерации. В последующее за этапом выработки максимального объема время главной тенденцией развития изученного палеооврага была аккумуляция материала на его днище, происходившая также на протяжении позднемосковского времени.

Вначале заполнение МЭФ первой генерации происходило за счет активного поступления материала из регрессивно растущих вершин врезов. Скорости заполнения достигали первых десятков сантиметров за одно событие. Периодически аккумуляция прерывалась прохождением по днищу палеоформы вторичных врезов, обусловленных проявлением процессов саморазвития МЭФ. Образовавшиеся донные врезы быстро заполнялись. Постепенное снижение активности линейной эрозии привело к тому, что в условиях холодного сухого климата ведущую роль стали играть делювиальные процессы, перемещавшие на днище оврага материал с водосборных склонов. Кратковременные периоды похолодания и увеличения увлажненности климата, приводили к активизации криогенных процессов и солифлюкции.

Активизация эрозионно-аккумулятивных процессов произошла в конце этапа заполнения, когда овраг уже превратился в пологую ложбину. В результате активизации эрозии образовалась сеть небольших МЭФ-притоков наиболее крупной формы. Размыв в днище палеооврага быстро сменился накоплением делювиальных отложений, замещающих пролювием конусов выноса в районах впадения притоков. Уменьшение мощности отдельных прослоев внутри конусов выноса вверх по разрезу отражает постепенное снижение интенсивности эрозии в МЭФ-притоках. Оно, предположительно, было обусловлено уменьшением неравномерности поверхностного стока в результате общего потепления и увлажнения климата, характерного для завершающих стадий холодных эпох. Аллювиально-пролювиальная аккумуляция сменяется постепенно делювиальной. Очередное кратковременное похолодание климата вновь привело к активизации криогенных процессов. В это время все днище палеооврага было перекрыто солифлюкционными шлейфами, активно шло промерзание грунтов, шширообразование. Активизировалось морозобойное растрескивание, следы которого наблюдаются в виде заполненных трещин всех изученных палеоформ первой генерации. Последующее время характеризовалось более сухими холодными условиями. На пологих склонах МЭФ в условиях существования многолетней мерзлоты преобладали малоинтенсивные делювиальные процессы, морозобойное растрескивание, формировались грунтовые жилы. К середине–второй половине позднемосковского времени эрозионные формы первой

генерации в районе Александровского карьера были практически заполнены, и если сохранили выраженность в рельефе, то только в виде пологих и неглубоких ложбин. Выраженные в рельефе эрозионные формы сохранялись только на месте низовий наиболее крупных МЭФ – ближе к речным долинам.

3. Образование МЭФ 2-й генерации и частичное их заполнение в конце позднемосковского времени. (?–128 тыс. л. н) – конец изотопно-кислородной стадии (далее ИКС) 6. Ландшафтно-климатические изменения на рубеже холодной эпохи и межледниковья особенно благоприятствовали возникновению и углублению крупных эрозионных форм [20, 21]. Увеличение количества осадков и развитие сомкнутого растительного покрова, способствовали одновременно росту величины стока воды и уменьшению роли бассейновой эрозии. Уменьшился поток наносов с водосборов в МЭФ. В этих условиях, в конце позднемосковского времени, начались активный регрессивный рост и углубление существовавших к тому времени форм овражно-балочной сети. Регрессивно растущие эрозионные формы частично наследовали положение позднемосковских МЭФ первой генерации. Образовывались и новые эрозионные формы. Похолодание климата в конце позднемосковского времени привело к кратковременной деградации растительности. На склонах балок активизировался делювиальный смыл. Формировались небольшие промоины. Активизация эрозионно-аккумулятивных процессов привела к аккумуляции материала на днищах МЭФ (слой 2–1) и их частичному заполнению. Существовавшая к началу аккумуляции сеть небольших балок-притоков, в условиях увеличения потока наносов с водосбора послужила своеобразным буфером, перехватывая большую их часть. Аналогичным образом функционируют современные балки и долины малых рек районов активного сельскохозяйственного освоения, аккумулирующие значительную долю наносов, поступающих в результате антропогенно ускоренной эрозии почв [22].

