

ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ, ЛАНДШАФТОВЕДЕНИЕ И ГЕОМОРФОЛОГИЯ

УДК 902.66:551.89:551.793.9

DOI: 10.17072/2079-7877-2020-6-17

**ИСТОРИЯ ПЕРЕСТРОЙКИ РУСЛОВЫХ СИСТЕМ КАМСКО-КЕЛЬТМИНСКОЙ
НИЗМЕННОСТИ В ПОЗДНЕМ ПЛЕЙСТОЦЕНЕ – ГОЛОЦЕНЕ****Николай Николаевич Назаров**

Author ID SCOPUS: 7006059830, SPIN-код: 6367-3382, Author ID: 1236

e-mail: nazarov@psu.ru

*Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь***Сергей Владимирович Копытов**

Author ID SCOPUS: 57189575504, ORCID: 0000-0002-0011-3748, ResearcherID: L-7872-2016,

SPIN-код: 8978-3356, Author ID: 790110

e-mail: kopytov@psu.ru

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь

Анализ фактических данных о возрасте и этапах формирования русловых систем Камско-Кельтминской низменности (ККН) строился на исходном положении о высотной дифференциации разновременных ярусов рельефа и результатах радиоуглеродного датирования органики из русловых и пойменных фаций. Принимая во внимание позднеплейстоценовый возраст озерной террасы, которая является самым высоким уровнем рельефа в Верхнекамской депрессии и Кельтминской ложбине, выделены шесть этапов формирования русловых систем, до настоящего времени сохранивших свои следы в рельефе. Проявлению *первого* этапа (завершающая фаза калининского стадияла) соответствует «чепецкая ложбина», являющаяся одним из немногих фрагментов древней гидросети, сохранившихся после масштабных изменений рельефа в процессе формирования днища Верхнекамской депрессии. *Второму* этапу соответствует формирование первой надпойменной террасы р. Камы в молодого-шекснинский межстадиал. К *третьему* этапу относится время образования и функционирования ложбин стока (в том числе «большой террасовой ложбины» – БТЛ), активно расчленивших поверхность эоловых форм рельефа в условиях перигляциала ошашковской стадии (20–18 тыс. л. н.). *Четвертый* этап характеризуется формированием макроизлучин Южной Кельтмы, Пильвы, Тимшера, а также многорукавного русла Камы в периоды чередования относительно кратковременных потеплений и похолоданий по окончании последнего ледникового максимума (18–10 тыс. л. н.). К *пятому* этапу отнесено формирование широкой поймы Камы в предбореале – суббореале, представленной сегментными генерациями. *Шестой* этап (современный) характеризуется «выпрямлением» русла Камы – формированием относительно прямолинейного русла на всем протяжении ККН.

Ключевые слова: поздний плейстоцен, голоцен, Камско-Кельтминская низменность, Кельтминская ложбина, георадиолокационное зондирование, радиоуглеродный анализ, дистанционные методы, спорово-пыльцевой анализ, древняя русловая сеть.

**HISTORY OF THE CHANNEL SYSTEMS REORGANIZATION OF THE KAMA-KELTMA
LOWLAND IN THE LATE PLEISTOCENE – HOLOCENE****Nikolai N. Nazarov**

Author ID SCOPUS: 7006059830, SPIN-код: 6367-3382, Author ID: 1236

e-mail: nazarov@psu.ru

*Perm State University, Perm***Sergei V. Kopytov**

Author ID SCOPUS: 57189575504, ORCID: 0000-0002-0011-3748, ResearcherID: L-7872-2016,

SPIN-код: 8978-3356, Author ID: 790110

e-mail: kopytov@psu.ru

Perm State University, Perm

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология
Назаров Н.Н., Копытов С.В.

The analysis of the actual data on the age and stages of the channel systems formation in the Kama-Keltma lowland was based on the altitudinal differentiation of different stages of the relief and the results of radiocarbon dating of organics from the channel and floodplain facies. Late Pleistocene lake terrace is the highest level in the Upper Kama depression and Keltma hollow. The research into the geomorphological structure and age of deposited materials, with a particular focus on separate elements of the Kama-Keltma lowland erosive and accumulative relief, indicates the existence of six stages of the channel systems formation (reorganization). The first stage (end of the Kalinin stadial) is the Chepets hollow formation. The hollow was preserved after large-scale changes in the bottom relief of the Upper Kama depression. The second stage (Mologa-Sheksna interstadial) is the first Kama terrace formation. The third stage (Ostashkov stadial, 20-18 ka) is the period of the runoff hollow formation (including the 'large terrace hollow'), which actively dissected the surface of aeolian landforms. The fourth stage (LGM, 18-10 ka) is the formation of the macromeanders of the South Keltma, Pilva, and Timsher, as well as the multi-arm channel of the Kama during alternating periods of relatively short-term warming and cooling. The fifth stage is the wide Kama floodplain formation in the Preboreal – Subboreal, represented by segmental generations. The sixth stage (modern) is characterized by the 'straightening' of the Kama channel – the formation of a relatively straight channel throughout the Kama-Keltma lowland.

Keywords: Late Pleistocene, Holocene, Kama-Keltma lowland, Keltma hollow, Ground Penetration Radar (GPR) method, radiocarbon dating, remote sensing methods, pollen analysis, ancient channel network.

Введение

Изучение истории развития русловых систем Камско-Кельтминской низменности (ККН), образование которых осуществлялось под воздействием целого комплекса геоморфологических процессов, происходивших во внеледниковой и ледниковой зонах северо-восточной окраины Русской равнины, на сегодняшний день является необходимым звеном в исследованиях, посвященных установлению стадийности перестроек и объединений бассейнов Камы и Вычегды (рис. 1). Свидетельства об их связи через Кельтминскую ложбину (Кельтминский каньон) на всем протяжении четвертичного периода были зафиксированы в процессе геологических и геоморфологических исследований российских и зарубежных ученых [4; 5; 16; 18; 19].

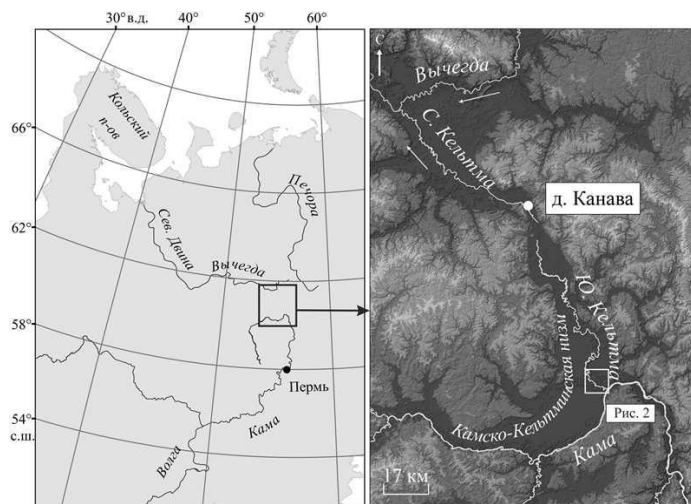


Рис. 1. Камско-Кельтминская низменность
Fig. 1. The Kama-Keltma lowland

При наличии определенных представлений об обстановках, в которых происходило развитие рельефа и ландшафтов в целом в пределах ККН, не решены к настоящему времени вопросы, касающиеся пространственно-временных аспектов формирования здесь русловых и озерных систем в *позднем* плейстоцене. Следы русловой деятельности, по сути, остаются пока лишь «немыми» свидетелями проявлений эрозионных процессов, а хорошая сохранность русловых форм, расположенных за пределами пойменных (голоценовых) геосистем, указывает на сравнительно молодой (позднеплейстоценовый?) возраст образования.

