

**ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ, ЛАНДШАФТОВЕДЕНИЕ И ГЕОМОРФОЛОГИЯ**

Научная статья

УДК 556.5+551.8

doi: 10.17072/2079-7877-2023-3-19-26

**СЕДИМЕНТОГЕНЕЗ КАК КРИТЕРИЙ КЛАССИФИКАЦИИ ОЗЕР  
ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ РАВНИНЫ И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ****Людмила Сергеевна Сырых**

Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена, г. Санкт-Петербург, Россия

liudmilasyrykh@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0003-2076-8570>, Author ID: 56330989600, Researcher ID: K-8331-2018;

Elibrary Author ID 627577, SPIN 6900-0374

**Аннотация.** Рассматривается процесс седиментогенеза в озерах Восточно-Европейской равнины (ВЕР) и прилегающих районов. Формирование озерных отложений подробно исследуется в палеолимнологии. Основная цель работы – выделить классы озер ВЕР по типам седиментогенеза. Для анализа седиментогенеза создана база данных озер PaleoLake, включающая в себя информацию о донных отложениях озер, расположенных на территории ВЕР и прилегающих районов. В рамках исследования было проанализировано 216 озер, расположенных в различных физико-географических и геологических условиях, для которых имеются наиболее полные данные о литостратиграфии, возрасте и мощности донных отложений, о географическом положении озер и их морфометрии. С помощью кластерного анализа выделено три типа озерного седиментогенеза для территории ВЕР: минерогенный плейстоцена, минерогенно-органический плейстоцена и голоцена и органический седиментогенез голоцена. На основе выделенных типов проведена классификация озер. К озерам первого типа относятся крупные, глубоководные бассейны, донные отложения которых представлены минерогенными осадками преимущественно глинами и алевритами. Озера со вторым типом седиментогенеза включают в себя изоляционные бассейны. Особенностью литостратиграфии таких озер является наличие трех основных комплексов отложений: минерогенные осадки, образованные в крупном водоеме; переходный горизонт, сформировавшийся в процессе изоляции озера; органические отложения мелководного бассейна. К озерам с третьим типом седиментогенеза относятся озера, расположенные вне зон морских трансгрессий и регрессий. Донные отложения таких озер представлены преимущественно гиттией.

**Ключевые слова:** озера, донные отложения озер, типы седиментогенеза, голоцен, поздний плейстоцен, Европейская часть России

**Финансирование:** работа выполнена в рамках государственного задания при финансовой поддержке Минобрнауки России (проект № FSZN-2020-0016).

**Для цитирования:** Сырых Л.С. Седиментогенез как критерий классификации озер восточно-европейской равнины и прилегающих территорий // Географический вестник = Geographical bulletin. 2023. № 3(66). С.19-26. doi: 10.17072/2079-7877-2023-3-19-26.

**PHYSICAL GEOGRAPHY, LANDSCAPES AND GEOMORPHOLOGY**

Original article

doi: 10.17072/2079-7877-2023-3-19-26

**SEDIMENTATION AS A CLASSIFICATION CRITERION FOR LAKES ON THE EAST  
EUROPEAN PLAIN****Liudmila S. Syrykh**

Herzen University (Herzen State Pedagogical University of Russia), St. Petersburg, Russia

liudmilasyrykh@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0003-2076-8570>, Author ID: 56330989600, Researcher ID: K-8331-2018;

Elibrary Author ID 627577, SPIN 6900-0374

**Abstract.** The article studies lake sedimentation on the East European Plain and adjacent areas. Lake sediment formation is researched in detail in paleolimnology. The main aim of the present study is to describe the features of lake sedimentogenesis on the East European Plain and to identify classes of lakes in accordance with the types of sedimentogenesis. PaleoLake Database, created for the analysis, contains paleolimnological information about the bottom sediments of lakes of the East European Plain and nearby territories. We analyzed 216 lakes located in different climatic and geological zones, for which the most complete information had been collected: lithostratigraphy, age and thickness of bottom sediments, lake coordinates, water depth etc. Cluster analysis of the collected data identified three main types of lake sedimentation for the East European Plain. (1) Sedimentation of large deep-water



lakes (minerogenic sedimentogenesis of the Pleistocene). The bottom sediments are represented by minerogenic sediments, mainly clays and silts. (2) Sedimentation of isolated lake basins (minerogenic-organogenic sedimentogenesis of the Pleistocene and Holocene). The main feature of the lithostratigraphy is the presence of three main sediment sequences: minerogenic sediments formed in a large reservoir, transitional deposits formed during the isolation, organic deposits of a shallow basin. (3) Sedimentation of lakes located outside maritime transgressions and regressions (organogenic sedimentogenesis of the Holocene). The bottom sediments of such lakes are mainly represented by gyttja.

