

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 551.4.012:551.435.134+551.89

doi: 10.26907/2542-064X.2021.2.274-288

ДРЕВНЯЯ РУСЛОВАЯ СЕТЬ КЕЛЬТМИНСКОЙ ЛОЖБИНЫ (КАМСКО-ВЫЧЕГОДСКИЙ ВОДОРАЗДЕЛ)

Н.Н. Назаров

*Пермский государственный национальный исследовательский университет,
г. Пермь, 614990, Россия*

Аннотация

Поиск и идентификация реликтовых элементов рельефа в южной части Кельтминской ложбины (ЮЧЛ) осуществлялись путем выявления качественных изменений в микроструктуре фотоизображения сфагновых и кустарничковых фитоценозов болотных и лесных геосистем. По границам структурных элементов лентовидной формы были восстановлены контуры русловых образований, которые в настоящее время скрыты под толщей торфа. Особый интерес в изучении проявлений древней русловой сети вызывают русла, которые своей шириной и расположением в днище ложбины отличаются от других палеорусел. Отличительной особенностью следов широкого водотока является его прослеживание в самой верхней части ЮЧЛ – за пределами зоны, в которой могло происходить накопление объема стока, достаточного для образования такой, значительной по своим параметрам, русловой формы. Вершина контура этого палеорусла не отклоняется в долину притока, а устремляется в направлении кельтминского порога – современного водораздела между реками С. Кельтма и Ю. Кельтма. Данное обстоятельство дает дополнительную аргументацию в поддержку гипотезы о существовании перетока подпрудно-ледниковых вод из бассейна Вычегды в бассейн Камы в конце позднего плейстоцена.

Ключевые слова: многоканальные космические снимки, Landsat, цифровые модели рельефа, дистанционные исследования, поздний плейстоцен, палеорусло, Кельтминская ложбина, морфолитогенез, верховое болото

Введение

Изучение геолого-геоморфологического строения Кельтминской ложбины – сквозной палеодолины, соединяющей бассейны Камы и Вычегды, в последние десятилетия направлено на решение проблем позднеплейстоценового этапа развития камско-вычегодского водораздела и смежных с ним территорий.

К вопросам, требующим решения, относится определение места и роли ложбины в формировании крупнейших гидрографических систем севера Европейской части России. В частности, до сих пор не решен вопрос о периодичности сброса через нее «лишних» подпрудно-ледниковых вод из бассейна Вычегды в бассейн Камы [1–7]. В поиске решения данной научной проблемы наибольший интерес представляет собой южная (камская) часть Кельтминской ложбины (ЮЧЛ), которая в силу различных причин менее изучена по сравнению с северной (вычегодской) частью (рис. 1). Очевидно, что из-за своего расположения

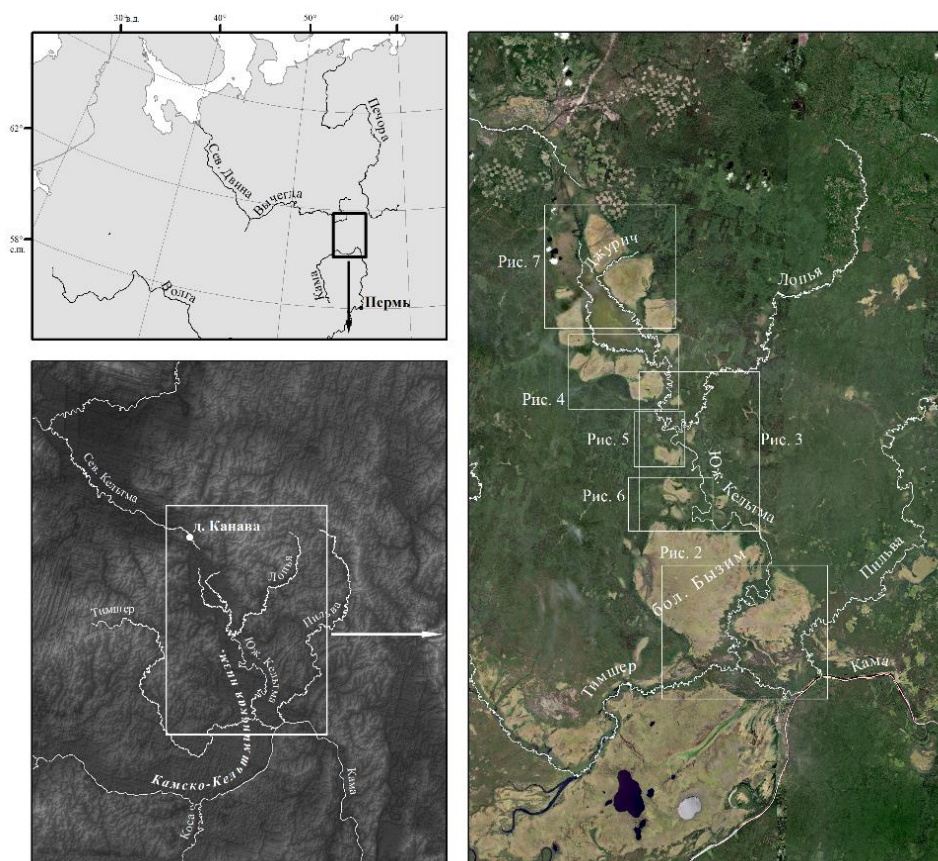


Рис. 1. Южная (камская) часть Кельтминской ложбины

по отношению к направлению стока ЮЧЛ с большой степенью вероятности может иметь следы эрозионного воздействия со стороны вод, когда-либо переливавшихся через кельтминский порог – водораздел между вычегодской и камской частями палеодолины [8].

