

**ПЕРИГЛЯЦИАЛ
ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ
РАВНИНЫ
И ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

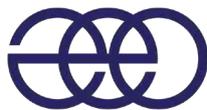
**МАТЕРИАЛЫ
ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ**

**РОСТОВ ВЕЛИКИЙ
25–26 АВГУСТА 2023 г.**



**Ростов Великий
Москва
2023**

ИНСТИТУТ ГЕОГРАФИИ
Российской академии наук



основан в 1918 году



Российский
научный фонд



ПЕРИГЛЯЦИАЛ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ РАВНИНЫ И ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

МАТЕРИАЛЫ
ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

РОСТОВ ВЕЛИКИЙ, 25–26 АВГУСТА 2023 г.

Ростов Великий
Москва
2023

УДК 551.89

ББК 26.82

Утверждено к печати Учёным советом Института географии РАН

Редакционная коллегия:

А. О. Макеев (МГУ имени М. В. Ломоносова),

А. В. Панин (ИГ РАН),

Д. А. Субетто (РГПУ им. А. И. Герцена)

Редакция, вёрстка:

Е. Д. Шеремецкая (ИГ РАН)

Рецензенты:

проф., д.г.н. С. И. Большов (МГУ имени М. В. Ломоносова)

проф., д.г.н. А. В. Чернов (МППГУ)

Перигляциал Восточно-Европейской равнины и Западной Сибири. Материалы Всероссийской научной конференции. Ростов Великий, 25–26 августа 2023 г. [Электронное издание] – М.: ИГ РАН, 2023. 221 с.

ISBN 978-5-89658-069-0

Настоящий сборник представляет доклады, сделанные на Всероссийской научной конференции «Перигляциал Восточно-Европейской равнины», посвященной проблемам комплексного изучения палеогеографии, четвертичной геологии и геоморфологии поздневалдайской криолитозоны. География представленных исследований распространялась и на территорию Западной Сибири, что учтено в названии сборника. Материалы рассматривают ряд актуальных вопросов: реконструкции природных обстановок бывшей перигляциальной зоны по данным изучения озёрных и болотных архивов, восстановление времени и условий формирования криогенных реликтов и палеопочв в строении разрезов рыхлых отложений и пространственной организации почвенного покрова. Обсуждаются проблемы стратиграфии верхнечетвертичных толщ и происхождения покровных суглинков и лёссов, палеогидрологии рек и перестроек гидрографической сети. Сборник будет интересен специалистам в области четвертичного периода, географии почв и палеопочвоведения, геоморфологии, палеолимнологии, а также студентам и аспирантам перечисленных специальностей.

УДК 551.89

ББК 26.82

ISBN 978-5-89658-069-0

© Текст. Авторы, 2023

© ИГРАН, 2023

© МГУ имени М. В. Ломоносова, 2023

© РГПУ им. А. И. Герцена, 2023

ХРОНОСТРАТИГРАФИЯ ПОЗДНЕПЛЕЙСТОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ САРСКОГО БОЛОТА

**В. С. Посаженникова ^{1,*}, Е. В. Гаранкина ¹, Е. А. Константинов ²,
Н. Е. Зарецкая ², А. Л. Захаров ², А. И. Рудинская ²,
И. Г. Шоркунов ²**

¹ *Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия*

² *Институт географии РАН, Москва, Россия*

* *E-mail: pszhnnkvtl@gmail.com*

На основе данных комплексного литологического анализа и радиоуглеродного датирования была проведена корреляция палеоклиматической записи, вскрытой керном из центральной части котловины Сарского болота, с изотопно-кислородной кривой по Гренландскому ледяному керну. Результаты показывают, что озёрная седиментация в исследуемой котловине началась не позднее 25 тыс. л. н. и, вероятно, продолжалась вплоть до предбореала, когда в результате заполнения котловины осадками и высокой биопродуктивности началось заболачивание. В отложениях фиксируются основные стадиялы и интерстадиялы, начиная с последнего ледникового максимума. Расчёт темпов седиментации показал, что наибольшие скорости характерны для бёллинг-аллерёдского потепления (около 2 мм/год). Это обусловлено активизацией эрозионных процессов около 15–14 тыс. л. н. с последующим ростом биопродуктивности озёра 14–12 тыс. л. н. Наименьшие темпы седиментации (менее 0.5 мм/год) были получены для голоцена.