**Keywords:** lakes, lake sediments, sedimentation types, Holocene, Late Pleistocene, East European Plain

**Funding:** the research was financially supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (project No. FSZN-2020-0016).

**For citation:** Syrykh L.S. (2023). Sedimentation as a classification criterion for lakes on the East European Plain. *Geographical Bulletin*. No. 3(66). Pp. 19-26. doi:10.17072/2079-7877-2023-3-19-26.

### Введение

В палеолимнологии детально исследуются условия и особенности озерного седиментогенеза для реконструкции климата и ландшафтов прошлого [6; 8; 12–13]. Обширная территория Восточно-Европейской равнины представляет особый интерес для палеогеографических исследований [3; 16; 18–19]. Согласно базе данных PaleoLake на территории ВЕР и прилегающих районов с помощью палеолимнологических методов исследовано более 300 озер [14; 20–21]. Основная часть исследований была сосредоточена на северо-западе равнины. Для систематизации информации о седиментогенезе в озерах ВЕР и планирования дальнейших исследований возникла необходимость типизации озер на основе различий в характере осадконакопления. Седиментогенез представляет собой один из этапов литогенеза и включает в себя процессы выветривания, переноса и осаждения органического и минерального вещества [7]. Характер (минеральные или органические; автохтонные или аллохтонные и т.п.) и масса донных отложений определяются на основе комплекса факторов при ведущей роли климата. Исходя из этого Н.М. Страхов [11] выделил три климатических типа седиментогенеза: нивальный, гумидный и аридный. Л.Л. Россолимо [9] предложил обширную классификацию, в которой анализируются параметры накопления вещества в озере (характер, скорость, природа). Он отметил, что выделенные классы озер также существовали и в разные периоды времени в прошлом, но сам фактор времени, т.е. возраст, особенности развития территории и самого озера, не рассматривался в разработанной классификации. Важность фактора времени, влияющего на озерный седиментогенез, подчеркивается во многих работах [1; 4; 9]. Однако на сегодняшний день отсутствует классификация озер, учитывающая данный параметр совместно с другими характеристиками донных отложений.

### Материалы и методы исследования

Обширные палеолимнологические данные были собраны в базе данных PaleoLake [20]. Из массива данных было выбрано 216 озер, для каждого из которых имеется полная информация о географическом положении и морфометрических параметрах, литостратиграфии, возрасте и мощности донных отложений. Для анализа седиментогенеза использовалось литологическое описание разрезов, так как не во всех литературных источниках приводятся количественные данные гранулометрического и геохимического составов донных отложений. Из-за отсутствия единообразия в описании органических осадков (сапропели, органические илы, гиттия) характеристики органической толщи осадков сведены к термину «гиттия». Гиттия (швед. – иловая грязь) – озерный, озерно-болотный или лагунный ил, содержащий 20–50% органического вещества в виде торфяного сапропелевого геля, остатков планктона и экскрементов животных [2]. Присутствие в разрезе включений (растительные макроостатки, железомарганцевые конкреции и др.) фиксировалось в качестве дополнительной информации, но не учитывалось в общем анализе, поскольку микровключения указывают на локальные особенности озерной экосистемы, но не характеризуют седиментогенез в целом.

При анализе учитывалась мощность только органической толщи, поскольку для части разрезов присутствуют данные о возрасте накопления органики, напрямую отражающие климатические и ландшафтные условия осадконакопления [10]. Во многих литературных источниках информация о мощности минерогенных горизонтов не представлена в полной мере, но при анализе учитывались доступные данные о характере и составе минерогенных осадков. Все собранные сведения представлены в виде таблицы MS Excel. Для типизации проведен кластерный анализ в программе PAST [15], оценивающий сходство разрезов донных отложений.

### Результаты и их обсуждения

Практически все современные озера образовались на границе плейстоцена и голоцена и в голоцене. Единичные водоемы, например, Ладожское и Онежское озера, содержат донные отложения, сформировавшиеся в плейстоцене. Из выделяемых Н.М. Страховым климатических типов седиментогенеза (нивального, гумидного и аридного) на сегодняшний день на территории ВЕР выражен только гумидный тип. Исключение составляют южные и юго-восточные окраины, где фиксируются семиаридные и аридные условия. Большая часть исследованных разрезов донных отложений имеет двухчленное строение: органогенные (гиттия) и минерогенные (глинистые, песчаные, алевритовые, смешанные) осадки. Переход между ними может быть резким, постепенным, либо наблюдается переслаивание органогенных и минерогенных осадков.

