



## ТРАНС-ЕВРАЗИЙСКАЯ СИСТЕМА СТОКА НА СЕВЕРО-ЗАПАДЕ ЕВРОПЕЙСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ В ПОЗДНЕМ НЕОПЛЕЙСТОЦЕНЕ

✉ Зарецкая Н.Е.<sup>1</sup>, Шухвостов Р.С.<sup>1,2</sup>, Карпухина Н.В.<sup>1</sup>, Качалов А.Ю.<sup>1</sup>, Десинов В.Л.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт географии РАН, Москва, Россия

<sup>2</sup>Географический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

✉ n\_zaretskaya@inbox.ru

Представлены результаты полевых исследований 2025 года, проводившиеся рамках продолжающихся исследований функционирования Транс-Евразийской системы стока по гранту РНФ 22-17-00259п. Изучались два её звена (сектора) – Сухонский и Оштинско-Оятский. Удалось установить две фазы существования Сухонского приледникового озера – МИС 6 и МИС 2. Озеро формировалось в приледниковом понижении. Во время МИС 2 ледниковая нагрузка вызвала обратный уклон местности, образование временного водораздела и разделение р. Сухоны на Западную и Восточную. После деградации оледенения и компенсационного подъёма приледникового прогиба произошло общее изменение уклона местности на восток и объединение Западной Сухоны с Восточной. Обнаружить следы стока из Онежского приледникового озера в Балтийское ледниковое озеро по системе Ошта-Тукша-Оять в створе долины р. Тукша не удалось. Это событие могло носить катастрофический и кратковременный характер, когда весь материал выносился далеко по долине стока. Датирование пачки грубоозернистых песков в основании разреза на берегу Ояти возле деревни Шириничи позволит уточнить хронологию этого события.

**Ключевые слова:** Сухонское и Онежское приледниковые озёра, ритмично-слоистые отложения, литостратиграфическое изучение, разрезы и керны скважин, геохронометрические исследования, ложбины стока

**Введение.** В рамках продолжающихся исследований функционирования Транс-Евразийской системы стока (ТЕСС) (выявление и датирование межбассейновых переливов и определение направлений и перестроек стока) и определения её роли в геологических и палеогеографических событиях в среднем и позднем неоплейстоцене изучались два её звена (сектора) – Сухонский и Оштинско-Оятский (рис. 1А).

В Сухонском секторе основной целью было уточнение времени существования Сухонского приледникового озера (СПО), его возможных переливов в бассейн Волги и проверка "гипотезы двух Сухон". СПО, по данным геологического картирования, формировалось в конце МИС 6, достигло максимальных размеров во время МИС 2 в результате подпруживания Сухоны ледниковой лопастью и формирования приледникового прогиба, и было спущено после деградации оледенения [Квасов, 1975]. В ходе наступления поздневалдайского ледника, в результате подпора уровень озера повышался до 125 м н.у.м., и долина Сухоны заполнялась озёрно-аллювиальными осадками [Государственная..., 1989], или до 145 м н.у.м., и тогда Сухонское озеро сообщалось с Костромским и входило в Верхневолжскую систему приледниковых озёр [Квасов, 1975]. Отдельный вопрос - развитие долины Сухоны в позднем неоплейстоцене – раннем голоцене, которая, по неподтверждённым данным, состояла из двух частей – западной и восточной. Исток Восточной Сухоны, по-видимому, был в верховьях р. Уфтуги, она текла в современном направлении и впадала в Северную Двину, а западнее пролегал местный водораздел, явившийся в то время частью Главного водораздела Русской равнины. Западная Сухона текла на запад, в «противоход» современной, и впадала в Сухонское приледниковое озеро [Государственная..., 1989]. В послеледниковое время произошла деградация озера, понижение базиса эрозии и врезание рек, вследствие чего произошёл перехват Западной Сухоны Восточной, и установился современный сток [Государственная..., 1989]. Реликтом Сухонского водоёма является Кубенское озеро

[Квасов, 1975]. С тех пор представления о Сухонском озере не пересматривались; исключение составляет работа по реконструкции конфигурации приледниковых озёр по юго-восточной периферии последнего оледенения, выполненной на основе использования ЦМР [Анисимов и др., 2016], без верификации геологическими данными.