Актуальность изучения древних русловых форм ККН обусловлена также возможностью получения новой

аргументации, касающейся времени самого последнего перетока приледниковых («вычегодских») вод через Кельтминскую ложбину в бассейн Камы [2; 7; 14; 17; 20].

Объекты и методы исследования

Геосистемы ККН, кроме верховых болот и озер (среди них крупнейшие в Пермском Прикамье озера Большой Кумикуш и Новожилово), включают в себя долины сравнительно небольших транзитных и малых болотных рек, а также невысокие валобразные песчаные массивы («острова») площадью от

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология
Назаров Н.Н., Копытов С.В.

первых сотен до нескольких тысяч квадратных метров. Наличие вдоль южной периферии низменности относительно прямолинейного русла Камы со сравнительно неширокой левосторонней поймой (прогрессирующее наступление болота не позволяет точно установить внешнюю границу поймы) указывает на пространственную ограниченность развития современного русла реки в голоцене и одновременно независимость от него процесса формирования русловых и болотных систем в остальной части ККН в этот период. Данное обстоятельство, определяющее отсутствие прямого воздействия Камы на процессы рельефообразования на всей территории низменности в голоцене, позволяет на основе изучения условий, предшествовавших развитию болотных и русловых систем, более детально рассмотреть вопрос этапности перестроек речной сети в позднем плейстоцене.

В ходе полевых работ в 2008–2018 гг. использовались топографические карты м-ба 1:25 000, карта четвертичных образований м-ба 1:1 000 000 [6], данные GPS-навигации. Значимое внимание в исследованиях уделялось определению относительного и абсолютного возраста (прямых датировок) болотных, аллювиальных и подстилающих их отложений древних водоемов. Получено 70 радиоуглеродных дат по торфу, сапропелю и древесине. В качестве основного метода при изучении геосистемного строения ККН, особенностей формирования микрорельефа, распределения растительности, характера и степени увлажнения и других использовался дистанционный анализ – дешифрирование многоканальных космических снимков. Выявление элементов древней русловой сети осуществлялось в процессе дешифрирования снимков, полученных 13 августа 2017 г. и 12 мая 2018 г. со спутника Landsat-8 OLI (<http://earthexplorer.usgs.gov/>) с разрешением 30 м в спектральных каналах Coastal/Aerosol (0,435–0,451 мкм), Blue (0,452– 0,512 мкм), Green (0,533–0,590 мкм), Red (0,636–0,673 мкм), NIR (0,851–0,879 мкм), SWIR-1 (1,566–1,651 мкм), SWIR-2 (2,107–2,294 мкм), Cirrus (1,363–1,384 мкм). Процесс определения следов руслового воздействия на поверхность озёрной террасы на начальном этапе включал в себя случайный выбор комбинаций каналов, наилучшим образом «показывающих» контуры отдельных эрозионных систем. В качестве их элементов, как правило, выступали древние прирусловые валы и гривы («веера блуждания»).

Для определения возраста и условий формирования отложений использовался метод спорово-пыльцевого анализа (СПА). Обработка образцов на СПА проводилась стандартным сепарационным методом В.П. Гричука [1].

Фактический материал

1. По данным бурения, осуществленного в рамках изучения инженерно-геологических условий проектировавшегося Верхнекамского водохранилища еще в середине прошлого века, практически все пространство днища Верхнекамской депрессии (озерообразное расширение левобережной части ККН), за исключением камской поймы и частично Кельтминской ложбины, занимает первая надпойменная терраса (al_3^{3-4}) (здесь и далее индексы стратиграфических горизонтов приводятся в соответствии с их использованием в соответствующих отчетах или статьях) [3]. Ширина террасы местами достигает 20 км. Над меженным уровнем реки ее высота составляет 4–6 м, иногда увеличиваясь еще на 2–3 м на прирусловых валах. Строение террасы установлено по скважинам, пробуренным в основном за пределами центральных болотных геосистем, – на сухих кромках прибрежных полос старичных и древнерусловых образований. В изученных разрезах преобладает *русловая* фация, мощность которой достигает 10–12 м. Представлена она мелко- и среднезернистыми песками в нижних частях с гравием и галькой. *Пойменная* фация встречается локально и состоит из кварцево-полевошпатовых мелко- и тонкозернистых песков, переслаивающихся с суглинками и супесями. В *старичной* фации, также не имеющей широкого распространения, есть суглинки (часто обогащенные гумусовым материалом), переслаивающиеся с песками и супесями. Фация *размыта* представлена гравийно-галечниковыми отложениями с заполнителем из разнозернистых полимиктовых песков. Мощность фации – 2–4 м. Начало образования террасы исследователи относят к Молого-Шекснинскому межледниковью. Фрагменты второй надпойменной террасы в виде узкой полосы фиксируются лишь вдоль северного склона депрессии.

Интерпретируя результаты проведенных инженерно-геологических изысканий Н.В. Рябковым [13], дается описание позднеплейстоценовых террас. Геологический разрез *озерной* террасы калининского возраста (alQ_3^2) с выдержанными абсолютными отметками 130–140 м описан и проанализирован в створах нижнего и среднего течений Южной Кельтмы и только в пределах Кельтминской ложбины. В

отличие от первой надпойменной террасы, имеющей довольно простое строение, озерная (соответствует по высоте второй камской), возвышающаяся над ней в среднем на 2–4 м, имеет сложное двучленное строение. В основании залегают преимущественно мелкозернистые пески с гравием и галькой. Сверху пески перекрыты тонкослойными суглинками и глинами с относительно выдержанными прослоями торфа и илов. Пыльцевые спектры, полученные в районе устья р. Лопвы и у д. Канава (водораздел Северной и Южной Кельтмы) из погребенных торфяников с глубины 10–14 м, указали на преобладание в растительном покрове как типично темнохвойных видов растений (ель, пихта), так и присутствие в спектрах до 10–15% широколиственных пород (в основном – лещина, единично – липа, вяз, дуб). Поверхность озерной террасы в настоящее время представлена или болотными, или лесными геосистемами.

Исследованиями А.С. Лаврова и Л.М. Потапенко [5] геоморфологическое положение основного надпойменного уровня Верхнекамской депрессии (первой надпойменной террасы по геологическим отчетам) и Кельтминской ложбины (уровень озерной террасы – alQ_3^2) определено как единая Озьягская терраса ($Ig^{oz}III_4$), которая, по мнению исследователей, имеет распространение на всей территории существования позднеплейстоценового приледникового подпрудного водоема (Озьягского озера) в бассейнах Вычегды и Камы. Делается вывод, что данный водоем является классическим примером подпрудного озера с обращенным стоком скапливавшихся в нем вод, а его объем регулировался высотой Кельтминского порога на водоразделе Северной (бассейн Вычегды) и Южной Кельтмы (бассейн Камы) – около 130 м.