В качестве объектов изучения, которые прямо или косвенно могут быть связаны с процессами моделировки рельефа ЮЧЛ, обычно выступают озерно-аллювиальная терраса (занимает большую часть днища ложбины), эоловый шлейф, пересекающий ложбину на ее южном фланге, а также каналы стока, формирование которых связывают с развитием проранов в теле этой песчаной формы – природной плотины, образовавшей на одном из этапов развития палеодолины подпрудный водоем [9]. В настоящее время эти каналы, в том числе и «большая террасовая ложбина» (БТЛ), представляют собой неактивные эрозионные формы (ложбины), пересекающие эоловую морфосистему в нескольких местах (рис. 2). Имеющиеся на данный момент датировки возраста торфяника и сапропеля из БТЛ указывают на ее заполнение органическими осадками в пребореальное и бореальное время. При этом без ответа пока остается вопрос о времени заложения самой формы – времени образования размыва озерно-аллювиальной террасы. Решая подобную задачу, следует иметь в виду два обстоятельства, в первом приближении указывающие на временные границы наступления данного события: 1) время

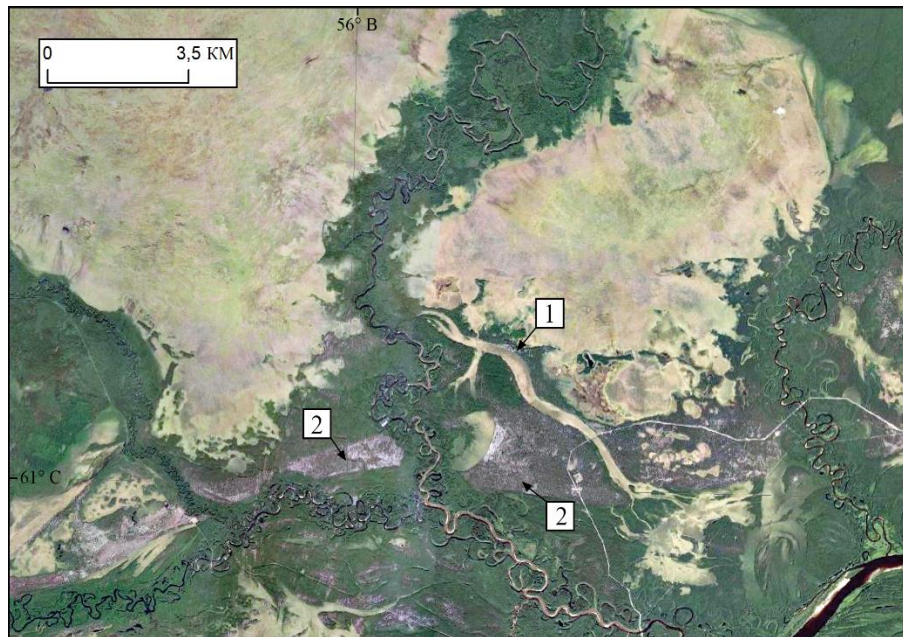


Рис. 2. Большая террасовая ложбина (1) и эоловый шлейф (2) в ЮЧЛ. Псевдонатуральные цвета весеннего снимка

накопления основных масс эоловых отложений на севере Европы приходится на период 23–15 тыс. л.н. [11]; 2) в отложениях минерального заполнителя БТЛ была обнаружена пыльца *Ephedra* – реликта перигляциальных ландшафтов. Данные факты дают основание для выдвижения предположения о том, что время формирования каналов стока относится к периоду не позднее молодого дриаса. Соответственно, на более ранний и от этого более неопределенный срок отступает время, предшествующее этому событию. Прежде всего это касается времени поступления водных масс, формировавших подпрудные водоемы. При этом возникает новый вопрос по источнику их происхождения: внутренний или внешний по отношению к водосбору ЮЧЛ.

Одним из действенных способов возможного решения проблем, связанных с установлением роли Кельтминской ложбины в геоморфологическом развитии Вычегодской и Верхнекамской депрессий в позднем плейстоцене, является пространственно-временная детализация типов морфолитогенеза в пределах ЮЧЛ на участке от д. Канава (современный водораздел бассейнов Камы и Вычегды) до эолового шлейфа (природная граница, разделяющая Кельтминскую ложбину от долины Камы). При этом основное внимание необходимо уделить изучению проявлений русловых процессов, прямо или косвенно указывающих на гидрологическую связь между вычегодской и камской частями палеодолины в позднем плейстоцене. Используя возможности дистанционного зондирования Земли, следует выявить следы возможного перетока (перетоков?) подпрудно-ледниковых вод через водораздельный порог, что может дать дополнительные аргументы в решение проблемы о времени окончательного прекращения гидрологической связи между бассейнами Вычегды и Камы.

Объект и методы исследования

Часть Кельтминской ложбины, относящаяся к бассейну Камы, по своей протяженности более чем в два раза превышает протяженность вычегодской. В районе д. Канава берут свое начало и текут в противоположных направлениях реки Северная Кельтма и Южная Кельтма. Протяженность ЮЧЛ составляет около 70 км. Ширина варьирует от 7–8 км в районе камско-вычегодского водораздела до почти 25 км в створе болота Бызим. Моментом, осложняющим проведение любых исследований на территории ложбины, является ее труднодоступность (отсутствие дорог и поселений) и «закрытость» для дистанционного геолого-геоморфологического изучения. Основу ландшафта ложбины составляют верховые болота и лесные урочища [12].

Рельеф днища долины на большей ее части довольно однообразный, относительно ровный и лишь в районе устья р. Лопва осложняется небольшими неровностями с возвышением на первые метры над поверхностью болот. Именно в этом месте палеодолина сужается до 5–6 км. В ложбине выделены три надпойменные террасы [13]. Уровень первой находится на высоте 10–12 м над урезом воды (130–132 м абс. высоты). Терраса сложена хорошо сортированными слоистыми средне- и мелкозернистыми песками калинского горизонта [14]. Мощность песков нижней пачки составляет в среднем 8–10 м, а перекрывающих их тонкослоистых суглинков и глин – 6–8 м. На высоте 18–22 м над урезом реки находится вторая надпойменная терраса, состоящая из хорошо сортированных древнеаллювиальных песков. Третья терраса располагается на отметках выше 30 м над рекой и сложена (сверху вниз) флювиогляциальными песками, галечником и мореной. Мощность отложений, выполняющих палеодолину, превышает 46 м.

Гидрографическая сеть палеодолины представлена Ю. Кельтмой и нижними течениями ее притоков, берущих начало на окружающих отрогах Северных увалов. Реками, определяющими водность главной реки, являются Лопья, Джурич и Иктым. Река Чепец, следуя вдоль западного борта ложбины, является притоком р. Тимшер, впадающей в Южную Кельтму уже в пределах долины Камы. Верхнее и нижнее течения Южной Кельтмы, а также русла всех ее притоков характеризуются сильной извилистостью (с коэффициентом выше 2.0) [15–17]. В среднем течении реки морфолого-морфометрические характеристики русла отличаются от выше- и нижележащих участков. Свободные излучины в верхнем и врезанные в нижнем течении здесь замещаются относительно прямолинейными вставками и крутыми поворотами русла на 90° и более. В среднем и нижнем течениях реки из-за явной тенденции русла к врезанию ширина поймы Южной Кельтмы редко превышает первые десятки метров и встречается не повсеместно. Высота уступа поймы составляет 1.5–4.5 м. Речной уступ в вершинах адаптированных излучин обычно бывает представлен разрезом первой надпойменной террасы высотой 6–8 м. В массивах некоторых болот встречаются единичные небольшие озера.