4. Стабилизация днищ МЭФ. – микулинское межледниковье (128–115 тыс. л. н) – ИКС 5е. Эрозионно-аккумулятивные процессы в крупных балочных формах на начальных этапах микулинского межледниковья продолжали быть активными, постепенно затухая по мере потепления климата и развития лесной растительности, достигших максимума во второй половине межледниковья [23]. Днище и склоны балки становились ареной активного почвообразования, прерывавшегося время от времени эпизодами активизации морфолитогенных процессов.

На днище и склонах балки сформировался развитый почвенный покров. В аккумулятивном секторе катен развиты были полнопрофильные серые лесные, а в трансэлювиальных и автономных позициях – дерново-подзолистые почвы (слой 2–2). Продолжительность непрерывного формирования подобных почв на алевросуглинистом субстрате оценивается не менее чем в 3–4 тыс. л. [15]. Но так как в днище балки сохранилось не менее трех разновозрастных генераций донных врезов, заполненных пролювиально-делювиальными отложениями, на которых успели сформироваться полнопрофильные дерново-подзолистые почвы, то продолжительность этапа стабилизации можно оценить в 10–12 тыс. л. Морфолитогенные процессы проявлялись локально и кратковременно, а интенсивность и продолжительность их была мала.

Кратковременные этапы активизации морфолитогенных процессов в межледниковье были обусловлены двумя главными причинами [12]. Первой из них были локальные события на водосборе балки – пожары, способствующие частичному уничтожению лесной растительности и активизации линейной эрозии. Второй причиной могли быть резкие кратковременные похолодания климата, приводившие к увеличению глубины сезонного промерзания и образованию морозобойных трещин, следы которых сохранились на склонах северной экспозиции и в днище балки. Такие кратковременные похолодания продолжительностью в первые десятилетия реконструируются для микулинского (эемского) межледниковья в разных районах умеренной зоны северного полушария [24, 25]. Нарушения дернового покрова криогенными процессами вызывали интенсификацию линейной эрозии, причем сток мог концентрироваться в самих трещинах. Плоскостной смыл в условиях сохраняющегося сомкнутого растительного

покрова не развивался. Эрозионно-аккумулятивные процессы, таким образом, охватывали только небольшие участки днищ МЭФ. На большей части поверхности днищ продолжалось почвообразование.

5. Интенсивное заполнение МЭФ – конец микулинского межледниковья – пессимум первого ранневалдайского похолодания (ИКС 5d) (115–108 тыс. л. н.). В конце микулинского межледниковья на водосборе балки растительный покров был уничтожен пожаром. Следы подобных пирогенных событий отмечаются и в других погребенных МЭФ этого региона (зафиксированных в Монастырском, Лебединском карьерах), что позволяет говорить о региональном значении этого эпизода пирогенной активности. Произошла резкая активизация эрозионно-аккумулятивных процессов. За короткий срок (несколько последовательных аккумулятивных событий) на днище балки накопился переотложенный материал верхних горизонтов салынской почвы (слой 2–3) мощностью до 0.5–0.6 м (в ложбинах-притоках – до 0.2 м). Преобладали делювиальные процессы при незначительном участии солифлюкции. На бортах балки произошло формирование сети неглубоких (не более 0.1–0.2 м) эрозионных борозд. Линейная эрозия на днище балки подавлялась активным поступлением материала с водосбора. Хорошая сохранность профиля межледниковой почвы на днище и в нижних частях склонов палеобалки свидетельствует, что в самой балке преобладала аккумуляция. Главной ареной размыва были водораздельные склоны.