2. Возраст пойменных генераций р. Камы, установленный по результатам радиоуглеродного датирования [8], колеблется в диапазоне от первых сотен лет (первая пойменная генерация) до 6–7 тыс. лет (пятая пойменная генерация). Абсолютный возраст погребенной почвы, обнаруженной в разрезе первой надпойменной террасы (береговой уступ р. Тимшер), имеет возраст $9890 \pm 170^{14}C$ кал. л. н. (ЛУ-8725) ($60^\circ 28' 36,9''$ с.ш., $55^\circ 23' 47,60''$ в.д.). Из двух близко расположенных (расстояние 100 м) разрезов берегового уступа р. Пильвы получены две даты: первая – из серых песков, лежащих ниже подошвы желтых песков русловой фации (древесина *in situ*): $11680 \pm 230^{14}C$ кал. л. н. (ЛУ-8727) ($60^\circ 30' 56,2''$ с.ш., $55^\circ 43' 13,90''$ в.д.), вторая – из торфа, погребенного пойменным наилком (0,6 м): $7360 \pm 170^{14}C$ кал. л. н. (ЛУ 8728) ($60^\circ 30' 55,9''$ с.ш., $55^\circ 43' 15,80''$ в.д.).

3. Кроме современной русловой сети и фрагментов долинно-русловых геосистем, фиксирующих местоположение предголоценовых рек в ККН, распространены ложбины стока – руслоподобные заболоченные понижения, начало и конец («вход» и «выход») которых теряется в пределах болотных комплексов. Длина ложбин стока, как правило, редко превышает 1–2 км. Исключение составляет «большая террасовая ложбина» (БТЛ), располагающаяся на поверхности междуречья Южной Кельтмы и Пильвы (рис. 2).

Данное образование в настоящее время занято верховым болотом, имеет длину 6 км и ширину около 250 м. Начало и конец ложбины находятся гипсометрически выше левобережной бровки долины Южной Кельтмы и уровня первой надпойменной террасы Камы. Болотно-гривистые геосистемы конуса «дельты» ложбины четко опознаются на космических снимках по характеру дифференциации растительного покрова и микрорельефа.

По результатам георадиолокационного зондирования глубина вреза ложбины составляет 7,5 м (рис. 3). Изучение спорово-пыльцевого спектра отложений, выполняющих БТЛ, проведено до глубины 3,18 м. Строение изученной толщи: 0–0,6 м – торф сфагновый слабо разложившийся, 0,6–2,2 м – торф среднеразложившийся; 2,2–2,4 – торф илистый (сапропель); 2,4–3,0 м – песок мелкозернистый; глубже 3 м – ил темно-бурый (сапропель). Результаты исследования спорово-пыльцевых спектров из отложений БТЛ позволили выделить четыре палинозоны (рис. 4). При подсчетах процентного соотношения основных таксонов была использована формула $AP+NAP=100\%$. Для отложений, глубже 2,8 м, обнаружены единичные пыльцевые зерна, вследствие чего на диаграмме они не отражены. Результаты исследования спорово-пыльцевых спектров из отложений БТЛ позволили выделить четыре палинозоны (рис. 4). При подсчетах процентного соотношения основных таксонов была использована формула $AP+NAP=100\%$. Для отложений, глубже 2,8 м, обнаружены единичные пыльцевые зерна, вследствие чего на диаграмме они не отражены.

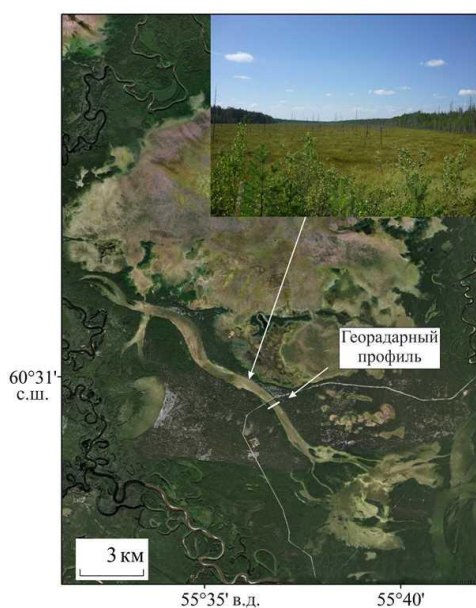


Рис. 2. Большая террасовая ложбина
Fig. 2. The large terrace hollow

В отложениях *первой* палинозоны (глубже 2,4 м) наблюдается снижение общего количества пыльцы и спор растений. Доля пыльцы древесных растений (АР) изменяется от 88 (2,4 м) до 45% (2,8 м). Преобладают пыльца *Betula exilis*, единично – *Alnus*, *Alnaster*, *Salix*. Из травянистых (NAP) доминирует пыльца *Chenopodiaceae* (до 35%), полыней, астровых, из гиетрофитов – *Myriophyllum*. В качестве реликта перигляциальных ландшафтов среди кустарничков присутствует пыльца *Ephedra*. Отложения соответствуют предбореальному и раннебореальному времени. Набор спорово-пыльцевых спектров палинозоны позволяет говорить о существовании медленно текущего водоема (протоке), по берегам которого были развиты ерниковые заросли, марево-пыльничные и злаково-разнотравные ассоциации. Спорово-пыльцевой спектр *второй* палинозоны (1,6–2,4 м) значительно отличается от спектра нижележащих отложений. Преобладает пыльца древесных растений, доля которой может достигать 90% (пыльца *Pinus* – 35–45%, *Betula* – 30–40%,

Picea – 8–15%, единично отмечена пыльца *Ulmus*, *Alnus*. Травянистые представляют семейства *Artemisia*, *Chenopodiaceae*, *Cyperaceae* (5%) и некоторые др. Время накопления пыльцы соответствует концу бореального и началу атлантического периода, в ложбине начинается накопление торфа. Среди споровых доминирует *Sphagnum*, встречены *Equisetum*, *Polypodiaceae*, *Lycopodium s. Clavata*, что говорит о заболачивании или зарастании остаточного водоема. Даты, полученные из сапропеля с глубины 2,2 м и 2,45 м, имеют возраст 8350 ± 80 ^{14}C кал. л. н. (Spb-2702) и 8433 ± 80 ^{14}C кал. л. н. (Spb-2700).

В спорово-пыльцевых спектрах *третьей* палинозоны (0,85–1,6 м) доля пыльцы *Pinus* достигает 40–50%, увеличивается доля *Picea* (до 30%), появляется *Abies sibirica*, но сокращается доля пыльцы *Betula s. Alba* (20–22%), вновь появляются *Betula exilis* и *Alnaster*, что говорит о некотором похолодании климата. Из широколиственных зафиксирована пыльца *Ulmus*. Наблюдается сокращение доли пыльцы травянистых (1–3%), постоянно присутствует пыльца *Artemisia*, *Chenopodiaceae*, *Poaceae*, *Rosaceae*, *Ericaceae*. Среди спорофитов начинают доминировать споры сфагновых мхов. Данный интервал можно охарактеризовать как период незначительного похолодания (суббореальный период) и максимального развития темнохвойных еловых формаций.