К гидрографической сети ЮЧЛ можно отнести и уже нефункционирующий Северо-Екатерининский канал, до настоящего времени соединяющий реки Джурич и Северную Кельтму, а также некоторые другие элементы старой дренажной сети, проложенные вдоль канала [18]. Сегодня они фактически превра-

тились в природные объекты, определяющие скорость и направленность процессов локализованного заболачивания или, напротив, дренажа в непосредственной близости от кельтминского порога.

С учетом имеющегося опыта проведения дистанционных исследований на геологически закрытых, преимущественно заболоченных территориях [19] Камско-Кельтминской низменности в качестве основных комбинаций каналов для выявления и изучения реликтового рельефа ложбины на космических снимках (панхроматические и цветные мультиспектральные снимки) были использованы каналы ближнего ИК-диапазона (7–6–5), ближнего коротковолнового ИК-диапазона и каналы красного видимого диапазона (5–6–4). Данный набор комбинаций каналов наилучшим образом позволяет дифференцировать эколого-генетические фитоценозы и на основе фитофизиономических признаков степени увлажненности и видового разнообразия растительных ассоциаций выявить местоположение следов эрозионного воздействия в пределах болотных и лесных природных систем.

Поиск и распознавание реликтовых элементов рельефа в пределах верховых болот ЮЧЛ основывались на выявлении качественных изменений в микроструктуре фотоизображения сфагновых и кустарничковых фитоценозов. Появление на космоснимке выделов с рисунком изображения, отличным от фоновых комбинаций цвета, тона или плотности крапа, указывало на локальные изменения в протекании здесь физических процессов (увлажнении/высыхании, эрозии/аккумуляции). Причиной их образования, как известно, служит появление резких различий в мощности торфяной залежи и/или изменение глубины расположения под ней минеральных отложений [21–23]. В зависимости от степени контрастности этих изменений в пространстве наблюдалась полная или частичная смена фитоценозов и/или степени обводненности болотных почв, что и явилось причиной качественного изменения структуры фотоизображения. По границам структурных элементов лентовидной формы были восстановлены контуры русловых образований, которые в настоящее время скрыты под толщей почвенно-растительного покрова. Как показали исследования, геоморфологические и оптические индикаторы расположения подобных русловых систем наиболее однозначно отражались на панхроматических снимках (Landsat 8) с разрешением 10 и 15 м.

Результаты

В результате дешифрирования космических снимков и анализа цифровой модели рельефа ЮЧЛ зафиксированы два валообразных возвышения, пересекающих ложбину в субширотном направлении. Одно из них располагается в центральной части исследуемого участка палеодолины – вдоль северной оконечности болота Бызим (рис. 3). Относительная высота возвышения составляет всего 2–4 м над поверхностью болота с южной стороны и аллювиально-озерной террасы с северной. Наличие данной формы возможно и стало причиной смены субмеридионального направления течения Южной Кельтмы на субширотное. Река пересекает возвышение у восточного борта ложбины. После крутого разворота русло водотока направляется на юго-запад, деля поверхность низины на два обособленных болотных массива – болото Бызим и Ошлобское болото.

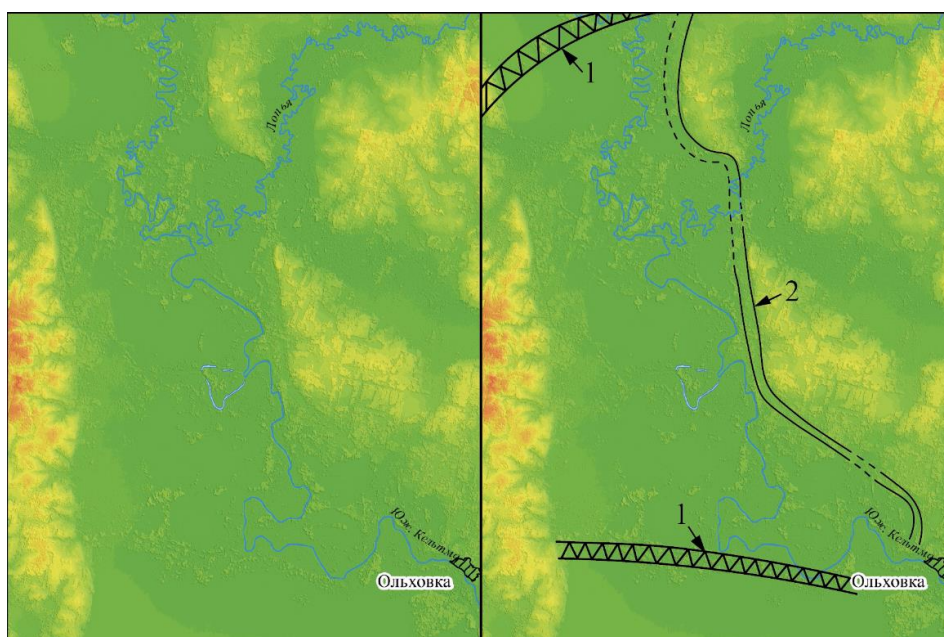


Рис. 3. Цифровая модель рельефа центральной части палеодолины с контурами элементов земной поверхности: 1 – валообразные возвышения; 2 – древнее русло. Пунктирная линия – предполагаемая бровка русла

Второе поперечное возвышение находится севернее, в районе створа устья р. Джурич (рис. 4). Так же как и в случае с первым возвышением, река пересекает его у восточного борта ложбины. Отличие этих двух образований рельефа между собой, кроме протяженности и степени выраженности в рельефе, состоит в том, что у «северного», в непосредственной близости от западного борта палеодолины, хорошо виден широкий проран с ровным, четко выраженным восточным бортом. Следы прорыва водотоком трассируются геосистемами ленточного типа в виде «дорожки» древесной растительности, пересекающей болото. Закрепление низкорослой сосны на почвах торфяного массива в виде полосы шириной около 120 м можно объяснить аккумуляцией минерального материала в его границах. Прорывной (залповый) характер разрушения валообразного возвышения, по-видимому, являвшегося своеобразной природной плотиной (дамбой), фиксируется по наличию следов вынесенного материала в форме конуса. «Усы» и поперечная дуга сменяющегося фитоценоза фиксируют место локального повышения минерального основания под слоем торфа, достаточно четко выделяют аккумулятивное тело конусовидной формы.