В начале первого ранневалдайского похолодания в условиях влажного, но уже холодного климата активизировалась солифлюкция. Одновременно, в условиях сохранившейся на фоне тренда к похолоданию разреженности растительного покрова, продолжали быть активны и делювиальные процессы, которые являлись главным поставщиком материала на днища и склоны балок. Солифлюкция играла подчиненную роль, участвуя в перемещении и перераспределении делювиальных отложений на склонах балки. Заполнение было прерывистым. Оно чередовалось с кратковременными эпизодами размыва и промежутками времени, когда тот или иной участок днища балки стабилизировался и на нем формировалась эмбриональная почва.

По мере приближения к пессимуму первого ранневалдайского похолодания происходит иссушение климата. Интенсивность солифлюкции резко снижается. Заполнение балки происходит за счет малоинтенсивных делювиальных процессов, на фоне которых происходят редкие, но достаточно мощные эпизоды активизации эрозионно-аккумулятивных процессов, сопровождающиеся образованием на склонах балки многочисленных эрозионных борозд. На завершающей стадии этого этапа отмечается смена сезонного промерзания на многолетнюю мерзлоту и увеличение льдистости грунтов. В результате происходит увеличение доли поверхностного стока и активизация термоэрозионных процессов на днищах балок. На фоне продолжающейся аккумуляции материала на днище балки, образуются донные врезы глубиной до 2 м и шириной по бровкам в 2–4 м. Отсутствие донных врезов в небольших балках и ложбинах объясняется тем, что к этому моменту они уже были практически сnivelированы и утратили свои водосборы.

Таким образом, в рамках этого этапа четко выделяется три подэтапа, отличающихся по средним темпам заполнения балки. Первый из них связан с послепожарной активизацией эрозионно-аккумулятивных процессов и практически единомоментным накоплением до 0.6 м отложений. Второй подэтап охватывает период времени продолжительностью не более 1–1.5 тыс. л. в самом начале ранневалдайского времени. Осредненные за все время подэтапа (без учета размытого и вынесенного вниз по балке материала) темпы аккумуляции составляли не менее 1 мм/год. Третий подэтап завершился не позднее пессимума первого ранневалдайского похолодания. Продолжительность этого подэтапа составляла 5–7 тыс. л., а осредненные темпы аккумуляции – порядка 0.1–0.2 мм/год.

6. Медленное заполнение МЭФ – пессимум первого ранневалдайского похолодания (ИКС 5d) – середина средневалдайского времени. (108–50–40 тыс. л. н.) На этом этапе развития балки ведущую роль играют малоинтенсивные процессы, приведшие к на-

копленню толщи практически неслоистых отложений на ее днище и склонах. Главными поставщиками материала служили делювиальные процессы. В условиях их крайне малой интенсивности, все большую роль могла играть аккумуляция эолового материала [26]. Эоловые процессы господствовали на протяжении сухого летнего периода, а на протяжении холодной части года влияли на рельефообразование посредством перераспределения снежного покрова. Активность делювиальных процессов была связана с периодом снеготаяния, который мог быть достаточно растянутым во времени в условиях холодного климата. Характер отложений позволяет предполагать крайне малую интенсивность смыва и переотложения материала. Темпы осадконакопления на днище балки (и, соответственно, денудации на ее водосборе) были еще более низкими, чем ранее.

Погребенные почвенные профили, разделяющие толщу неслоистого заполнения на отдельные разновозрастные слои, фиксируют этапы активизации почвообразования и незначительного снижения скоростей морфолитогенных процессов продолжительностью около 1–1.5 тыс. л. каждый. Они приходятся на периоды потепления и увлажнения климата, соответствующие интерстадиальным потеплениям. В силу отсутствия абсолютных датировок почв, приведенная ниже корреляция условна. Кукуевская почва (слой 2–6) соотносится с оптимумом интерстадиала, аналогом которого в западноевропейской шкале является интерстадиал бреруп (ИКС 5с) – 98–100 тыс. л. н [13]. Время формирования стрелецкой почвы (слой 2–8) предположительно соответствует оптимуму западноевропейского интерстадиала оддераде (ИКС 5а) (78–80 тыс. л. н.). Александровская почва, вероятнее всего, отражает одно из потеплений начала средневалдайского времени.