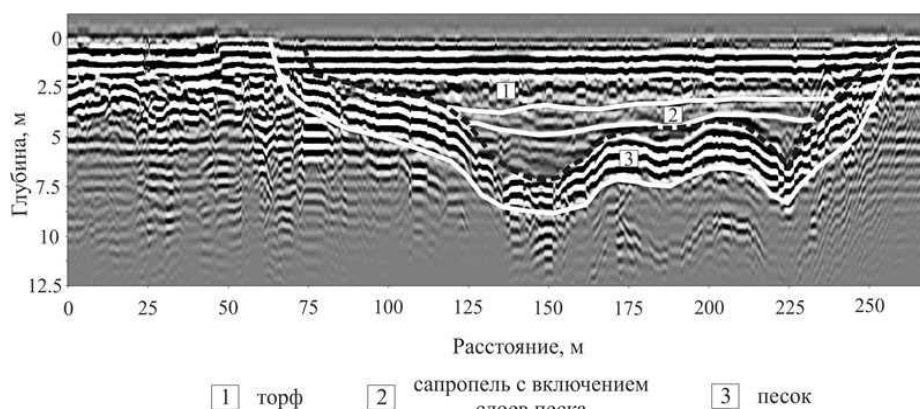


Рис. 3. Георадарограмма по профилю, пересекающему БТЛ (положение профиля на рис. 2)
Fig. 3. Georadarogram along the profile crossing the large terrace hollow (position of the profile is shown in Fig. 2)

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология

Назаров Н.Н., Копытов С.В.

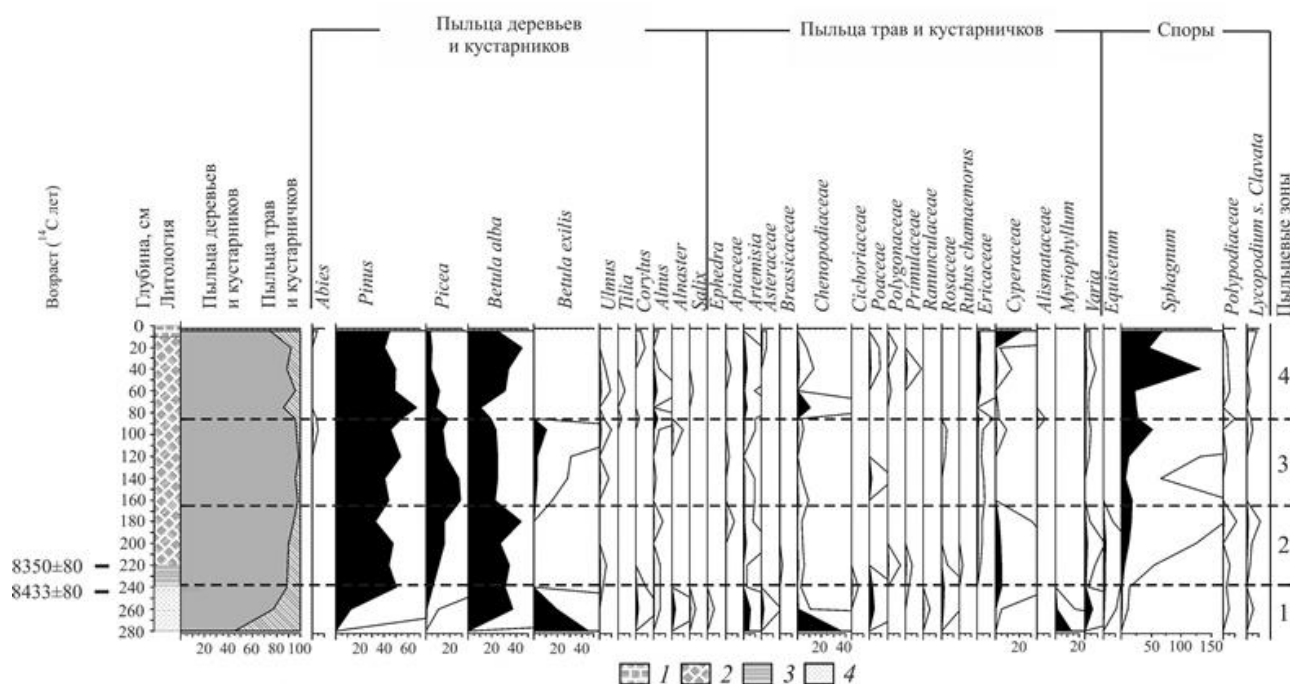


Рис. 4. Спорно-пыльцевая диаграмма отложений 2 скважины. Состав отложений: 1 – торф сфагновый слабо разложившийся;

2 – торф сфагновый среднеразложившийся; 3 – сапропель; 4 – песок мелкозернистый [10]

Fig. 4. Spore-pollen diagram of the 2nd core deposits. The sediment composition: 1 – poorly decomposed sphagnum peat;

2 – medium decomposed sphagnum peat; 3 – sapropel; 4 – fine-grained sand [10]

Соотношение пыльцы древесных растений четвертой палинозоны (0,05–0,85 м) варьирует около 90–95%, травянистых – 5–10%. Среди древесных растений преобладают пыльца *Pinus* (до 60%), *Betula* (30–40%), уменьшается доля пыльцы *Picea* (5–10%). Широколиственные породы представлены *Ulmus* и *Tilia*. Травянистые растения – *Artemisia* (2–3%), *Chenopodiaceae* (до 10%), *Poaceae*, *Polygonaceae*, *Primulaceae*, *Ericaceae* (2%), *Cyperaceae* (до 20%) и некоторыми др. За все время осадконакопления отмечено максимальное количество спор сфагновых мхов. Для данного интервала характерно широкое распространение сосновых лесов (урочища развития эловых и флювиогляциальных отложений). Формирование елово-березовых лесов происходит с незначительной примесью широколиственных пород.

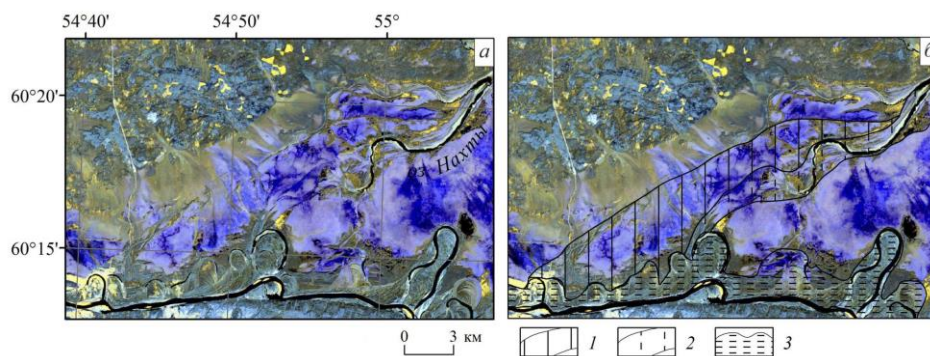


Рис. 5. Фрагмент (западная часть) ЦРС: а – космический снимок Landsat-8 OLI в комбинации каналов 7–6–5;

б – разновозрастные генерации ЦРС. Условные обозначения: 1 – контур ЦРС, не затронутой последним (по времени) переформированием русловой сети (древняя генерация);

2 – последняя (по времени) генерация ЦРС; 3 – пойма р. Камы

Fig. 5. Fragment (western part) of the central channel system (CCS): а – Landsat-8 OLI satellite image in a combination of bands 7–6–5; б – generations of different ages in the CCS. Legend: 1 – contour of the CCS not affected by the last (in time) reorganization of the channel network (ancient generation); 2 – the last (in time) generation of the CCS; 3 – the Kama floodplain

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология
Назаров Н.Н., Копытов С.В.