Местоположение элементов древних русел установлено по прямым и косвенным дешифровочным признакам и идентифицируется практически на всем пространстве ЮЧЛ. В условиях перекрытости русел почвенно-растительным покровом к *прямым* признакам наличия русловых форм относится морфологическое подобие рисунка геосистем речным излучинам (рис. 5). У дешифровщика данная особенность отображения закрытых русел на космоснимках не вызывает вопроса о наличии связи их криволинейной формы с русловыми образованиями, погребенными под толщами болотных отложений. В качестве *косвенных*

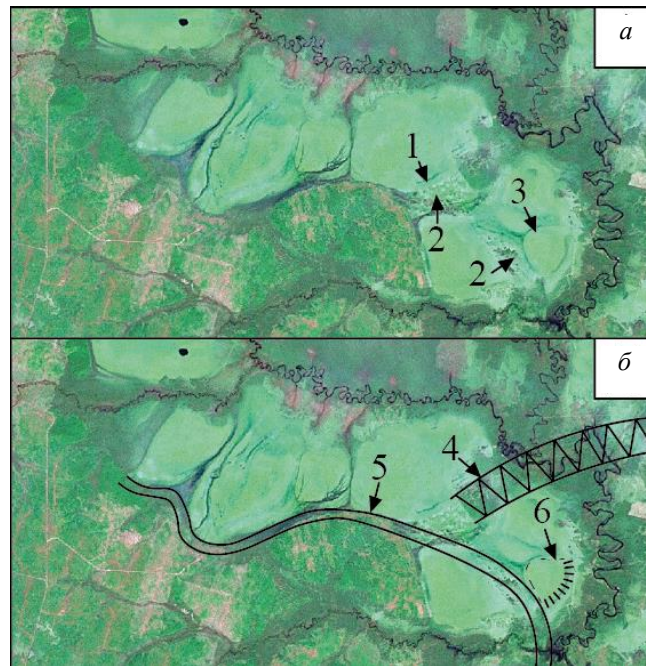


Рис. 4. Русло древнего водотока, пересекающего проран в валообразном возвышении (а): 1 – проран; 2 – «дорожка» древесной растительности; 3 – изменение рисунка болотной растительности против прорана. Схема дешифрирования (б): 4 – валообразное возвышение; 5 – контур древнего русла; 6 – конус выноса. Псевдонатуральные цвета весеннего снимка

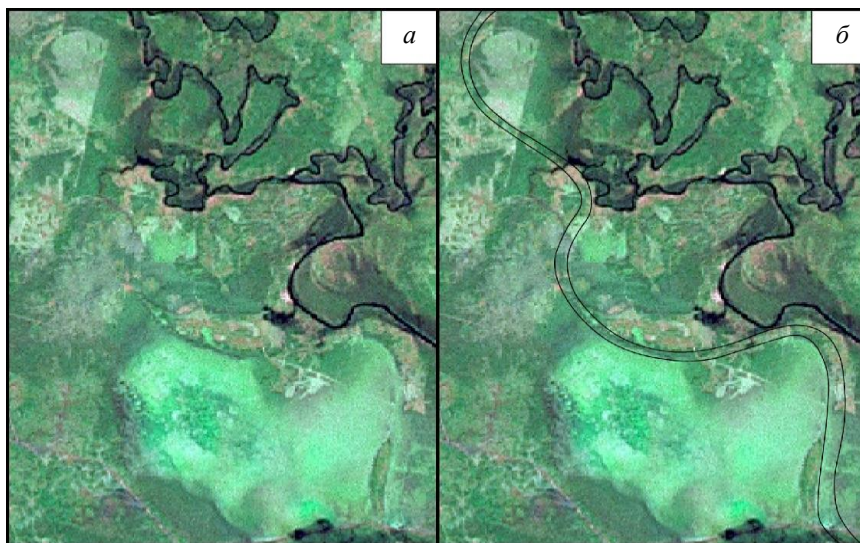


Рис. 5. Район устья р. Лопва: а – космический снимок; б – результат дешифрирования древнего русла. Псевдонатуральные цвета весеннего снимка

дешифрировочных признаков, указывающих на местоположение древнего русла, использовались резко очерченные контуры переувлажненных участков болот, проявляющиеся на космических снимках при переборе различных комбинаций каналов. Мощност и обводненность торфяной толщи, определяющая характер

формирования почвенно-растительных ассоциаций геосистем, изменяются в зависимости от их расположения: над центральной частью русла, над его бровками или прирусловыми валами.

Обсуждение

Сложность в понимании причинно-следственных связей перестройки гидрологической сети Кельтминской палеодолины в позднем плейстоцене связана с наличием в ней временных водоемов (озер). На разных стадиях своего развития (заполнение чаши, стабильное положение, сброс воды) эти водоемы по-разному влияли на характер и направленность эрозионно-аккумулятивных процессов в руслах водотоков, связанных с ними динамически, что приводило к постоянной корректировке их геоморфологической выраженности в рельефе. Наиболее четко и достаточно уверенно дешифрируются элементы русел в центральной части ЮЧЛ. Здесь контуры древних водотоков и прирусловых валов по характеру растительности и особенностям увлажнения уверенно распознаются («просвечивают») как в торфяном покрове, так и в микро- и мезорельефе минерального основания ложбины.

Есть все основания предполагать, что одной из причин формирования некоторых элементов древней гидросети являются селевые потоки и врезы временных водотоков, образование которых имело широкое распространение на стадии деградации мерзлых пород в переходные периоды от пленигляциала к теплым эпохам. В зависимости от площади водосбора, на которой происходило их формирование, транспортировка щебня и разжиженного субстрата осуществлялась на разные расстояния и с разным геоморфологическим эффектом. В подножиях склонов пролювий закреплялся в форме конусов выноса (наиболее широко распространенный вид аккумуляции), реже – в виде валообразных скоплений материала вдоль русловых бровок. Примером такого скопления материала, в котором по аналогии с морфологией современных селевых выносов присутствовали прирусловые валы, является след селевого потока, проходящего через проран в поперечном валообразном поднятии у устья р. Джурич (рис. 4). Возвышение аккумулятивного тела над минеральным основанием днища палеодолины, ставшего в голоцене местом активного заболачивания, привело к образованию «дорожки» из пятен (островков) древесно-кустарничковой растительности на фоне торфяного покрова.