В пространстве и времени происходила смена природно-климатических условий, а именно потепления сменялись похолоданиями; морские трансгрессии – регрессиями и др. Рассматривая динамику природно-климатических факторов во времени, мы выделили следующие периоды, каждый из которых имеет отличительные особенности озерного осадконакопления:

- на рубеже плейстоцена и голоцена, когда климат был холодным и сухим, развивался нивальный тип седиментогенеза;
- смена климатических условий холодного и сухого климата позднеледниковья (поздний неоплейстоцен) на тёплый и более влажный климат послеледниковья (голоцен) способствовала формированию современных ландшафтов и гидрографической сети ВЕР и развитию гумидного типа седиментогенеза. Большинство озер сформировалось в этот период. По мере формирования почвенно-растительного покрова и роста продуктивности озерных экосистем происходила смена минерогенного осадконакопления на органогенное;
- в голоцене климатические условия в сочетании с геолого-тектоническими процессами привели к активизации процессов формирования современных изоляционных бассейнов.

На основании кластерного анализа нами были выделены на территории ВЕР три основных типа седиментогенеза (рис. 1).

*Тип 1. Минерогенный седиментогенез плейстоцена.* Озерные отложения представлены минерогенными, преимущественно глинистыми, осадками. Характерными чертами разреза донных отложений являются сравнительно более древний возраст и большая мощность донных отложений – до нескольких десятков метров. Органогенные отложения отсутствуют. Анализ содержания органического вещества (потери органической массы при прокаливании (ППП); ТОС – содержание общего органического углерода) фиксирует его повышение в донных отложениях этих озер от 0–1 до 2–4% на рубеже плейстоцена и голоцена.

*Тип 2. Минерогенно-органогенный седиментогенез плейстоцена и голоцена.* В строении донных отложений выделяются три части: в основании разреза донных отложений таких озер отмечается толща глинистых и песчано-глинистых отложений, сходных с 1 типом седиментогенеза, что характерно для крупного водоема. Верхний горизонт представлен гиттией небольшой мощности, в среднем около 2–3 м. Переходный между ними горизонт

зачастую отличается наличием большого количества прослоев и примесью песка. В этом типе седиментогенеза выделяется 2 подтипа в зависимости от возраста органических осадков: 2, а – средний возраст около 3000–4000 калиброванных (кал.) лет, 2, б – средний возраст – 9000–10000 кал. лет.

*Тип 3. Органогенный седиментогенез голоцена.* Данный тип характеризуется накоплением органогенных осадков большой мощности, в среднем достигающей 3–5 м. Переход к органогенному накоплению этих озер произошел в позднеледниковье и голоцене. Возраст основания органогенного горизонта оценивается 9000–11000 кал. лет назад. Нередко в основании разрезов озерных отложений встречаются ледниковые и озерно-ледниковые осадки. Данный тип седиментогенеза характерен для озер, расположенных вне зоны трансгрессий и регрессий крупных морских и пресноводных бассейнов. Седиментогенез в таких озерах различается скоростью осадконакопления, которая зависит от местоположения озер, поэтому в нем выделяют два подтипа: 3, а – седиментогенез в озерах, расположенных в самой высокой части водоразделов, и 3, б – седиментогенез в озерах, расположенных на склоновых поверхностях крупных возвышенностей ВЕР. На водораздельных возвышенностях скорость озерного осадконакопления несколько ниже, чем в озерах, расположенных ниже, на склонах.