В начале каждого из похолоданий, следующих за интерстадиальными потеплениями, происходила активизация морфолитогенных процессов. Активизировались криогенные процессы. Формировались грунтовые жилы, и даже единичные псевдоморфозы по повторно-жильным льдам. Наиболее мощная активизация криогенеза произошла после формирования стрелецкой почвы. Имели место и кратковременные эпизоды активизации делювиальных процессов.

Таким образом, основной тенденцией в развитии балки на этом этапе было медленное, постепенное ее заполнение. Ко времени образования кукуевской почвы на месте балки уже была пологая ложбина, все еще читающаяся в рельефе местности. Она продолжала медленно заполняться. Последний этап активизации денудационных процессов на водораздельных поверхностях отмечается непосредственно после формирования александровской почвы. В середине средневалдайского времени эрозионная форма в районе карьера была уже погребена и не выражалась в современном рельефе.

7. Образование и заполнение МЭФ третьей генерации. Позднеледниковье. Новая активизация процессов линейной эрозии, приведшая к образованию врезов третьей генерации, произошла в позднеледниковье, в начале перехода от холодных условий поздневалдайского времени к межледниковым условиям голоцена. Развитию линейной эрозии способствовало одновременно два фактора: увеличение поверхностного стока, обусловленное общей тенденцией к росту количества осадков, и все еще широко распространенные в начале позднеледниковья мерзлые грунты.

По морфологии и размерам образовавшиеся в это время формы наиболее близки к небольшим ложбинам и балкам позднемосковского времени. Развитие их состояло из первичного эрозионного события, образовавшего форму, и последующего постепенного ее заполнения за счет солифлюкционных процессов, при участии делювиальной аккумуляции. Сходные формы были исследованы и в других районах Восточно-Европейской равнины, где они даже сохранились в современном рельефе [17, 27].

Образование ложбинной сети привело к увеличению площади склонов. На фоне тренда к потеплению и увлажнению климата, характерного для позднеледниковья [23], большее развитие получили склоновые процессы. Ведущую роль играли солифлюкция и делювиальные процессы. Небольшие ложбины постепенно заполнились. Частичное заполнение могли испытывать и существовавшие к тому моменту более крупные эро-

зионные формы. Регрессивно растущие вершины таких форм сглаживались, а эрозионные процессы приостанавливались, либо проявлялись лишь локально в среднем и нижнем течении форм. Заполнение этих форм завершилось не позднее, чем в раннем голоцене, о чем свидетельствует современная полнопрофильная черноземная почва, развитая в том числе по заполнению погребенных врезов 3-ей генерации. Дальнейшее развитие эрозионного рельефа данной территории связывается исключительно с сохранившимися в современном рельефе эрозионными формами, унаследовавшими положение наиболее крупных позднеплейстоценовых врезов.

Выводы

Выявленные закономерности развития верховий балок в конце среднего – позднем неоплейстоцене отражают связь эрозионно-аккумулятивных процессов в МЭФ с ландшафтно-климатическими изменениями в рамках межледниково-ледникового макроцикла. Четко выделяется четыре крупных этапа развития эрозионных форм (рис. 4):

1) этап активизации эрозионно-аккумулятивных процессов, образования и углубления эрозионных форм в конце холодной фазы климатического цикла (позднемосковское время, конец ИКС 6). Причина активизации эрозии – перестройка климата от ледникового режима к межледниковому, повлекшая увеличение величины и неравномерности стока воды.