Косвенное воздействие на развитие древней гидросети и, возможно, не менее значимое в формировании условий развития эрозионных процессов в будущем имели временные водотоки и сели, образовавшие конусы выноса. Примером участка активного селевого морфолитогенеза в днище палеодолины с участием широкого спектра склоновых процессов является ее западный борт к северу от болота Бызим. На космическом снимке на протяжении почти 10 км хорошо виден полосчатый рисунок слившихся в одно «поле» конусов выноса из нескольких относительно коротких, но крутосклонных овражно-балочных систем (рис. 6). Активность образования здесь пролювиального шлейфа была обусловлена формированием в вершинах и на склонах многочисленных отвершков термоэрозионных врезов и оплывин, которые поставляли в тальвеги материал для дальнейшей его транспортировки к устьям материнских форм.

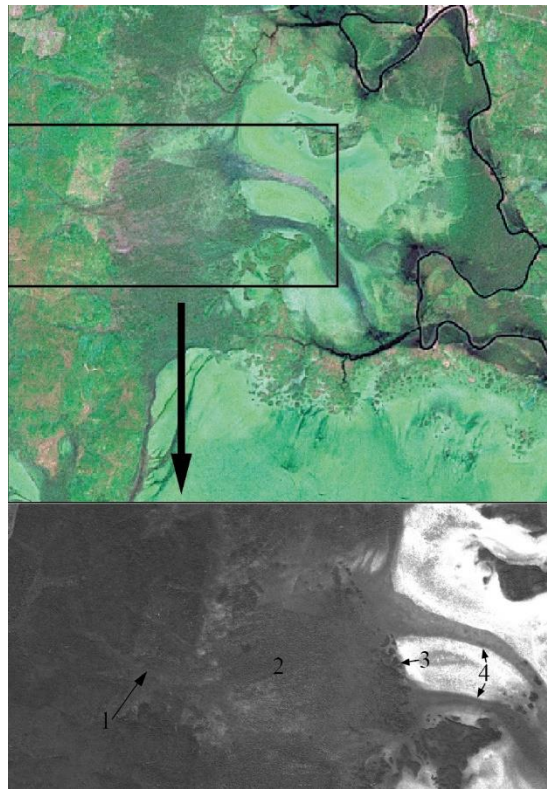


Рис. 6. Проллювиальная аккумулятивная форма (конус выноса) севернее болота Бызим. Пояснения в тексте. Псевдонатуральные цвета весеннего снимка и панхроматический снимок

Примером такой аккумуляции на финальной стадии этапа проллювиального и селевого морфолитогенезов днища палеодолины является один из самых крупных конусов выноса (рис. 6). Его контуры четко опознаются на фоне поверхностей перекрываемых им аккумулятивных тел. Площадь веерообразной формы составляет почти 20 км^2 . Начиная с устья долины, имеющей 3 вершины (1), конус выноса выделяется сетью четко выраженных нитевидных грив и ложбин субширотного направления (2). Ложбинно-грядовый комплекс в верхней и средней частях «конуса» индицируется древесно-кустарниковой растительностью с редкими пятнами болотных фаций. В его дистальной части по смене характера растительности, связанного с формированием крупных аккумулятивных форм, структура рисунка изображения меняется на крупнопятнистую, в виде полумесяца, завершающего конус выноса (3). К востоку от «конуса» потоки минерализованных вод образовали «косы» кустарничково-древесных урочищ (рямов) в виде узких полос, пересекающих торфяные геосистемы болотного массива (4).

Особый интерес в изучении проявлений древней русловой сети вызывают элементы русла, которые своей шириной и расположением в ЮЧЛ отличаются от других палеорусел. Прерывающееся изображение контура данного водотока располагается вдоль восточного борта палеодолины и имеет ширину $0.5\text{--}0.8 \text{ км}$ (рис. 7). Кроме фиксирования в различных комбинациях многозональной съемки отдельные элементы русла уверенно опознаются и на картосхеме цифрового

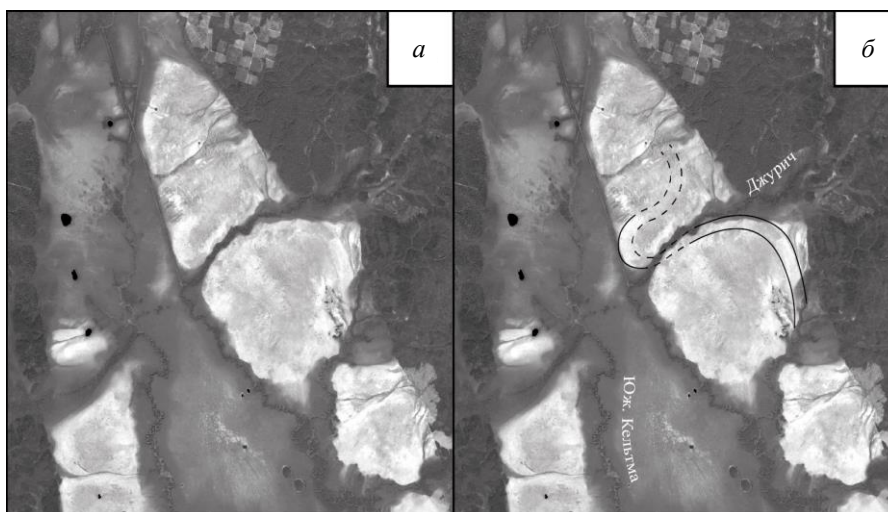


Рис. 7. Район нижнего течения р. Джурич: *а* – космический снимок; *б* – схема дешифрирования древнего русла (пунктирной линией обозначена предполагаемая бровка русла). Панхроматический снимок

рельефа (рис. 3), что косвенно указывает на его более глубокий врез в днище палеодолины по сравнению с неширокими, активно меандрирующими палеоруслами в ее других частях. Важной особенностью этого водотока является его местоположение в самой верхней части – в начале ЮЧЛ, то есть практически за пределами зоны, в которой могло происходить формирование местного стока с объемом, достаточным для его концентрации в русле такого размера. На космическом снимке фиксируется, что вершина видимой части его контура не отклоняется в долину р. Джурич, а устремляется в направлении кельтминского порога – современного водораздела бассейнов Южной Кельтмы и Северной Кельтмы. Исчезновение следов русла к северу от этого места, по-видимому, связано с корректировкой направленности действия гидрофизических процессов, которые произошли в результате строительства Северо-Екатерининского канала в XVIII в. [18]. Дренирующий эффект от прорези главного канала и других каналов-водосточков привел к развитию активного залесения болотного массива в районе данного сооружения. Очевидно, подобный же эффект – превращения грядово-мочажинных комплексов в рямы, но уже не связанный с антропогенной деятельностью, привел к постепенному «стиранию» следов палеорусел и в других местах палеодолины. Как правило, более активно он протекал и протекает в ее прибортовых частях – в устьях постоянных и временных водотоков, выносящих в днище минерализованные воды, богатые наносами.