Второй задачей было уточнение времени первого спуска Онежского приледникового озера (ОПО) в позднеледниковые в западном направлении по системе рек Ошта-Тукша-Оять. Впервые подробное описание и предположение о возрасте и генезисе сквозной системы долин рек Ошты-Тукши-Ояти было сделано Д.Б. Малаховским [Геоморфология..., 1969]. В своей работе он описывал ее как полупогребенную древнюю долину, приуроченную к довалдайскому эрозионному врезу. Описывая характерные закономерности строения крупных речных долин северо-запада, Д.Б. Малаховский писал, что заложение современного облика речной сети произошло в процессе деградации валдайского оледенения, а дальнейшее формирование напрямую связано с приледниковыми водоемами и колебаниями их уровней [Геоморфология..., 1969]. В дальнейшем И.Н. Демидовым было выдвинуто предположение о том, что по сквозной долине системы рек Ошта-Тукша-Оять происходило установление стока из ОПО в бёллинге - среднем дриасе в локальный приледниковый водоем, расположенный на месте современного Ладожского озера [Демидов, 2006].

Более глобальной целью проведённых работ было решение вопроса о стоке части вод из Верхне-Волжской системы приледниковых озер на север необходимо прояснить для уточнения времени и объемов стока талых ледниковых вод через долину верхней Волги в хвалынский Каспий [Панин и др., 2021].