Ключевые слова: палеолимнология, палеоархивы, озёрные отложения, темпы осадконакопления, поздний плейстоцен, голоцен

В центральной части Восточно-Европейской равнины (ВЕР) детально исследованы отложения крупных озёрных котловин в обширных низменностях — Верхневолжской, Мещёрской, Ростовской и т.д. (История озёр ..., 1992; История плейстоценовых озёр ..., 1998). Однако за счёт своих размеров, а также наличия активного стока многие объекты дают лишь генерализованный региональный сигнал гидроклиматических изменений низкого временного разре-

шения, а их озёрные летописи оказываются нарушены размывами и переотложением осадков. С конца прошлого столетия палеолимнологические исследования сконцентрированы на поиске и изучении отложений максимально длинных, непрерывных и высокоразрешающих колонок озёрных отложений. Выбор объекта с удачным геоморфологическим положением — на междуречье с небольшим водосборным бассейном без крупных рек, — может обеспечить полу-

чение подобной колонки. Так, в результате анализа данных дистанционного зондирования, полевых работ и бурения был обнаружен мощный междуречный озёрный палеоархив конца позднего плейстоцена в центральной части Борисоглебской возвышенности – котловина Сарского болота.

Район исследования. Сарское болото располагается в пределах грядово-холмистого конечноморенного рельефа московского оледенения. Котловина зажата между субмеридионально вытянутыми изометричными грядами, её днище имеет в плане

овальную форму размером 1.8 на 2.5 км. Превышение вершин холмов, окружающих болото, составляет 20–30 м, а бровок их вершинных поверхностей – 15–20 м. Крутизна склонов холмов, окружающих котловину, достигает 8–9°. В южной части болота берёт своё начало река Сара, впадающая затем в оз. Неро. Врез русла практически отсутствует. Поверхность болота слабовыпуклая, наклонена на юг к истоку реки Сары. Микрорельеф кочковатый, по периферии – плоский с разводьями и сплавинами; в центральной части болото покрыто редкими