Заключение

Сравнительный анализ характера микрорельефа, выделяющего русловые формы в рисунке геосистем, показал, что причиной образования древней гидросети в конце пленигляциала являлись водные и отчасти селевые потоки. Обстоятельством, затрудняющим пока решение вопроса о главных источниках формирования водных потоков, составляющих сегодня древнюю русловую

сеть ЮЧЛ, служит морфолого-морфометрическая неоднородность ее элементов. Наряду со следами извилистых русловых форм присутствуют следы относительно прямолинейных русел. Если для первых ширина контура русла составляет 100–200 м, то для вторых она достигает 500–800 м и более. Подобная неоднородность в параметрах русловых образований может говорить о различных условиях, в которых они формировались на разных этапах геоморфологической моделировки днища палеодолины.

При всем многообразии сохранившихся до настоящего времени проявлений эрозионных размывов образование временных водоемов в заключительную фазу позднего плейстоцена в результате формирования поперечных возвышений (природных дамб) косвенно указывает на отсутствие в это время постоянных водотоков при том, что существовало поступление водных масс в водосборный бассейн ЮЧЛ. Более определенно на формирование перетока подпрудно-ледниковых вод из бассейна Вычегды в камскую часть древней ложбины указывают следы русла, уходящие в направлении кельтминского порога. Более детально картина развития проточного морфолитогенеза в вершине южной (камской) части Кельтминской ложбины может быть восстановлена в результате проведения в будущем комплекса наземных исследований в контурах древних водотоков.

Благодарности. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-05-00276.

Литература

1. Гросвальд М.Г. Оледенение Русского Севера и Северо-Востока в эпоху последнего великого похолодания // Материалы гляциол. исследований. – 2009. – Вып. 106. – 152 с.
2. Лавров А.С., Потапенко Л.М. Неоплейстоцен северо-востока Русской равнины. – М.: Аэрогеология, 2005. – 348 с.
3. Квасов Д.Д. Позднечетвертичная история крупных озер и внутренних морей Восточной Европы. – Л.: Наука, 1975. – 280 с.
4. Назаров Н.Н. Плейстоценовые перестройки речных русел и современное развитие пойменно-русловых комплексов верхней Камы // Геоморфология. – 2017. – № 3. – С. 88–100. – doi: 10.7868/S0435428117030087.
5. Lyså A., Larsen E., Buylaert J.-P., Fredin O., Jensen M.A., Kuznetsov D., Murray A.S., Subetto D.A., van Welden A. Late Pleistocene stratigraphy and sedimentary environments of the Severnaya Dvina-Vycheгда region in northwestern Russia // *Boreas*. – 2014. – V. 43, No 4. – P. 759–779. – doi: 10.1111/bor.12080.
6. Mangerud J., Jacobsson M., Alexanderson H., Astakhov V., Clarke G.C.K., Henriksen M., Hjort C., Krinnerm G., Lunkkja J.-P., Möller P., Murray A., Nikolskaya O., Saarnisto M., Svendsen J.I. Ice-dammed lakes and rerouting of the drainage of northern Eurasia during the Last Glaciation // *Quartern. Sci. Rev.* – 2004. – V. 23, No 11–13. – P. 1313–1332. – doi: 10.1016/j.quascirev.2003.12.009.
7. Panin A.V., Astakhov V.I., Lotsari E., Komatsu G., Lang J., Winsemann J. Middle and Late Quaternary glacial lake-outburst floods, drainage diversions and reorganization of fluvial systems in northwestern Eurasia // *Earth-Sci. Rev.* – 2020. – V. 201. – Art. 103069, P. 1–29. – doi: 0.1016/j.earscirev.2019.103069.