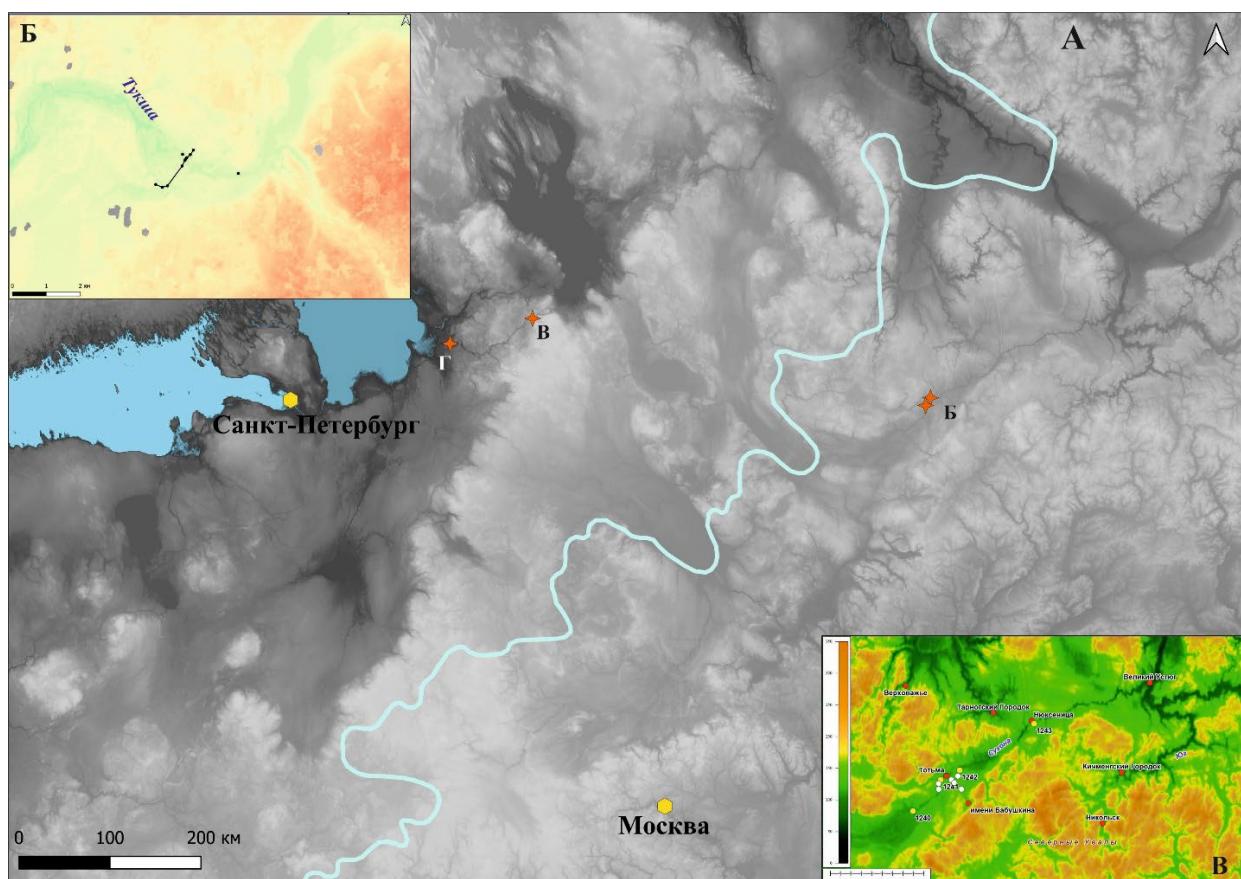


Рис. 1. Район работ 2025 года. А – общий план; граница последнего оледенения (светло-голубая линия) показана по [Astakhov et al., 2016]. Б – карта фактического материала, собранного в долине р. Сухоны; жёлтые пунсоны – разрезы 2021 годы, белые – разрез и скважины 2025 года. В – буровой профиль через ложбину, занимаемую р. Тукшей. Г – разрез Шириничи на р. Оять.

**Методы и результаты.** Основным полевым методом исследований было бурение поперечного профиля через долину р. Сухоны и Тукши (рис. 1А) усовершенствованным шнековым методом с помощью буровой установки «Pride Mount 80», смонтированной на базе автомобиля УАЗ 3303. Кроме того, в долине р. Царева (приток р. Сухоны) в нижнем течении на её левом берегу, а также в правом берегу р. Ояти близ деревни Шириничи были изучены разрезы. Проводилось литостратиграфическое изучение разрезов и кернов скважин и отбор образцов на геохронометрические (ОСЛ и радиоуглеродное датирование) исследования.

Ранее (в 2021 году) отложения Сухонского приледникового озера изучались нами только в разрезах в нижнем течении притоков р. Сухоны [Зарецкая и др., 2021; Zaretskaya et al., 2022]. В 2025 году для исследования осадков Сухонского приледникового озера, а также для изучения террас р. Сухоны нами был заложен буровой профиль через её долину в створе г. Тотьма (рис. 1Б). Поскольку в скважинах этого профиля на пойме вскрывается только аллювий Сухоны, а выше – осадки ледникового парагенетического ряда средненеоплейстоценового оледенения, то был заложен дополнительный профиль параллельно руслу р. Царева от разреза до современного русла р. Сухоны, а также скважина в нижнем течении р. Леденьга (рис. 1Б). Из скважин на пойме р. Сухоны для проведения ОСЛ-датирования были отобраны образцы, возраст которых будет маркировать время перестройки стока после объединения Западной и Восточной Сухон в одну реку.

В долине р. Сухоны ритмично-слоистые отложения были изучены нами в разрезах в устьях её притоков – Царевы, Леденьги, Старой Тотьмы и Городишины; в бортах собственно Сухоны обнажаются коренные породы пермского возраста. Слои ленточноподобных глин – мощностью не более 5 метров – были обнаружены нами на высотах в диапазоне от 117-126 до 110-116 м н.у.м., и высота их кровли снижается вниз по течению современной Сухоны. Наиболее полно они представлены в разрезе в среднем течении р. Царева, где 2 пачки ритмитов мощностью от 2 до 5 м разделены слоем разнозернистого песка (2.5 м) со знаками ряби и морозобойными нарушениями [Zaretskaya et al., 2022]. Ниже устья р. Старой Тотьмы ритмично-слоистые отложения выклиниваются, и в кровле разреза в нижнем течении р. Городишины уже залегает морена средненеоплейстоценового оледенения [Государственная..., 1989].