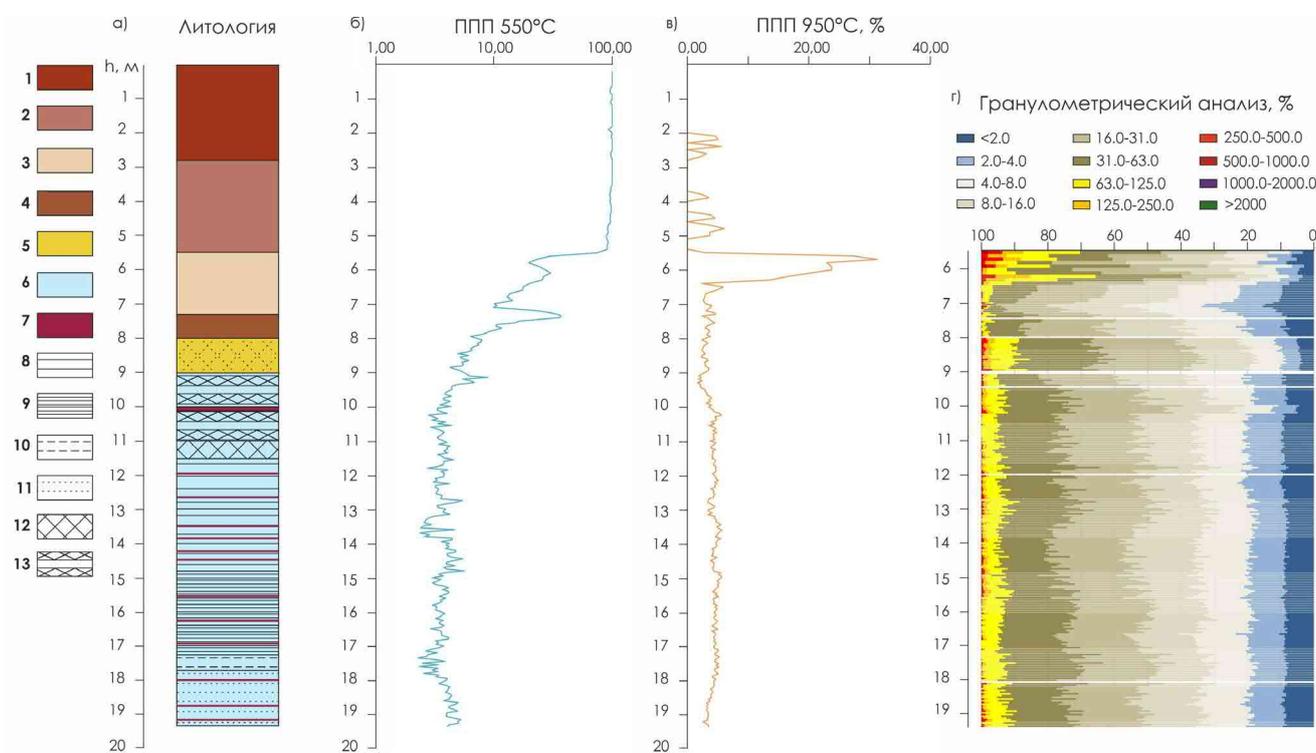


Рис. 1. Литологическое строение керна GAT-6A Сарского болота: а) литологическая колонка по данным текстурного анализа (б-г) распределение: ППП 550 °С (б), ППП 950 °С (в), гранулометрического состава (г). 1 – слаборазложившийся торф; 2 – среднеразложившийся торф; 3 – органокарбонатный ил; 4 – органический ил; 5 – опесчаненный суглинок; 6 – суглинок; 7 – макроостатки мхов; 8 – контрастная см-слоистость; 9 – контрастная мм-слоистость; 10 – неконтрастная см-слоистость; 11 – неясная слоистость; 12 – пятнистость; 13 – дм-стоистость с мелкопятнистыми прослоями

невысокими соснами. В южной, наиболее обводненной части, оно представляет собой топкую трясиину. Питание происходит преимущественно за счёт атмосферных осадков и поверхностно-сточных вод, что влияет на обеднённое видовое разнообразие растительности болота и, соответственно, невысокую скорость торфообразования. Дно болота плоское, выстлано мощными древними озёрными отложениями. Торфяная залежь в наиболее глубоких местах достигает 6 м, тогда как среднее значение — 3.8 м. Болото относится к смешанному и верховому типам (Горохова, Маракаев, 2009).

Методика работ. Опорная скважина GAT-6A была заложена в центральной части Сарского болота после прохождения серии разведочных скважин по субмеридиональному профилю в северной части котловины. Бурение осуществлялось в два этапа: до 8 м с помощью русского торфяного бура, тогда как ниже 8 м и до забоя отбор происходил ручным озёрным поршневым буром Ливингстона. Длина извлечённой колонки составила 19.5 м, в ней выделяются верхняя пачка, сложенная торфом (5.4 м), ниже залегает более метра карбонатного органо-минерального ила, а с глубины 6.6-6.8 м следует неконтрастно-слоистая суглинистая пачка с прослоями торфа и макроостатками мхов.

Образцы керна были исследованы аналитическими методами (рис. 1). Текстуальный анализ проводился по детальным снимкам зачищенных кернов. Потери при прокаливании (ППП) были определены по стандартной методике Heiri et al. (2001). Гранулометрический анализ проводился с использованием лазерного анализатора размеров частиц Malvern Mastersizer 3000.

ППП и гранулометрический анализ были выполнены А.А. Мареевой и Л.И.Лазуковой в лаборатории палеоархивов природной среды ИГ РАН. Радиоуглеродные даты были получены в лаборатории радиоуглеродного датирования и электронной микроскопии ИГ РАН и центре прикладных изотопных исследований университета Джорджия (США).

Результаты и обсуждение. Была проведена корреляция палеоклиматической записи, вскрытой керном Сарского болота и изотопно-кислородной кривой, полученной по ледяному Гренландскому керну NGRIP (North Greenland Ice core Project) (рис. 2). В качестве прокси, наиболее подходящего для сопоставления с трендами изменения относительного содержания изотопа $\delta^{18}\text{O}$, среди имеющихся была выбрана кривая распределения ППП 550 °С, которая характеризует относительное изменение содержания органического вещества в осадке. Корреляция проводилась с учётом основных изменений в гранулометрическом составе, характере текстур и карбонатности на основании кривой ППП 950 °С (рис. 1). Полученная дата 22 300–22 600 л. н. позволяет отнести время формирования нижней части керна (19.4–15.8 м) к последнему ледниковому максимуму (ПЛМ), о чём свидетельствует и низкая доля органического вещества. Осадок тонкослоистый, минерагенный, вероятно, был образован в глубоководном олиготрофном водоёме. Постепенный рост показателя ППП 550 °С с увеличением частоты прослоев макроостатков свидетельствует о росте биопродуктивности в озере, что, вероятно, происходило синхронно с нарастающим потеплением, приуроченном к началу главной дегляциации.