8. Назаров Н.Н., Копытов С.В. Реконструкция этапов развития Кельтминской ложбины по геоморфологическим данным (Предуралье) // География и природные ресурсы. – 2019. – № 3. – С. 154–164. – doi: 10.21782/GIPR026-1619-2019-3(154-164).
9. Назаров Н.Н., Копытов С.В., Жуйкова И.А., Чернов А.В. Плейстоценовые каналы стока в южной части Кельтминской ложбины (Камско-Вычегодское междуречье) // Геоморфология. – 2020. – № 4. – С. 74–88. – doi: 10/31857/S0435428120040070.
10. Nazarov N.N., Kopytov S.V., Zhuiikova I.A., Chernov A.V. History of the channel systems formation of the Kama-Keltma lowland in the Late Pleistocene // IOP Conf. Ser.: Earth and Environ. Sci. – 2019. – V. 321, No 1. – Art. 012023, P. 1–6. – doi: 10.1088/1755-1315/321/1/012023.
11. Heggen H.P., Svendsen J.I., Mangerud J., Lohne Ø.S. A new palaeoenvironmental model for the evolution of the Byzovaya Palaeolithic site, northern Russia // Boreas. 2012. – V. 41, No 4. – P. 527–545. – doi: 10.1111/j.1502-3885.2012.00259.x.
12. Генкель А.А. Болота Пермской области // Уч. зап. Перм. ун-та. Биогеография и краеведение. – 1974. – Т. 131, Вып. 2. – С. 4–85.
13. Кириллов А.С. К истории современной долины р. Камы (между реками Южной Кельтмой и Вишерой) // Изв. Гос. геогр. о-ва. – 1939. – Т. 71, № 7. – С. 17–25.
14. Рябков Н.В. Древние приледниковые бассейны междуречья Камы, Печоры, Вычегды и их реликты // Бюл. Комиссии по изучению четвертичного периода. – 1976. – № 45. – С. 94–105.
15. Назаров Н.Н., Егоркина С.С. Реки Пермского Прикамья: Горизонтальные русловые деформации. – Пермь: Звезда, 2004. – 155 с.
16. Назаров Н.Н., Чернов А.В. Особенности проявления и оценка интенсивности горизонтальных русловых деформаций на реках Пермского Прикамья // Геоморфология. – 1997. – № 2. – С. 55–60.
17. Назаров Н.Н., Копытов С.В. Этапы формирования речной сети бассейна верхней Камы в плейстоцене // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. – 2020. – Т. 162, кн. 1. – С. 180–200. – doi: 10.26907/2542-064X.2020.1.180-200.
18. Запустелый водоем. Кто и зачем построил на границе Коми и Пермского края Северный Екатерининский канал? // Регион. Ежемесячный журнал о Республике Коми. – 2019. – 10 окт. – URL: <http://oureg.ru/2019/10/10/zapustelyj-vodohod/>, свободный.
19. Назаров Н.Н., Копытов С.В. Использование данных дистанционного зондирования в изучении перестроек речной сети (на примере верхней Камы) // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2019. – Т. 16, № 1. – С. 105–117. – doi: 10.21046/2070-7401-2019-16-1-105-117.
20. Аэроландшафтно-индикационные методы при региональных инженерно-геологических исследованиях / Под ред. С.В. Викторова, А.В. Садова. – М.: Недра, 1981. – 203 с.
21. Евсеева Н.С. Современный морфолитогенез юго-востока Западно-Сибирской равнины. – Томск: Изд-во НТЛ, 2009. – 484 с.
22. Кравцова В.И. Космические методы исследования почв. – М.: Аспект Пресс, 2005. – 190 с.
23. Лямина В.А., Королюк А.Ю., Зольников И.Д., Смоленцев Б.А., Лащинский Н.Н. Генерализация ландшафтных обстановок в спектральных характеристиках космических снимков различного пространственного разрешения // Исследование Земли из космоса. – 2010. – № 4. – С. 77–84.

Назаров Николай Николаевич, доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой физической географии и ландшафтной экологии

Пермский государственный национальный исследовательский университет

ул. Букирева, д. 15, г. Пермь, 614990, Россия

E-mail: nikolainazarovpsu@gmail.com

ISSN 2542-064X (Print)

ISSN 2500-218X (Online)

UCHENYE ZAPISKI KAZANSKOGO UNIVERSITETA. SERIYA ESTESTVENNYE NAUKI

(Proceedings of Kazan University. Natural Sciences Series)

2021, vol. 163, no. 2, pp. 274–288

ORIGINAL ARTICLE

doi: 10.26907/2542-064X.2021.2.274-288

Ancient Channel Network of the Keltma Hollow (Kama-Vycheгда Watershed)

N.N. Nazarov

Perm State University, Perm, 614990 Russia

E-mail: nikolainazarovpsu@gmail.com

Received April 14, 2021

Abstract

The bottom relief of the Keltma hollow (ancient river valley), which connects the modern basins of the Vycheгда River and Kama River, was studied. For this purpose, traces of the Late Pleistocene overflow of water from the dammed glacial lake of the Vycheгда River depression into the Kama River basin were analyzed using the factual materials on the southern (Kama) territory of the Keltma hollow. The ongoing discussion about the timing of this event fuels the interest in this problem: some paleogeographers believe that the last overflow took place at the beginning of the Late Pleistocene (Kalin time), while others date it to the end of the Late Pleistocene (Ostashkov time). Historically, supporters of both these versions investigated the bottom of the dammed lake (Vycheгда River basin). With the help of the satellite images, the Vycheгда depression deposits were analyzed and dated. The remote sensing of the Earth's surface within the raised bogs and the alluvial-lake terrace showed traces of the ancient channel forms, occasionally not related to the Pre-Holocene rivers. Some of the ancient channel forms are traces of the overflow of water across the watershed rapids.

Keywords: multispectral satellite images, Landsat, digital elevation models, remote sensing, Late Pleistocene, paleochannel, Keltma hollow, morpholithogenesis, raised bog

Acknowledgments. The study was supported by the Russian Foundation for Basic Research (project no. 20-05-00276).

Figure Captions

Fig. 1. Southern (Kama) territory of the Keltma hollow.

Fig. 2. Large terrace hollow (1) and eolian embankment (2) in the southern territory of the Keltma hollow. Pseudo-natural colors of the spring satellite image.

Fig. 3. Digital elevation model of the central part of the paleovalley with the contours of the Earth's surface elements: 1 – shaft-shaped elevations; 2 – ancient channel. The dashed line is the estimated contour of the channel.

Fig. 4. Channel of the ancient stream crossing a dam break in the shaft-shaped elevation (*a*): 1 – dam break; 2 – line of the trees; 3 – change in the pattern of bog vegetation against the dam break. Image interpretation scheme (*b*): 4 – shaft-shaped elevations; 5 – contour of the ancient channel; 6 – alluvial cone. Pseudo-natural colors of the spring satellite image.

Fig. 5. Territory of the Lopva River mouth: *a* – satellite image; *b* – the result of interpretation of the ancient channel image. Pseudo-natural colors of the spring satellite image.

Fig. 6. Proluvial accumulative form (alluvial cone) north of the Byzim bog. For decoding of the designations see text. Pseudo-natural colors of the spring satellite image and the panchromatic satellite image.

Fig. 7. Territory of the downstream of the Dzhurich River: *a* – satellite image; *b* – image interpretation scheme of the ancient channel (dashed line is the estimated contour of the channel). The panchromatic satellite image.