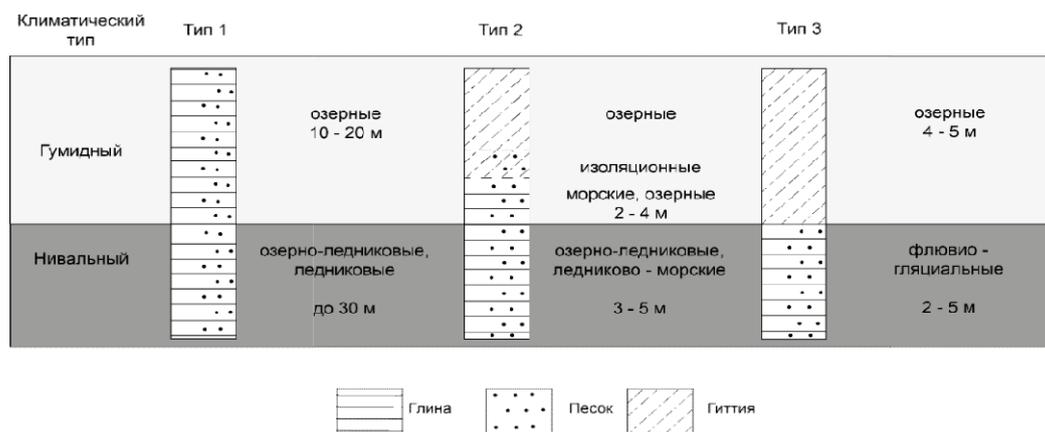


Рис. 1. Литостратиграфия донных отложений и типы седиментогенеза. Климатические типы по Н.М. Страхову [11]: 1 – глинистые донные отложения; 2 – песчаные/ опесчаненные донные отложения; 3 – гиттия

Fig. 1. Lake sedimentation types in the East European Plain. Climatic types according to N.M. Strakhov [11]. 1 – clay, silty clay, 2 – sand, silty-sand, 3 – gyttja.

Внутри данного типа также можно выделить по составу два вида донных отложений: отложения в озерах, расположенных в зоне распространения валдайского ледника, и отложения озер – в перигляциальной зоне. Литостратиграфия донных отложений озер в зоне распространения валдайского ледника отличается наличием в минеральных осадках грубообломочного материала. В минеральных осадках озер перигляциальной зоны таких отложений нет.

На основе этих трех типов седиментогенеза проведена классификация озер ВЕР и выделены следующие классы (рис. 2):

- *озера 1-го типа седиментогенеза*, представленные глубоководными и крупными озерами (Ладожское, Онежское и др.). Особые условия для формирования донных отложений в них создают обширные водосборные бассейны, площади водной поверхности и значительные глубины. Роль органогенной составляющей в осадконакоплении невелика;

- к *озерам 2-го типа седиментогенеза* относятся изоляционные бассейны (здесь и далее изоляционные озера – естественные водоемы, которые в разное время своей истории могут быть соединены с морем (или крупным пресноводным бассейном) или изолированы от

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология  
Сырых Л.С.

него из-за изменений относительного уровня моря (или пресноводного бассейна) [5–6; 17]), приуроченные к прибрежной зоне современных морских и пресноводных бассейнов, испытывавших трансгрессии и регрессии. Их развитие проходило в три стадии: глубоководный бассейн (приледниковый, морской), изоляция (стратифицированный водоем с анаэробными условиями), изолированный водоем (пресноводное озеро), которые нашли отражение в литостратиграфии донных отложений. Механизмы изоляции озер могут быть различными, однако разрезы донных отложений всех изоляционных бассейнов имеют схожее строение. Выделенный класс озер подразделяется на 2 подкласса по возрасту изоляции: 2, а – древние 10000-8000 кал. лет (например, некоторые озера Заонежья: Нижнее Мягрозеро, Путкозеро и др.) и 2, б – молодые 5000-3000 кал. лет (в частности, озера о-ва Валаам);

• озера 3-го типа седиментогенеза включают в себя озера, расположенные вне зоны трансгрессий. На формирование донных отложений озер не влияли крупные водные бассейны. Внутри класса выделяются 2 подкласса: 3, а – озера, расположенные в самой высокой части водоразделов (такие, как озера Валдайской и Смоленско-Московской возвышенностей: Тростенское, Глубокое, Теребенское и др.), и 3, б – озера, расположенные на склонах крупных водоразделов (среди них Окуньозеро и Малое озеро, Олонецкий перешеек). Между собой подклассы различаются скоростью накопления органогенных осадков.