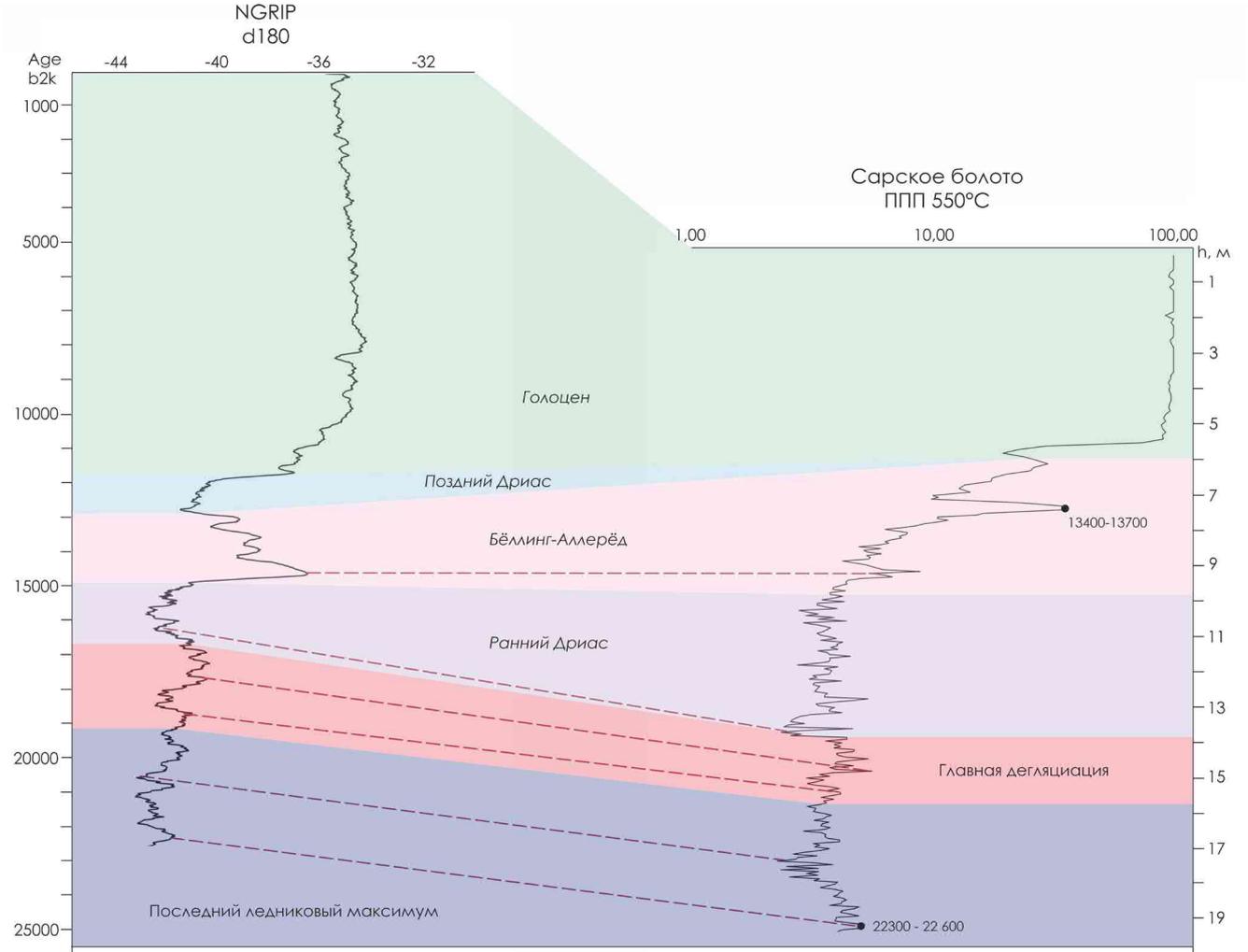


Рис. 2. Корреляция относительных потеплений климата в кривых распределения различных прокси — ППП 550 °С в керне Сарского болота и изотопно-кислородной кривой ($\delta^{18}O$) по ледяному Гренландскому керну NGRIP

ации (Palacios et al., 2023). С 13.9 м миллиметровая слоистость сменяется на сантиметровую, синхронно сокращается содержание органического вещества с 8–10 до 3–5 %, что позволяет соотносить данное событие с холодной эпохой раннего дриаса (16 900–14 700 л. н.), характеризующегося резким снижением температур в полярных регионах.