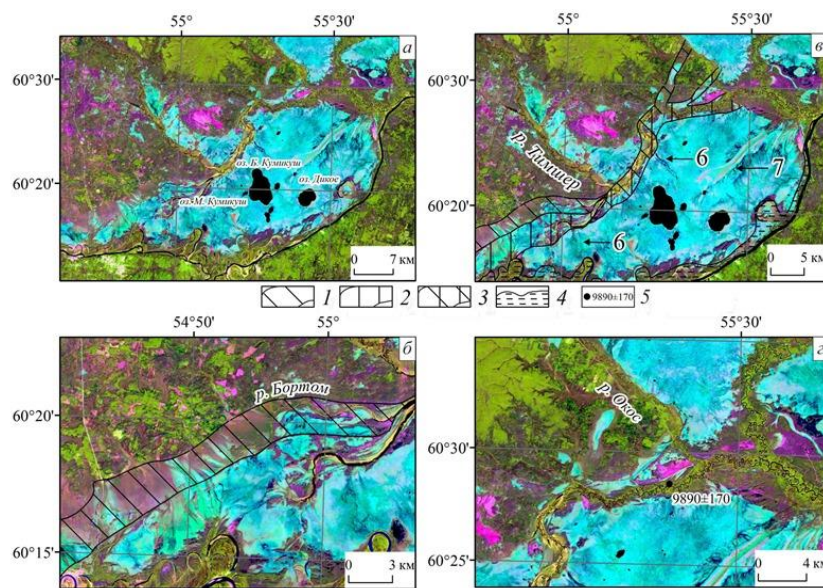


Рис. 6. Генерации древней русловой сети: а – космический снимок Landsat-8 OLI в комбинации каналов 5–6–4; б – фрагмент (западная часть) ЦРС; в – контуры разновременных русловых систем; г – возраст формирования террасы р. Тимшер (калиброванная дата). Условные обозначения: 1 – контур ЦРС; 2 – контур ЦРС; 3 – контур ОРС; 4 – пойма р. Камы; 5 – радиоуглеродная калиброванная дата. Цифры обозначают: 6 – каналы стока; 7 – доголоценовые русла

Fig. 6. Generations of the ancient channel network: а – Landsat-8 OLI satellite image in a combination of bands 5–6–4; б – fragment (western part) of the northern channel system (NCS); в – contours of different-temporal channel systems; г – the age of the Timshera terrace formation (calibrated date). Legend: 1 – NCS contour; 2 – CCS contour; 3 – the integrated channel system contour; 4 – the Kama floodplain; 5 – radiocarbon calibrated date. The numbers indicate: 6 – runoff channels; 7 – pre-Holocene channels

4. Дешифрирование мультиспектральных космических снимков Landsat-8 OLI на территорию ККН способствовало установлению на фоне типичных болотных урочищ несколько древних русловых систем. При выделении центральной русловой системы (ЦРС) было использовано изображение, полученное в синем спектре (рис. 5).

Комбинация каналов 7–6–5 обеспечила оптимальное распознавание местоположения песчаных грив и валов, оконтуривающих полосу блуждания древней реки. Применение комбинации ближнего, среднего ИК – каналов и красного видимого канала (5–6–4) позволило установить местоположение северной русловой системы (СРС), протягивающейся вдоль северного коренного склона Верхнекамской депрессии (рис. 6). С места соединения ЦРС, СРС с современной поймой р. Тимшера их пойменно-террасовые комплексы взаимодействовали по типу вложения более молодых геосистем в предшествующие – Тимшерская пойма в ЦРС, ЦРС в СРС.

Контур объединенной русловой системы (ОРС) довольно уверенно опознается по песчаным «островам» с редкой растительностью, которые выделяются по розовому и малиновому цветам на фоне голубого цвета верхового болота. Внутри системы зеленовато-бурым цветом (до желтого) выделяется современная пойма Тимшера и серо-розовым цветом – фрагменты грядового рельефа ЦРС. Болотно-русловая система (БРС), включающая в себя большую часть территории Камской депрессии, располагается между ЦРС и современной поймой р. Камы. Русловые образования, фиксируемые среди болотных геосистем, представлены двумя видами. К первому относятся современные каналы стока вод из центральной части болота к его периферии. На космоснимке (комбинация 5–6–4) они выглядят как темно-синие относительно прямолинейные линии на зеленовато-голубом фоне. Цвет линий указывает на сильную переувлажненность торфа и существование в этом месте поверхностного стока.

Обсуждение результатов

Анализ фактических данных о возрасте русловых систем ККН строился на известном утверждении о разном времени формирования разновысотных уровней (ярусов) рельефа. В большинстве случаев (при сравнении форм одного или близких масштабов) – чем выше его уровень, тем старше возраст поверхности, чем ниже – тем моложе. Основанием для применения данного подхода, определяющего очередность (этапность) моделировки земной поверхности, послужило физическое свойство текущей

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология

Назаров Н.Н., Копытов С.В.

воды занимать самые низкие уровни рельефа. В результате эродирующего воздействия потока вода «вырезает» на базовой поверхности всегда новый более низкий уровень. При аккумулятивном воздействии потока происходит только повышение отметок базовой поверхности при сохранении ее высотного (начального) положения относительно других вышележащих уровней рельефа.

В отношении количества и высотной дифференциации русловых систем ККН является природным комплексом с четко выраженной четырехступенчатой высотной «конструкцией». К первому самому низкому уровню относится пойма Камы. [11]. Средняя относительная высота поймы над урезом – 3–6 м. Второй уровень составляют надпойменные террасы Южной Кельтмы, Тимшера и Пильвы (абсолютные высоты ≤ 120 м). К третьему уровню может быть отнесена первая надпойменная терраса Камы с осложняющими ее строение геосистемами древних русловых систем – ЦРС, СРС, ОРС и БРС (абсолютные высоты 122–130 м). Четвертому уровню соответствует озерная терраса, занимающая большую часть Кельтминской ложбины, и песчаные (боровые) «острова», возвышающиеся над болотными массивами Верхнекамской депрессии (абсолютные высоты 130–135 м). К этому же уровню, по-видимому, следует отнести и днище древнего русла, огибающего с северо-запада песчаный массив в приустьевой части р. Чепец (приток Тимшера). Поверхность заболоченной «чепецкой ложбины» имеет отметки порядка 132 м. По данным результатов бурения, проведенного еще в процессе изысканий под строительство Верхнекамского водохранилища [3], подошва фации размыва древнего водотока располагается на 8 м выше кровли коренных пород, подстилающих аллювиальный комплекс первой надпойменной террасы Камы (рис. 7).