В нижнем течении р. Царева в 13-метровом разрезе на её левом берегу вскрываются две толщи ритмично-слоистых отложений. Нижняя (глубины 12.7-11.7 м от бровки разреза) представлена очень плотной коричневой ритмично-слоистой ожелезнённой пачкой – тонким переслаиванием глины и алеврита. На нижних ритмитах с эрозионной границей залегает несортированная толща (11.7-8.5 м), состоящая из пачек разнозернистого песка с обломочным материалом размером от гравия до валунов, крупнослоистых пачек дресвы и гравия в заполнителе из разнозернистого песка, и переслаивания серой алевритистой глины и разнозернистого песка. На этой толще несортированных отложений залегает верхняя ритмично-слоистая толща (8.5-0 м), состоящая из несокольких пачек ритмитов (тонкозернистого песка, алеврита и алевритистой глины), чередующихся с прослойями разнозернистого песка с гравием и галькой. В нижней части толщи мощность прослоев песка достигает 15 см, глины – 10 см, вверх по разрезу она уменьшается до 0.5-1 см.

Палеокриогенные клиновидные структуры распространены по всему разрезу. Все обнаруженные структуры можно отнести к псевдоморфозам по повторно-жильному льду. Максимальная вертикальная протяженность до 2.8 м, минимальная до 1.3 м. Ширина в устье варьируется от 20 до 40 см. Во вмещающих породах часто наблюдаются сбросовые деформации амплитудой до 10 см, а также отгибание слоев со следами течения вниз по оси клиньев. Заполнены все трещины материалом из перекрывающих слоев.

Для решения второй задачи был заложен буровой профиль через долину р. Тукша в створе деревни Игнатовское (рис. 1В). В русле р. Тукша – валунная отмостка, которая

вскрывается и в её пойме (мощностью до 2 м), поэтому на этих уровнях провести бурение не представлялось возможности. Слоны долины Тукши сложены, по большей части, коричневым диамиктоном с большим количеством обломочного материала, который был идентифицирован нами как морена последнего оледенения. Исключением явилась скважина в 250 м к северо-востоку от русла Тукши, за передлами ложбины, где под 1.2-метровым слоем диамиктона вскрывалась (1.2-7.5 м) плотная алевритистая сизо-серая глина с тонкими прослойками или линзами алевритового материала, подстилавшаяся (7.5-15.5 м) мелкозернистым песком с единичным гравием, постепенно сменившимся тонкозернистым песком и алевритом. Поскольку толща была сильно обводнена, и были сомнения в засветке материала, то отбор образцов на оптико-люминесцентное датирование не производился.

Опробование толщи, идентифицируемой как отложения, сформировавшиеся в результате сброса вод в позднеледниковые из Онежского приледникового озера (ОПО) в локальный приледниковый бассейн на месте современного Ладожского озера, было произведено в разрезе Шириничи в правом борту долины р. Оять (рис. 1Г). Разрез обнаружен С.Д. Шведовым (Институт Карпинского) при ГДП-200 в 2014 г. Наиболее подробное описание и интерпретация разреза опубликована в путеводителе геологических экскурсий XI Всероссийской конференции по изучению четвертичного периода [Шитов и др., 2025]. С возникновением стока из ОПО здесь связана толща грубых косослоистых песков в основании разреза. Видимая мощность пачки 4–5 м. Контакт с вышележащей пачкой резкий по составу, со следами размыта. Перекрывают эти пески озерно-ледниковые отложения первой стадии БЛО [Шитов и др., 2025]. Они представлены в основном горизонтально- и косослоистыми сероватыми среднезернистыми песками, с несколькими прослойками темно-бордовых алевритов. Венчает разрез субазральный комплекс светло-красных мелкозернистых нивейно-эоловых песков и палевых лессовидных песков солифлюкционного и эолового генезиса [Шитов и др., 2025]. Всего из разреза на ОСЛ-датирование отобрано 10 образцов, из толщи грубозернистых косослоистых песков, связанных с открытие стока из ОПО в БЛО, отобрано 4 образца.