2) этап снижения активности эрозионно-аккумулятивных процессов и стабилизации эрозионных форм на протяжении теплой фазы цикла (микулинское межледниковье, оптимум ИКС 5е). Низкая активность эрозионно-аккумулятивных процессов обусловлена существованием устойчивого растительного и почвенного покровов, общей тенденцией к снижению паводочной активности водотоков. Кратковременные эпизоды активизации эрозионно-аккумулятивных процессов связаны с локальными событиями – пожарами, реже – с климатическими экстремалиями.

3) этап активного заполнения эрозионных форм при смене теплой фазы цикла холодной (рубеж микулинского и ранневалдайского времени – вплоть до пессимума первого ранневалдайского похолодания (ИКС 5d). Главной причиной заполнения является увеличение потока наносов с водосбора за счет активизации делювиальных процессов и солифлюкции, обусловленной похолоданием климата и изменением характера растительности. Механизмом, приведшим к первоначальной активизации морфолито-генных процессов, были пожары. Ведущую роль в заполнении верховьев балок играли делювиальные процессы. Темпы заполнения максимальны в начале этапа (1 мм/год и более), по мере иссушения климата при приближении к пессимуму первого стадиала постепенно снижаются до 0.1–0.2 мм/год.

4) этап медленного заполнения эрозионных форм на протяжении холодной фазы климатического цикла (большая часть валдайской эпохи). Малая интенсивность эрозионно-аккумулятивных процессов на протяжении холодной (перигляциальной) эпохи обусловлена сухостью климата, малой величиной и меньшей, чем на предыдущем этапе развития, неравномерностью стока. На днищах балок происходит медленная аккумуляция за счет деятельности преимущественно делювиальных и эоловых процессов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Болысов С.И.* История развития малых эрозионных форм краевой зоны московского оледенения (на примере бассейна р. Протвы): Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М.: МГУ, 1986. 25 с.
2. *Панин А.В., Малаева Е.М., Голосов В.Н. и др.* Геолого-геоморфологическое строение и голоценовая история развития Берестовой балки (Ростовская область) // Геоморфология. 1998. № 4. С. 70–85.
3. *Панин А.В., Каревская И.А., Маркелов М.В.* Эволюция долины ручья Язвицы (бассейн Средней Протвы) во второй половине голоцена // Вестн. МГУ. Сер. 5. География. 1999. № 2. С. 63–72.
4. *Сычева С.А., Чичагова О.А., Дайнеко Е.К. и др.* Этапы развития эрозии на Среднерусской возвышенности в голоцене // Геоморфология. 1998. № 4. С. 12–21.
5. *Беляев Ю.Р., Панин А.В., Беляев В.Р.* История развития балок центра Русской равнины, на примере Чолоховской балки, Сатинский полигон МГУ // Вестн. МГУ. Сер. 5. География. 2003. № 5. С. 55–63.