References

1. Grosval'd M.G. Glaciation of the Russian North and Northeast in the Last Great Chill. *Mater. Glytsiol. Issled.*, 2009, no. 106. 152 p. (In Russian)
2. Lavrov A.S., Potapenko L.M. *Neopleistotsen severo-vostoka Russkoi ravniny* [Neopleistocene of the Northeast of the Russian Plain]. Moscow, Aerogeologiya, 2005. 348 p. (In Russian)
3. Kvasov D.D. *Pozdnechetvertichnaya istoriya krupnykh ozer i vnutrennikh morei Vostochnoi Evropy* [Late Quaternary History of Large Lakes and Inland Seas of Eastern Europe]. Leningrad, Nauka, 1975. 280 p. (In Russian)
4. Nazarov N.N. Pleistocene reorganization and recent development of river channels in the Upper Kama River basin. *Geomorfologiya*, 2017, no. 3, pp. 88–100. doi: 10.7868/S0435428117030087. (In Russian)
5. Lyså A., Larsen E., Buylaert J.-P., Fredin O., Jensen M.A., Kuznetsov D., Murray A.S., Subetto D.A., van Welden A. Late Pleistocene stratigraphy and sedimentary environments of the Severnaya Dvina-Vycheгда region in northwestern Russia. *Boreas.*, 2014, vol. 43, no. 4, pp. 759–779. doi: 10.1111/bor.12080.
6. Mangerud J., Jacobsson M., Alexanderson H., Astakhov V., Clarke G.C.K., Henriksen M., Hjort C., Krinnerm G., Lunkkja J.-P., Möller P., Murray A., Nikolskaya O., Saarnisto M., Svendsen J.I. Ice-dammed lakes and rerouting of the drainage of northern Eurasia during the Last Glaciation. *Quat. Sci. Rev.*, 2004, vol. 23, nos. 11–13, pp. 1313–1332. doi: 10.1016/j.quascirev.2003.12.009.
7. Panin A.V., Astakhov V.I., Lotsari E., Komatsu G., Lang J., Winsemann J. Middle and Late Quaternary glacial lake-outburst floods, drainage diversions and reorganization of fluvial systems in northwestern Eurasia. *Earth-Sci. Rev.*, 2020, vol. 201, art. 103069, pp. 1–29. doi: 0.1016/j.earscirev.2019.103069.
8. Nazarov N.N., Kopytov S.V. Reconstruction of the evolution stages of the Keltma hollow based on geomorphological data (Cis-Ural region). *Geogr. Prir. Resur.*, 2019, no. 3, pp. 154–164. (In Russian)
9. Nazarov N.N., Kopytov S.V., Zhuikova I.A., Chernov A.V. Pleistocene runoff channels in the southern part of the Keltma hollow (Kama-Vycheгда watershed). *Geomorfologiya*, 2020, no. 4, pp. 74–88. (In Russian)
10. Nazarov N.N., Kopytov S.V., Zhuikova I.A., Chernov A.V. History of the channel systems formation of the Kama-Keltma lowland in the Late Pleistocene. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, 2019, vol. 321, no. 1, art. 012023, pp. 1–6. doi: 10.1088/1755-1315/321/1/012023.
11. Heggen H.P., Svendsen J.I., Mangerud J., Lohne Ø.S. A new palaeoenvironmental model for the evolution of the Byzovaya Palaeolithic site, northern Russia. *Boreas*, 2012, vol. 41, no. 4, pp. 527–545. doi: 10.1111/j.1502-3885.2012.00259.x.
12. Genkel' A.A. Swamps of the Perm region. *Uch. Zap. Permsk. Univ. Biogeogr. Kraeved.*, 1974, vol. 131, no. 2, pp. 4–85. (In Russian)
13. Kirillov A.S. To the history of the recent valley of the Kama River (between the South Keltma and Vishera). *Izv. Gos. Geogr. O.-va.*, 1939, vol. 71, no. 7, pp. 17–25. (In Russian)
14. Ryabkov N.V. Ancient periglacial basins in the watershed area of the Kama, Pechora, Vycheгда and Their Relics). *Byull. Kom. Izuch. Chetvertichn. Perioda*, 1976, no. 45, pp. 94–105. (In Russian)
15. Nazarov N.N., Egorkina S.S. *Reki Permskogo Prikam'ya* [Rivers of the Perm Kama Region]. Perm, Zvezda, 2004. 155 p. (In Russian)
16. Nazarov N.N., Chernov A.V. Manifestation of horizontal channel deformations in the rivers of the Perm Kama region and assessment of their intensity. *Geomorfologiya*, 1997, no. 2, pp. 55–60. (In Russian)

17. Nazarov N.N., Kopytov S.V. Stages of river network formation of the Upper Kama River basin in the Pleistocene. *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Estestvennye Nauki*, 2020, vol. 162, no. 1, pp. 180–200. doi: 10.26907/2542-064X.2020.1.180-200. (In Russian)
18. Deserted waterway. Who and why built the Northern Catherine Canal on the border of the Komi Republic and the Perm region? *Region*. Available at: <http://ourreg.ru/2019/10/10/zapustelyj-vodohod/>. (In Russian)
19. Nazarov N.N., Kopytov S.V. The use of remote sensing data in the study of river network restructuring (by example of the Upper Kama). *Sovrem. Probl. Distantionnogo Zondirovaniya Zemli Kosmosa*, 2019, vol. 16, no. 1, pp. 105–117. doi: 10.21046/2070-7401-2019-16-1-105-117. (In Russian)
20. *Aerolandshaftno-indikatsionnye metody pri regional'nykh inzhenerno-geologicheskikh issledovaniyakh* [Aerolandscape-Indicator Methods for Regional Engineering and Geological Research]. Viktorov S.V., Sadov A.V. (Eds.). Moscow, Nedra, 1981. 203 p. (In Russian)
21. Evseeva N.S. *Sovremennyi morfolitogenez yugo-vostoka Zapadno-Sibirskoi ravniny* [Recent Morpholithogenesis in the Southeast of the West Siberian Plain]. Tomsk, Izd. NTL, 2009. 484 p. (In Russian)
22. Kravtsova V.I. *Kosmicheskie metody issledovaniya pochv* [Space Methods of Soil Research]. Moscow, Aspekt Press, 2005. 190 p. (In Russian)
23. Lyamina V.A., Korolyuk A.Yu., Zol'nikov I.D., Smolentsev B.A., Lashchinskii N.N. Generalization of landscape settings in spectral characteristics of satellite images of different spatial resolution. *Issled. Zemli Kosmosa*, 2010, no. 4, pp. 77–84. (In Russian)

⟨ **Для цитирования:** Назаров Н.Н. Древняя русловая сеть Кельтминской ложбины (Камско-вычегодский водораздел) // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. – 2021. – Т. 163, кн. 2. – С. 274–288. – doi: 10.26907/2542-064X.2021.2.274-288. ⟩

⟨ **For citation:** Nazarov N.N. Ancient channel network of the Keltma hollow (Kama-Vycheгда watershed). *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Estestvennye Nauki*, 2021, vol. 163, no. 2, pp. 274–288. doi: 10.26907/2542-064X.2021.2.274-288. (In Russian) ⟩