**Обсуждение и выводы.** Во время исследований Сухонского сектора ТЕСС нам, по-видимому, удалось установить две фазы существования Сухонского приледникового озера. Первая фаза синхронна какой-то из стадий деградации оледенения МИС 6, и ей соответствует нижняя пачка ритмитов в разрезе в нижнем течении р. Царева. Перекрывающая её несортированная песчаная толща с обломочным материалом может маркировать сток талых ледниковых вод по долине Сухоны. Вторая фаза формирования Сухонского приледникового озера может соответствовать последнему криохрону; по-видимому, мощная толща ритмично-слоистых осадков накапливала в несколько стадий в течение длительного времени. По аналогии с соседним Северодвинским приледниковым озером, это могло происходить в период с 20.5 до 15 тысяч лет назад [Zaretskaya et al., 2024].

Сухонское озеро формировалось в приледниковом понижении кубенского языка воже-лачской ледниковой лопасти [Структура и динамика..., 1977]; ледниковая нагрузка вызвала обратный уклон местности, образование временного водораздела и разделение р. Сухоны на Западную и Восточную. Сток Западной Сухоны осуществлялся по направлению к леднику, благодаря чему и формировалось Сухонское приледниковое озеро [Zaretskaya et al., 2022a]. После деградации оледенения и компенсационного подъёма приледникового прогиба произошло общее изменение уклона местности на восток, объединение Западной Сухоны с Восточной, а также изменение конфигурации Главного водораздела Русской равнины [Zaretskaya et al., 2022]. Именно после деградации последнего оледенения Сухона в современной конфигурации стала частью бассейна р. Северной Двины.

«Обратное» падение высоты кровли глин (со 126 м н.у.м. в долине р. Царева до 116 в долине р. Старая Тотьма) свидетельствует, вероятно, о существовании

компенсационного гляциоизостатического вала, по которому и проходил Главный водораздел Русской равнины, пересекая Сухону в районе устья р. Уфтуги. После деградации оледенения и распада вала произошёл «перекос» уклона Западной Сухоны и её объединение с Восточной, и толща ленточных глин также получила «обратный» уклон.

Ниже впадения р. Старой Тотьмы осадки поздневалдайского Сухонского озера в обнажениях нами не встречены. В самой долине р. Уфтуги вскрываются более древние ледниковые и водно-ледниковые, а в устье р. Городиши – озёрно-ледниковые осадки, предположительно среднеплейстоценового возраста. Строение долины р. Уфтуги позволяет заключить, что в поздневалдайское время соединения Сухонского и Важского приледниковых бассейнов не происходило. Бурение в зоне предполагаемого соединения Костромского и Сухонского озёр не подтвердило существование перетока между ними [Zaretskaya et al., 2022].

Обнаружить следы стока из Онежского приледникового озера в локальный приледниковый водоём на месте современного Ладожского озера по системе Ошта-Тукша-Оять в створе долины р. Тукша не удалось. По всей видимости, это событие могло носить катастрофический и кратковременный характер, когда весь материал выносился далеко по долине стока. На цифровой модели рельефа Онежско-Ладожского перешейка читается характерная для таких явлений линейная ложбина стока с крутыми склонами и узкой долиной – спиллвей (рис. 1А, В). Датирование пачки грубозернистых песков в основании разреза на берегу Ояти возле деревни Шириничи позволит уточнить известную хронологию этого события.

**Финансирование.** Исследование выполнено при поддержке РНФ, грант № 22-17-00259п.

## ЛИТЕРАТУРА

*Анисимов Н.В., Субетто Д.А., Максутова Н.К. Реконструкция приледниковых озёр юго-восточной периферии Скандинавского ледникового щита в неоплейстоцене и голоцене // Общество. Развитие. 2016. № 4 (41). С. 165-169.*

Геоморфология и четвертичные отложения Северо-Запада европейской части СССР (Ленинградская, Псковская и Новгородская области). Изд-во «Наука, Ленингр. отд., Л. 1969. стр. 259

Государственная геологическая и гидрологическая карты СССР, масштаб 1 : 2000000, серия Мезенская, объяснительная записка. М., 1989, 157 с.