6. Дедков А.П. Экзогенное рельефообразование в Казанско-Ульяновском Приволжье. Казань: Изд-во КазГУ, 1970. 255 с.
7. Бутаков Г.П. Плейстоценовый перигляциал на востоке Русской равнины. Казань: Изд-во КазГУ, 1986. 144 с.
8. Хруцкий С.В. Проблемы формирования балок в связи с изменениями климата плейстоцена // Геоморфология. 1985. № 1. С. 17–22.
9. Хруцкий С.В., Семенов О.П., Косцова Э.В. Процессы рельефообразования в перигляциалах плейстоцена и современные формы эрозионного рельефа // Геоморфология. 1998. № 3. С. 104–108.
10. Сычева С.А. Эволюция балочной системы в климатическом ритме “оледенение–межледниковье–оледенение” // Геоморфология. 1997. № 2. С. 100–111.
11. Сычева С.А. Эволюционный анализ плейстоценовых погребенных малых эрозионных форм // Геоморфология. 1996. № 3. С. 31–39.
12. Сычева С.А. Новые данные о строении и эволюции мезинского лёссово-почвенного комплекса Русской равнины // Почвоведение. 1998. № 10. С. 1177–1189.
13. Сычева С.А. Эволюция погребенных балочных ландшафтов лесостепи Русской равнины // Изв. РАН. Сер. геогр. 2003. № 1. С. 1–11.
14. Катасонов Е.М. Криогенные текстуры, ледяные и земляные жилы как генетический признак многолетнемерзлых четвертичных отложений // Вопр. криологии при изуч. четвертич. отложений. М.: Изд-во АН СССР, 1962. С. 25–37.
15. Александровский А.Л. Развитие почв Восточной Европы: Автореф. дисс. ... докт. геогр. наук. М.: ИГРАН, 2002. 48 с.
16. Геннадиев А.Н. Почвы и время: модели развития. М.: Изд-во МГУ, 1998. 217 с.
17. Антонов С.И., Болысов С.И., Мысливец В.И. Криогенные реликты в рельефе и рыхлых отложениях бассейна средней Протвы // Геоморфология. 1992. № 1. С. 41–50.
18. Martinson D.G., Pisias N.G., Hays J.D. et al. Age dating and the orbital theory of the ice ages: development of a high resolution 0–300000 year chronostratigraphy // Quaternary Research. 1987. V. 27. P. 1–29.
19. Зорина Е.Ф. Овражная эрозия: закономерности и потенциал развития. М.: ГЕОС, 2003. 170 с.
20. Асеев А.А. Флювиальный морфо- и литогенез на равнинах под влиянием чередования гумидных и перигляциальных морфоклиматических условий // Климат, рельеф и деятельность человека. М.: Наука, 1981. С. 128–135.
21. Bull W.B. Geomorphic Response to Climatic Change. Oxford Univ. Press, 1991. 326 p.
22. Голосов В.Н. Аккумуляция в балках Русской равнины // Эрозия почв и русловые процессы. М.: Изд-во МГУ, 1998. Вып. 11. С. 97–112.
23. Динамика ландшафтных компонентов и внутренних морских бассейнов Северной Евразии за последние 130 000 лет. Атлас-монография “Развитие ландшафтов и климата Северной Евразии. Поздний плейстоцен–голоцен. Элементы прогноза”. Вып. 2. Общая палеогеография / А.А. Величко. М.: ГЕОС, 2002. 232 с.
24. Weaver A.J., Hughes T.M.C. Rapid interglacial climate fluctuations driven by North Atlantic ocean circulation // Nature (Gr. Brit.) 1994. V. 367. 6462. P. 447–450.
25. Lowe J.J., Walker M.J.C. Reconstructing Quaternary environments. Second edition. Longman, England. 1998. 446 p.
26. Васильев Ю.М. Отложения перигляциальной зоны Восточной Европы. М.: Наука, 1980. 172 с.
27. Бердников В.В. Палеокриогенный микрорельеф центра Русской равнины. М.: Наука, 1976. 125 с.

Московский государственный университет
Географический факультет, Ин-т географии РАН

Поступила в редакцию
06.12.2006

THE DEVELOPMENT OF BALKA HEADWATERS IN THE CENTRAL PART OF MIDDLE-RUSSIAN HIGHLAND DURING THE END OF MIDDLE – LATE PLEISTOCENE

YU.R. BELYAEV, T.M. GRIGOR'EVA, S.A. SYCHEVA, E.D. SHEREMETSKAYA

S u m m a r y

History of development of little buried erosion forms in the centre of Middle-Russian highland is reconstructed. The regularities of their erosion-accumulation dynamics are related to landscape-climatic changes during interglacial-glacial macrocycle. Four large stages of their development are distinguished: deepening and linear growth in the Late Moscow time, stabilization during the Mikulino Interglacial, rapid filling at the Mikulino – Early Valdai boundary, and slow filling during the most part of Valdai epoch.