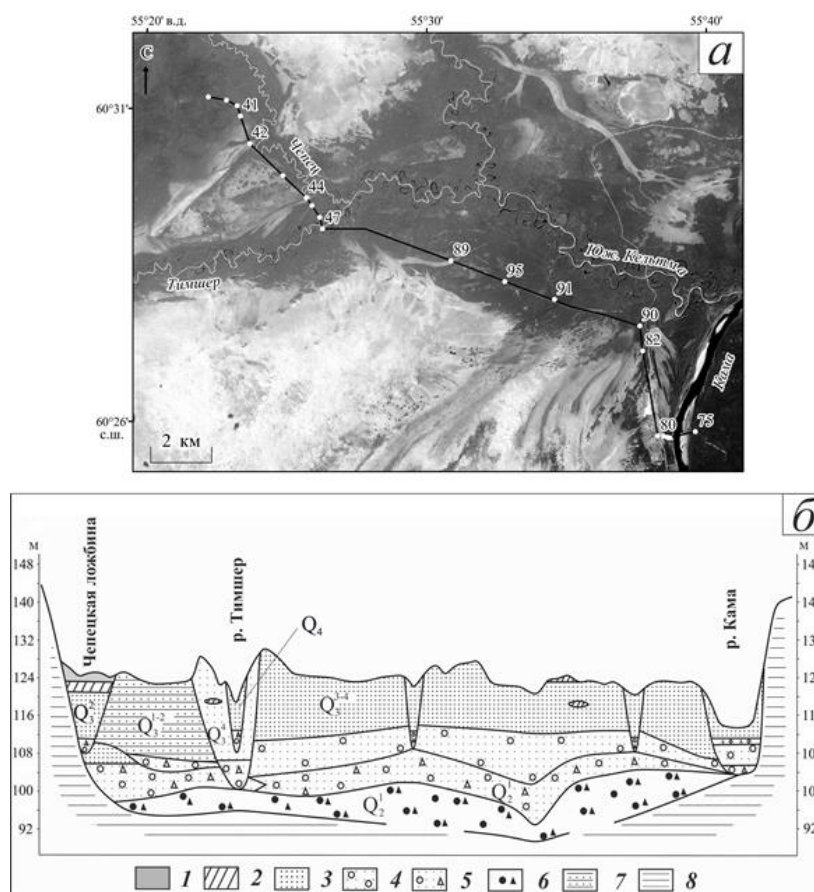


Рис. 7. Геологическое строение Верхнекамской депрессии (по данным литологического описания скважин [3]):

а – местоположение разреза, цифрами обозначены номера скважин; б – геологический разрез;

1 – торф; 2 – суглинок; 3 – песок; 4 – песок с галькой; 5 – песок с галькой и гравием;

6 – галька с гравием; 7 – супесь; 8 – коренные породы [9]

Fig. 7. The geological structure of the Upper Kama depression (according to the lithological description of the cores [3]): а – the location of the cross-section, the numbers indicate the cores; б – geological cross-section;

1 – peat; 2 – loam; 3 – sand; 4 – sand with pebbles; 5 – sand with pebbles and gravel;

6 – pebbles with gravel; 7 – sandy loam; 8 – bedrock [9]

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология
Назаров Н.Н., Копытов С.В.

Данный факт говорит о более раннем заложении данного русла по сравнению со временем формирования надпойменной террасы. Видимо, это время относится к переходному периоду – от калининского стадиала к молодого-шекснинскому межледниковью. Морфологическая сохранность самого древнего элемента русловой сети, который составляет рельеф днища ККН, объясняется его защищенностью песчаным массивом, сформировавшимся в результате развития эоловых процессов на поверхности озерной террасы. Повышенные отметки эолового рельефа изолировали этот участок русловой сети от эрозионно-аккумулятивного воздействия Камы в последующие периоды.

Отталкиваясь от возраста озерной террасы – самого высокого уровня рельефа в пределах ККН, появляется возможность установить время формирования БТЛ. Система, оставившая след на поверхности озерной террасы, судя по наличию четко выраженной «устьевой дельты» на поверхности первой надпойменной террасы, формировалась уже по окончании активной фазы развития последней. По-видимому, этот период следует относить к осташковскому стадиалу, во время которого образование водотока со стороны Северной Кельтмы *могло быть* связано с поступлением ледниково-озерных вод из бассейна Вычегды. Косвенно вероятность образования БТЛ в условиях перигляциала подтверждают и результаты изучения пыльцы растений, встречающейся в разрезе отложений ее днища. Ниже сапропеля, возраст которого составляет более 8 тыс. лет, наблюдается практически полное отсутствие пыльцы (единично встречена пыльца, не имеющая отношения к вышележащим горизонтам), что может указывать на формирование этой части вмещающих отложений в условиях перигляциала (обычно в аллювии, отложенном в теплые интервалы времени, пыльца растений накапливается и сохраняется).

О возможности принятия за возраст формирования БТЛ осташковской стадии последнего оледенения указывает и ее геоморфологическое положение относительно надпойменных террас рек Ю. Кельтмы, Пильвы и Тимшера. Располагаясь гипсометрически ниже уровня днища БТЛ на несколько метров, поверхности этих террас, по-видимому, представляют собой фрагменты днищ (пойм?) древних макроизлучин. Как установлено, образование последних в массовом порядке происходило 18–13 тыс. л. н. во время устойчивых и продолжительных периодов потеплений и было обусловлено высокими объемами расходов воды в реках [12; 15]. О предголоценовом возрасте надпойменных террас транзитных рек ККН указывает и возраст торфов, сформировавшихся на их поверхностях еще около 10 тыс. л. н., периодически возобновляя процесс торфообразования и в оптимумы голоцена.

Огромное влияние резкое потепление, последовавшее сразу же по окончании последнего ледникового максимума, оказало на характер и активность рельефообразования в долине самой пра-Камы. Увеличение количества наносов, связанное с повышением водности в ее бассейне, привело к формированию многорукавного русла в озеровидном расширении Верхнекамской депрессии. Эрозионные следы отдельных рукавов позднплейстоценовой реки – ЦРС и СРС в настоящее время представляют собой главный каркас рисунка перестроек гидрографической сети в бассейне верхней Камы.

За пределами пойменных генераций реки вдоль южной кромки центрального болотного массива обнаружены лишь редкие «следы» относительно пологих излучин ее главного русла – дугообразные торфяные урочища на фоне зарастающих кустарником и деревьями болотных массивов (ряма). По-видимому, данные образования указывают на наличие еще одного этапа эрозионной активности Камы, состоявшегося в промежутке времени между окончанием времени развития многорукавного русла и формированием современной поймы.

Заключение

Изучение геоморфологического строения и анализ отложений отдельных элементов эрозионно-аккумулятивного рельефа ККН позволили наметить основные этапы перестройки гидрографической сети в позднем плейстоцене и голоцене. Принимая во внимания возраст озерной террасы, которая является самым высоким уровнем рельефа в днищах Верхнекамской депрессии и Кельтминской ложбины, можно говорить о существовании шести этапов формирования русловых систем, сохранивших свои следы в их рельефе. Проявлению *первого* этапа (завершающая фаза калининского стадиала) соответствует «чепецкая ложбина», являющаяся, по-видимому, одним из немногих фрагментов древней гидросети, сохранившихся после масштабных изменений рельефа в процессе формирования днища Верхнекамской депрессии. К *третьему* этапу относится время образования и функционирования БТЛ – русла временного водотока, формирование которого происходило в перигляциальных условиях осташковской стадии (20–18 тыс. л. н.). На это указывают не только практически полное отсутствие пыльцы растений в

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология
Назаров Н.Н., Копытов С.В.

аллювии, заполнившим врез ложбины, но и ее высотное положение относительно располагающейся гипсографически ниже первой надпойменной террасы р. Камы, образование которой относится ко *второму* этапу (молого-шекснинский межстадиал) развития эрозионно-аккумулятивных систем в регионе. Осуществленная впоследствии моделировка поверхности озерной террасы древними макроизлучинами Южной Кельтмы, Пильвы и Тимшера, а поверхности первой надпойменной террасы – многорукавным руслом Камы (ЦРС, СРС, ОРС) позволяет говорить о *четвертом* этапе формирования русловых систем. Время данного этапа относится к периоду 18–10 тыс. л. н. – чередованию относительно кратковременных потеплений и похолоданий сразу по окончании LGM. *Пятый* этап – это первые три четверти голоцена (предбореал – суббореал), период, в который происходило саморазвитие пойменно-русловых комплексов современных рек в условиях чередования сухих – влажных, теплых – прохладных эпох голоцена. *Шестому* – последнему этапу перестройки гидрографической сети на площади ККН соответствует выпрямление русла Камы на всем протяжении Верхнекамской депрессии. Интенсивно меандрирующее еще 2–3 тысячи лет назад широкопойменное русло Камы, судя по конфигурации стариц, с коэффициентом извилистости на тот период более 1,5, в настоящее время характеризуется относительно прямолинейным руслом.