*Демидов И. Н. О максимальной стадии развития Онежского приледникового озера, изменениях его уровня и гляциоизостатическом поднятии побережий в позднеледниковые // Геология и полезные ископаемые Карелии. 2006. Т. 9. С. 171-180.*

*Зарецкая Н.Е., Баранов Д.В., Луговой Н.Н., Лазукова Л.И., Мишуринский Д.В. Подпрудное приледниковое озеро в долине реки Сухоны // Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-Запада России. 2021. Выпуск 8. С. 323-325. doi:10.24412/2687-1092-2021-8-323-325*

*Квасов Д.Д. Позднечетвертичная история крупных озер и внутренних морей Восточной Европы. Л.: Наука, 1975. 278 с.*

Структура и динамика последнего ледникового покрова Европы. М.: Наука, 1977, 141 с.

*Шитов М.В., Бискэ Ю.С., Багдасарян Т.Э., Дуданова В.И., Ручкин М.В., Сумарева И.В., Шухвостов Р.С. Очерки по геологии квартера Южного Приладожья и Приневской низменности. Путеводитель геологических экскурсий XI Всероссийской конференции по изучению четвертичного периода, 18–20 сентября 2025 г. СПб.: ЛЕМА, 2025. 88 с.*

*MacFerrin M., Amante C., Carignan K., Love M., Lim E. The earth topography 2022 (ETOPO 2022) global dem dataset // Earth System Science Data, 2025. Vol. 17. Is. 5. P. 1835-1849. doi: 10.5194/essd-17-1835-2025*

Panin A.V., Sidorchuk A.Yu., Ukraintsev V.Yu. The Contribution of Glacial Melt Water to Annual Runoff of River Volga in the Last Glacial Epoch // Water Resources. 2021. Vol. 48. No. 6. P. 877–885. doi: 10.1134/S0097807821060142

Porter C., Howat I., Noh M. J., Husby E., Khuvis S., Danish E., et al.. ArcticDEM-Strips, Version 4.1. Harvard Dataverse dataset, 495. 2022.

Zaretskaya N.E., Baranov D.V., Panin A.V., Utkina A.O. Proglacial lakes at the periphery of the southeastern lgm limit: configuration, chronology, degradation // Limnology and Freshwater Biology. 2022. Is. 4. P. 1620–1622. doi: 10.31951/2658-3518-2022-A-4-1620

Zaretskaya N., Utkina A., Baranov D., Panin A., Trofimova S., Simakova A., Kurbanov R. Limited extension of the MIS 2 proglacial lake in the Severnaya Dvina valley, south-eastern margin of the last Scandinavian Ice Sheet // Journal of Quaternary Science. 2024b. Vol. 39. Is. 1. P. 82-101. doi: 10.1002/jqs.3570

## TRANS-EURASIAN DRAINAGE SYSTEM IN THE NORTH-WEST OF THE EAST EUROPEAN PLAIN IN THE LATE PLEISTOCENE

Zaretskaya N.E.<sup>1</sup>, Shukhvostov R.S.<sup>1,2</sup>, Karpukhina N.V.<sup>1</sup>, Kachalov A.Yu.<sup>1</sup>, Desinov V.L.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

<sup>2</sup>Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

The results of field studies conducted in 2025 as part of ongoing research devoted to the functioning of the Trans-Eurasian drainage system (RSF grant 22-17-00259c) are presented. Two of its links (sectors) were studied: Sukhona and Oshta-Oyat. It was possible to establish two phases of the existence of the Sukhona proglacial lake – MIS 6 and MIS 2. The lake was formed in a glacial depression. During the MIS 2, the glacial load caused a reverse slope of the Earth surface, the formation of a temporary watershed, and the division of the Sukhona River into Western and Eastern parts. After the degradation of the glaciation and the compensatory rise of the glacial depression, there was a general change in the surface slope to the east and the merging of the Western Sukhona with the Eastern one. No traces of runoff from the Onega glacial lake into the Baltic glacial lake via the Oshta-Tuksha-Oyat system in the Tuksha River valley were found. This event could have been catastrophic and short-lived, with all the material being carried far down the drainage valley. Dating the coarse-grained sand layer at the base of the section on the shore of Oyat near the village of Shirinichi will help to clarify the chronology of this event.