Выше залегают слои органо-минерального (маломощный прослой, соответству-

ющий нижнему крупному пику на кривой ППП 550 °С) и опесчаненного (резкое сокращение доли органического вещества в интервале 8–9 м) суглинки. С 7.5 м начинается органический ил. Данный интервал керна Сарского болота можно соотнести с бёллинг-аллерёдским потеплением (14 700–12 850 л. н), которое находит своё отражение в резком росте температур в полярных регионах. Наибольший пик ППП 550 °С датируется 13 400–13 000 л. н., тогда

как максимальное потепление фиксируется изотопным событием 14 500 л. н. Расхождение в поведении кривых, вероятно, объясняются инертностью ландшафтов относительно практически мгновенной реакции изотопного состава. Можно предположить, что сначала отреагировала более чувствительная водная экосистема, что отражается в увеличении доли органического вещества в интервале 9.8–9.0 м. Затем, в связи с вытаиванием мерзлоты, произошла активизация склоновых процессов (рост песчаной фракции в интервале глубин 9–8 м), после чего увеличилась и биопродуктивность ландшафтов (увеличение значений кривой с 8 м).

С 6 м происходит резкое уменьшение доли органического вещества, синхронное с ростом карбонатности и опесчанности осадка, что можно сопоставить с изотопным событием, маркирующим потепление пребореала. Подобный пик карбонатов, синхронный с увеличением доли песчаной фракции, в целом, характерен для подобных палеоархив в пределах центра ВЕР и отражает региональные особенности озёрной седиментации (Konstantinov et al., 2021; Filippova et al., 2022). В работе (Rudinskaya et al., 2022) подобное явление связывают с увеличением биопродуктивности озера — низкое содержание углекислоты в мелководном довольно тёплом водоёме спровоцировало образование кальцита на поверхности озёрных растений и его дальнейшее выпадение в осадок. С 5.3 м происходит резкое увеличение значений ППП 550 °С вплоть до 100 % — фиксируется смена озёрной седиментации на болотную на фоне обмеления водоёма и роста биопродуктивности. Данное событие, вероятно, связано со значительным потеплением голоцена.

На основе проведённой корреляции

и выделения хроностратиграфических границ была построена возрастная модель для отложений в котловине Сарского болота и рассчитаны темпы седиментации. Так, во время ПЛМ темпы седиментации в среднем составляли 1.1 мм/год, во время начала дегляциации валдайского ледника скорости уменьшились на 0.1 мм/год, что может быть связано с увеличением роли автохтонного образования осадка в условиях потепления и сокращения поступления склонового материала за счет улучшения вегетативных условий на водосборе. В раннем дриасе, когда климат вновь вернулся к параметрам близким к последнему ледниковому максимуму, темпы седиментации увеличились вдвое — с 0.95 до 1.82 мм/год. Вновь произошло сокращение биопродуктивности растительности, в связи с чем, увеличилась площадь незадернованных склонов. Вероятно, это привело к интенсификации склоновых процессов и, соответственно, относительно обильному поступлению минерального вещества в водоём.

Период от начала бёллинг-аллерёдского потепления и до 13 600 л. н. характеризуется наибольшими темпами седиментации — 2.18 мм/год. Это может говорить о том, что со сменой температурных условий началось вытаивание мерзлоты, послужившее катализатором для активизации склоновых процессов — это находит своё отражение в метровой толще опесчанного суглинка на глубине 8–9 м. Затем склоны начали закрепляться растительностью, аллохтонное поступление осадков сменилось на преимущественно автохтонное — в водоёме начал образовываться органический ил закономерно не позднее чем с 13 600 тыс. л. н. и до конца бёллинг-аллерёдского потепления темпы седиментации сократились до 1.75 м / год.