Одной из причин возникновения изменений в направленности русловых процессов в субатлантический этап перестройки русловых систем ККН, по нашему мнению, могло стать активное развитие болотных геосистем. Высокие скорости заболачивания поверхности надпойменной террасы, сопровождавшиеся постепенным увеличением ее высоты в центральных частях торфяных массивов (мощность торфа достигает 5 м и более) и одновременно наступлением болот на пойменные геосистемы по их периферии, способствовали существенному снижению эрозионного воздействия на берега в периоды паводков. Формирование локальных центров быстрого роста высоты отдельных частей торфяного массива также вызывало их к образованию, а в последующем и сохранение на всем протяжении голоцена крупнейших для всего Пермского Предуралья озер и озерной системы в целом.

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

Acknowledgments. The study was funded by the Russian Foundation for Basic Research (research project No. 20-05-00276).

Библиографический список

1. Гричук В.П. Методика обработки осадочных пород, бедных органическими остатками, для целей пыльцевого анализа // Проблемы физической географии. 1940. Т. 8. С. 53–58.
2. Зарецкая Н.Е., Панин А.В., Голубева Ю.В., Чернов А.В. Седиментационные обстановки и геохронология перехода от позднего плейстоцена к голоцену в долине р. Вычегда // Доклады Академии наук. 2014. Т. 455, № 1. С. 52–57.
3. Зилинг Д.Г., Капитанова К.В., Кулагин С.И., Галушкин Ю.А., Симонов А.Н., Корганова Л.С. Отчет о результатах инженерно-геологических исследований, проведенных Камской партией в зоне проектируемого Верхнекамского водохранилища (на участке от с. Бондюг до с. Гайны) в 1958–59 гг. М.: Мингео СССР, 1960. 830 с.
4. Краснов И.И. Четвертичные отложения и геоморфология Камско-Печорско-Вычегодского водораздела и прилегающих территорий // Материалы по геоморфологии Урала. М.;Л.: Изд-во Мин. геол. СССР, 1948. С. 47–88.
5. Лавров А.С., Потапенко Л.М. Неоплейстоцен Печорской низменности и Западного Притиманья (стратиграфия, палеогеография, хронология). М.: ОАО «Можайский полиграфический комбинат», 2012. 191 с.
6. Лавров А.С., Потапенко Л.М. Неоплейстоцен северо-востока Русской равнины. М.: Аэрогеология, 2005. 348 с.
7. Назаров Н.Н. Плейстоценовые перестройки речных русел и современное развитие пойменно-русловых комплексов Верхней Камы // Геоморфология. 2017 № 3. С. 88–100.
8. Назаров Н.Н., Копытов С.В. Оценка морфометрических параметров рельефа поймы для выделения ее разновозрастных генераций (на примере верхней Камы) // Геоморфология. 2015. №4. С. 79–85.
9. 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.
10. Назаров Н.Н., Копытов С.В., Жуикова И.А., Чернов А.В. Плейстоценовые каналы стока в южной части Кельтминской ложбины (Камско-Вычегодское междуречье) // Геоморфология. 2020. № 4. С. 74–88.
11. Назаров Н.Н., Копытов С.В., Чернов А.В. К вопросу о возрасте пойм прерывисто-динамического развития (на примере верхней Камы) // Географический вестник. 2016. № 3 (38). С. 15–27.
12. Панин А.В., Матлахова Е.Ю. Периодические проявления мощного речного стока в центре Русской равнины в валдайскую холодную эпоху // Вестник Томского гос. ун-та. 2013. № 370. С. 168–174.
13. Рябков Н.В. Древние приледниковые бассейны междуречья Камы, Печоры, Вычегды и их реликты // Бюл. комиссии по изучению Четвертичн. периода. 1976. № 45. С. 94–105.

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология

Назаров Н.Н., Копытов С.В.

14. Сидорчук А. Ю., Борисова О. К., Ковалюх Н. Н., Панин А. В., Чернов А. В. Палеогидрология нижней Вычегды в позднеледниковье и голоцене // Вестник Моск. ун-та. Сер. 5. География. 1999. № 5. С. 34–41.
15. Сидорчук А.Ю., Панин А.В. Геоморфологические подходы к оценке величины речного стока в геологическом прошлом (ст. 2. Гидравлические методы реконструкции расходов палеорек) // Геоморфология. 2017. № 2. С. 3–13.
16. Яковлев С.А. Основы геологии четвертичных отложений Русской равнины (стратиграфия). М.: Госгеолтехиздат, 1956. 314 с.
17. Astakhov V.I., Svendsen J.I., Matiouchkov A., Mangerud J., Maslenikova O., Tveranger J. Marginal formations of the last Kara and Barents ice sheets in northern European Russia // *Boreas*. 1999. Vol. 28. pp. 23–45.
18. Grosswald M.G. Late Weichselian Ice Sheets of Northern Eurasia // *Quaternary Research*. 1980. Vol. 13. pp. 1–32.
19. Lysa A., Jensen M.A., Larsen E., Fredin O., Demidov I.N. Ice-distal landscape and sediment signatures evidencing damming and drainage of large pro-glacial lakes, northwest Russia // *Boreas*. 2011. Vol. 40. pp. 481–497.
20. Mangerud J., Jacobsson M., Alexanderson H., Astakhov V., Clarke G.C.K., Henriksen M., Hjort C., Krinnerm G., Lunkkja J.-P., Moller 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 // *Quaternary Science Reviews*. 2004. Vol. 23. pp. 1313–1332.