Keywords: *Sukhona and Onega proglacial lakes, rhythmically bedded sediments, lithostratigraphic study, sections and borehole cores, geochronometric studies, drainage basins*

### REFERENCES:

Anisimov N.V., Subetto D.A., Maksutova N.K. Reconstruction of glacial lakes in the south-eastern periphery of the Scandinavian Ice Sheet in the Neopleistocene and Holocene // Society. Environment. Development. 2016. No. 4 (41). P. 165-169. (in Russian).

Demidov I.N. On the maximum stage of development of the Onega glacial lake, changes in its level and glacio-isostatic uplift of the coast in the late glacial period // Geology and Mineral Resources of Karelia. 2006. Vol. 9. P. 171-180. (in Russian).

Geomorphology and Quaternary deposits of the north-west of the European part of the USSR (Leningrad, Pskov and Novgorod regions). Published by Nauka, Leningrad branch, Leningrad, 1969. 259 p. (in Russian).

Kvasov D.D. Late Quaternary history of large lakes and inland seas of Eastern Europe. L.: Nauka, 1975. 278 p. (in Russian).

MacFerrin M., Amante C., Carignan K., Love M., Lim E. The earth topography 2022 (ETOPO 2022) global dem dataset // Earth System Science Data, 2025. Vol. 17. Is. 5. P. 1835-1849. doi: 10.5194/essd-17-1835-2025

Panin A.V., Sidorchuk A.Yu., Ukraintsev V.Yu. The Contribution of Glacial Melt Water to Annual Runoff of River Volga in the Last Glacial Epoch // Water Resources. 2021. Vol. 48. No. 6. P. 877–885. doi: 10.1134/S0097807821060142

Porter C., Howat I., Noh M. J., Husby E., Khuvis S., Danish E., et al.. ArcticDEM-Strips, Version 4.1. Harvard Dataverse dataset, 495. 2022.

*Shitov M.V., Biske Yu.S., Baghdasaryan T.E., Dudanova V.I., Ruchkin M.V., Sumareva I.V., Shukhvostov R.S.* Essays on the geology of the Quaternary period in Southern Priladozhye and the Prinevskaya lowlands. Guidebook for geological excursions of the XI All-Russian Conference on Quaternary Studies, 18–20 September 2025. St. Petersburg: LEMA, 2025. 88 p.

State geological and hydrological maps of the USSR, scale 1:200,000, Mezen series, explanatory note. Moscow, 1989, 157 pp.

Structure and dynamics of the last ice sheet in Europe. M.: Nauka, 1977, 141 p.

*Zaretskaya N.E., Baranov D.V., Lugovoy N.N., Lazukova L.I., Mishurinsky D.V.* Ice-dammed lake in the Sukhona river valley // Relief and Quaternary deposits of the Arctic, Subarctic and North-West Russia. 2021. Issue 8. P. 323-325. doi:10.24412/2687-1092-2021-8-323-325

*Zaretskaya N.E., Baranov D.V., Panin A.V., Utkina A.O.* Proglacial lakes at the periphery of the southeastern lgm limit: configuration, chronology, degradation // Limnology and Freshwater Biology. 2022. Is. 4. P. 1620–1622. doi: 10.31951/2658-3518-2022-A-4-1620

*Zaretskaya N., Utkina A., Baranov D., Panin A., Trofimova S., Simakova A., Kurbanov R.* Limited extension of the MIS 2 proglacial lake in the Severnaya Dvina valley, south-eastern margin of the last Scandinavian Ice Sheet // Journal of Quaternary Science. 2024b. Vol. 39. Is. 1. P. 82-101. doi: 10.1002/jqs.3570