В голоцене темпы осадконакопления сократились более чем в 5 раз — до 0.40 мм/год. Вероятно, в большей мере это обусловлено локальными факторами — уменьшилась глубина озера в период бёллинг-аллерёдского потепления за счёт значительного выполнения котловины осадками, также на это повлияло и то, что началась смена водного режима с озёрного на болотный. Такое медленное торфообразование также объясняется локальными условиями — питание болота происходило преимущественно за счёт атмосферных осадков и поверхностно-сточных вод и влияло на обеднённое видовое разнообразие растительности (Горохова, Маракаев, 2009).

Выводы. Сарское болото обладает автономным геоморфологическим положением — тяготеет к вершинной поверхности междуречий и обладает малой площадью водосбора (7.5–7.7 км²), что способствует тому, что седиментация обеспечивалась лишь привнесом склонового материала с междуречий и органогенным осадконакоплением. Данные радиоуглеродного анализа, а также хроностратиграфической корреляции с гренландским ледниковым керном NGRIP показали, что относительно непрерывная седиментация в котловине Сарского болота шла как минимум с последнего ледникового максимума (МИС 2) при относительной стабильности динамических условий на фоне ритмических (сезонных или событийных) колебаний. Подобная летопись в дальнейшем позволит детализировать климатостратиграфическую схему центральной части ВЕР.

Исследование проведено при финансовой поддержке РНФ (проект № 23-77-10063).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Горохова В.В., Маракаев О.А. (2009) *Экосистемы болот Ярославской области: состояние и охрана*. Ярославль: изд-во Ярославский гос. ун-т им. ПГ Демидова. 156 с.

История озёр Восточно-Европейской равнины (1992) Под ред. А.Ф. Трешникова (гл. ред.) и др. СПб.: Наука. Ленингр. отделение. 262 с.

История плейстоценовых озёр Восточно-Европейской равнины (1998) Под ред. В.И. Хомутовой и др. СПб.: Наука. Ленингр. отделение. 404 с.

Константинов Е.А., Карпухина Н.В., Захаров А.Л. и др. (2023) *Колебания уровня озера Неро в голоцене*. Геоморфология и палеогеография. Т. 54. №. 2. С. 51–60. <https://doi.org/10.31857/S2949178923020044>

Filippova K.G., Konstantinov E.A., Borisova O.K. et al. (2022) *Lake Chukhlomskoe in the Late Pleistocene and Holocene (Kostroma region, Russia)*. *Limnology and Freshwater Biology*. № 4 (SI:Paleo2022). С. 1417–1420. <https://doi.org/10.31951/2658-3518-2022-A-4-1417>

Konstantinov E.A., Panin A.V., Karpukhina N.V. et al. (2021) *The riverine past of Lake Seliger*. *Water resources*. 2021. Vol. 48. P. 635–645. <https://doi.org/10.1134/S0097807821050110>

Palacios D., Hughes P.D., Sanchez Goñi M.F. et al. (2023) *The terminations of the glacial cycles*. *European Glacial Landscapes*. Elsevier. P. 11–24. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91899-2.00002-4>

Rudinskaya A.I., Zakharov A.L., Konstantinov E.A. et al. (2022) *Conditions of sedimentation in the Sarskoye Swamp (Yaroslavl region, Russia) in the Late Glacial and Holocene*. *Limnology and Freshwater Biology*. № 4 (SI:Paleo2022). P. 1553–1555. <https://doi.org/10.31951/2658-3518-2022-A-4-1553>

Научное издание

Перигляциал Восточно-Европейской равнины и Западной Сибири.
Материалы Всероссийской научной конференции.
Ростов Великий, 25–26 августа 2023 г.

Утверждено к печати Ученым советом Института географии РАН

Редакционная коллегия:

Александр Олегович Макеев (МГУ имени М. В. Ломоносова),
Андрей Валерьевич Панин (ИГ РАН),
Дмитрий Александрович Субетто (РГПУ им. А. И. Герцена)

Редакция, вёрстка:

Елена Дмитриевна Шеремецкая (ИГ РАН)

Рецензенты:

проф., д.г.н. Сергей Иванович Болысов (МГУ имени М. В. Ломоносова)
проф., д.г.н. Алексей Владимирович Чернов (МППГУ)

Электронное издание

Усл.-печ. Л. 25.5

https://vk.com/quaternary_science

<https://web.telegram.org/a/#-1729705721>

<http://eg.igras.ru/ru/quarternea2023/>

ISBN 978-5-89658-069-0