References

1. Grichuk, V.P. (1940), “Metodika obrabotki osadochnykh porod, bednykh organicheskimi ostatkami, dlya tselei pyl'tsevoogo analiza”, *Problems of physical geography*, vol. 8, pp. 53–58. [In Russian].
2. Zaretskaya, N.E., Panin, A.V., Chernov, A.V. and Golubeva, Yu.V. (2014), “Sedimentation settings and the late pleistocene-holocene geochronology in the Vychehda river valley”, *Doklady Earth Sciences*, vol. 455(1), pp. 223–228. [In English].
3. Ziling, D.G., Kapitanova, K.V., Kulagin, S.I., Galushkin, Yu.A., Simonov, A.N. and Korganova, L.S. (1960), *Otchet o rezul'tatakh inzhenerno-geologicheskikh issledovaniy, provedennykh Kamskoi partiei v zone proektiruemogo Verkhne-Kamskogo vodokhranilishcha (na uchastke ot s. Bondyug do s. Gainy) v 1958-59 gg.* [Report on the results of engineering and geological studies conducted by the Kama party in the area of the projected Upper Kama reservoir (on the site from the village of Bondyug to the village of Gainy) in 1958-59]. Moscow, Mingeo USSR, 830 p. [In Russian].
4. Krasnov, I.I. (1948), “Chetvertichnye otlozheniya i geomorfologiya Kamsko-Pechorsko-Vychehodskogo vodorazdela i prilgayushchikh territoriy”, *Materials on geomorphology of Urals*, vol. 1, Moscow, Gosgeolizdat, pp. 47–87. [In Russian].
5. Lavrov, A.S. and Potapenko, L.M. (2012), *Neopleistocen Pecherskoy nizmenosti i Zapadnogo Pritimanya (stratigrafiya, paleogeografiya, hronologiya)* [Neopleistocene of Pechora lowland and West Timan region (stratigraphy, paleogeography, chronology)], Moscow, Mozhayskiy poligraficheskiy kombinat, 191 p. [In Russian].
6. Lavrov, A.S. and Potapenko, L.M. (2005), *Neopleistocen severo-vostoka Russkoi ravniny* [Neopleistocene of the Northeastern Russian Plain], Moscow, Aerogeologiya, 348 p. [In Russian].
7. Nazarov, N.N. (2017), “Pleistocene reorganization and recent development of river channels in the upper Kama river basin”, *Geomorfologiya (Geomorphology RAS)*, no. 3, pp. 88–100. [In Russian].
8. Nazarov, N.N. and Kopytov, S.V. (2015), “Evaluation of the morphometry parameters of the floodplain to distinguish it's different-age generations (The upper kama as an example)”, *Geomorfologiya (Geomorphology RAS)*, no. 4, pp. 79–85. [In Russian].
9. Nazarov, N.N. and Kopytov, S.V. (2020), “Stages of river network formation of the Upper Kama River basin in the Pleistocene”, *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Estestvennye Nauki*, vol. 162, no. 1, pp. 180–200. [In Russian].
10. Nazarov, N.N., Kopytov, S.V., Zhuikova, I.A. and Chernov, A.V. (2020), “Pleistocene runoff channels in the southern part of the Keltma hollow (Kama–Vychehda watershed)”, *Geomorfologiya (Geomorphology RAS)*, no. 4, pp. 74–88. [In Russian].
11. Nazarov, N.N., Kopytov, S.V. and Chernov, A.V. (2016), “On the age of floodplains of discontinuous and dynamic development (a case study of the upper Kama)”, *Geographical bulletin*, vol. 3, pp. 15–27. [In Russian].
12. Panin, A.V. and Matlakhova, E.Yu. (2013), “Periodic manifestations of a powerful river flow in the center of the Russian Plain in the Valdai”, *Tomsk State university journal*, no. 370, pp. 168–174. [In Russian].
13. Ryabkov, N.V. (1976), “Drevnie prilednikovye basseiny mezhdurech'ya Kamy, Pechory, Vychehdy i ikh relikty”, *Bulletin of commission for study of the Quaternary*, vol. 45, Moscow, Nauka, pp. 94–105. [In Russian].
14. Sidorchuk, A.Yu., Borisova, O.K., Kovalyukh, N.N., Panin, A.V. and Chernov A.V. (1999), “Paleohydrology of the Lower Vychehda in the Late Glacial and Holocene”, *Vestnik Moskovskogo Universiteta, Seriya 5: Geografiya*, no. 5, pp. 34–41. [In Russian].
15. Sidorchuk, A.Yu. and Panin, A.V. (2017), “Geomorphological approach to the river runoff evaluation in the geological past (Paper 2. Estimation of river palaeo-discharges based on channel hydraulics)”, *Geomorfologiya (Geomorphology RAS)*, no. 2, pp. 3–13. [In Russian].
16. Yakovlev, S.A. (1956), *Osnovy geologii chetvertichnykh otlozheniy Russkoi ravniny* [Basics of the Quaternary geology of the Russian Plain], Leningrad, VSEGEI, 314 p. [In Russian].
17. Astakhov, V.I., Svendsen, J.I., Matiouchkov, A., Mangerud, J., Maslenikova, O. and Tveranger, J. (1999), “Marginal formations of the last Kara and Barents ice sheets in northern European Russia”, *Boreas*, vol. 28. pp. 23–45. [In English].

*Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология
Литовский В.В.*

18. Grosswald, M.G. (1980), "Late Weichselian Ice Sheets of Northern Eurasia", *Quaternary Research*, vol. 13. pp. 1–32. [In English].

19. Lysa, A., Jensen, M.A., Larsen, E., Fredin, O. and Demidov, I.N. (2011), "Ice-distal landscape and sediment signatures evidencing damming and drainage of large pro-glacial lakes, northwest Russia", *Boreas*, vol. 40. pp. 481–497. [In English].

20. Mangerud, J., Jacobsson, M., Alexanderson, H., Astakhov, V., Clarke G.C.K., Henriksen, M., Hjort, C., Krinnerm, G., Lunkkja, J.-P., Moller, P., Murray, A., Nikolskaya, O., Saarnisto, M. and Svendsen, J.I. "Ice-dammed lakes and rerouting of the drainage of northern Eurasia during the Last Glaciation", *Quaternary Science Reviews*, 2004, vol. 23, pp. 1313–1332. [In English].

Поступила в редакцию: 26.10.2020

Сведения об авторах

Николай Николаевич Назаров

доктор географических наук, заведующий кафедрой физической географии и ландшафтной экологии, Пермский государственный национальный исследовательский университет; Россия, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15

About the authors

Nikolai N. Nazarov

Doctor of Geographical Sciences, Head of the Department of Physical Geography and Landscape Ecology, Perm State University; 15, Bukireva st., Perm, 614990, Russia

e-mail: nazarov@psu.ru

Сергей Владимирович Копытов

кандидат географических наук, доцент кафедры физической географии и ландшафтной экологии, Пермский государственный национальный исследовательский университет; Россия, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15

Sergei V. Kopytov

Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Department of Physical Geography and Landscape Ecology, Perm State University; 15, Bukireva st., Perm, 614990, Russia

e-mail: kopytov@psu.ru

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

Назаров Н.Н., Копытов С.В. История перестройки русловых систем Камско-Кельтминской низменности в позднем плейстоцене – голоцене // Географический вестник = Geographical bulletin. 2020. №4(55). С. 6–17. doi 10.17072/2079-7877-2020-4-6-17.

Please cite this article in English as:

Nazarov, N.N., Kopytov, S.V. (2020). History of the channel systems reorganization in the Kama-Keltma lowland in the Late Pleistocene – Holocene. *Geographical bulletin*. No. 4(55). P. 6–17. doi 10.17072/2079-7877-2020-4-6-17.

УДК 911.37, 332.132

DOI: 10.17072/2079-7877-2020-17-29

ГРАВИОГЕОГРАФИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Владимир Васильевич Литовский

SPIN-код: 3384-6480

e-mail: vlitovskiy1@yandex.ru

Институт экономики Уральского отделения РАН, Екатеринбург

Для уяснения рациональности хозяйственного использования регионального природного капитала и геоэкологических аспектов пространственного размещения производительных сил приведены результаты изучения гравииогеографии водохранилищ Свердловской области. Исследование проводилось на основе комплексного рассмотрения водохозяйственной системы области с учетом статуса ее гидроузлов и водохранилищ в рамках одного или нескольких речных бассейнов. Установлено, что из 7 ключевых водохранилищ большая часть не отвечает условию компенсационного нагружения дневной поверхности для улучшения ее изостатического равновесия. Даже на территориях, где это возможно, т.е. имеется ресурс для компенсационного нагружения дневной поверхности весом тела водохранилища, в реальности

© Литовский В.В., 2020