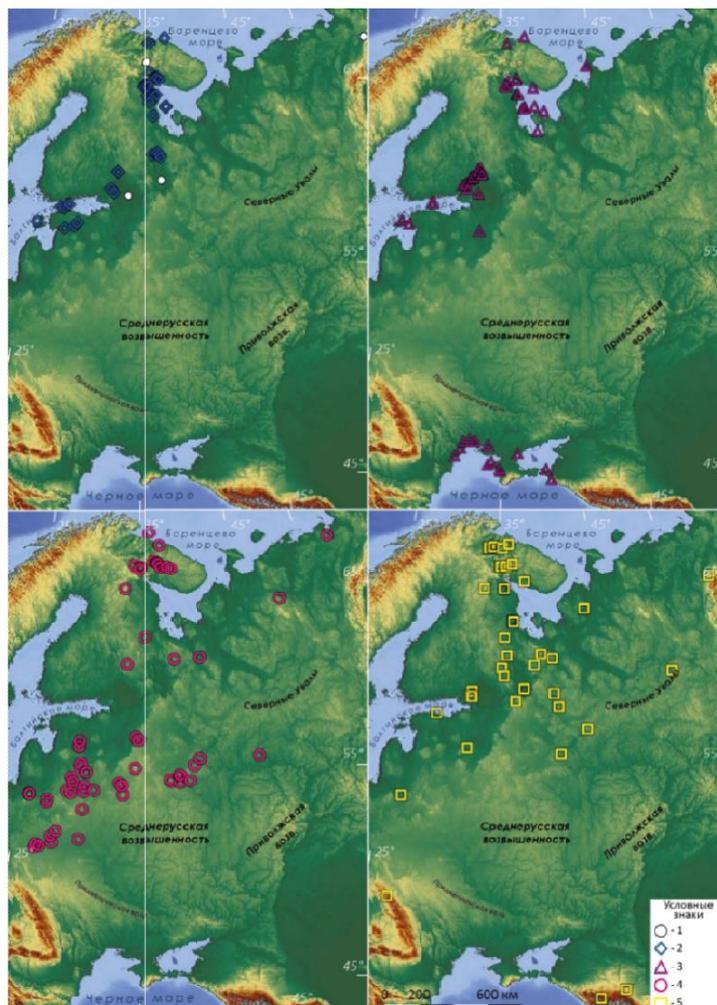


Рис. 2. География озер разных типов седиментогенеза: 1 – озера с 1-м типом седиментогенеза, 2 – подтип 2, а; 3 – подтип 2, б; 4 – подтип 3, а, 5 – подтип 3, б

Fig. 2. Distribution of the lake sedimentation types: 1 – lakes with the 1st type of sedimentation, 2 – subtype 2a; 3 – subtype 2b; 4 – subtype 3a, 5 – subtype 3b

Отсутствие количественных данных гранулометрического и геохимического составов донных отложений не позволяет в полной мере оценить перенос и осаждение материала в озерах. Разработанная типология может быть доработана по мере получения более полной информации об осадконакоплении в озерах разных районов ВЕР.

### Заключение

На основе данных о возрасте, составе и стратиграфии донных отложений озер нами были выделены следующие типы седиментогенеза озер в пределах ВЕР: минерагенный седиментогенез плейстоцена, минерагенно-органогенный седиментогенез плейстоцена и голоцена, органогенный седиментогенез голоцена. Выделенные типы легли в основу классификации, согласно которой озёра ВЕР делятся на три класса:

- *озера 1-го типа* седиментогенеза представлены глубоководными и крупными бассейнами (Ладожское, Онежское и др.). Донные отложения озер содержат минерагенные осадки, которые отличаются большой мощностью и сравнительно более древним возрастом;
- *озера 2-го типа* седиментогенеза характеризуются как изоляционные бассейны. В литостратиграфии донных осадков таких озер выделяются 3 части. По возрасту изоляции озера данного класса делятся на 2 подкласса: древние 10000–8000 кал. лет и молодые 5000–3000 кал. лет;
- *озера 3-го типа* седиментогенеза, к которым относятся водоемы, расположенные вне зоны трансгрессий и регрессий крупных водоемов, подразделяются на два подкласса по скорости накопления органогенных осадков.

По мере развития палеолимнологических исследований база данных PaleoLake пополняется новой информацией. С учетом новых данных разработанная нами классификация может быть усовершенствована и детализирована в соответствии с целями будущих исследований.

### Список источников

1. Белкина Н.А. Особенности современного седиментогенеза водоемов гумидной зоны на примере озер Карелии // Экологические проблемы северных регионов и пути их решения: мат. III Всерос. науч. конф. с межд. участием. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2010. С. 156–159.
2. Геологический словарь: в 3 т. Изд. третье, перераб. и доп. / гл. ред. О.В. Петров. Т. 1. А–Й. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2010. 432 с.
3. История озер Восточно-Европейской равнины. Л.: Наука, 1982. 240 с.
4. Квасов Д.Д. Возрастно-генетическая классификация котловин озер северной и центральной Евразии // Известия ВГО. 1986. Т. 118. № 6. С. 487–492.
5. Кузнецов Д.Д., Лудикова А.В., Субетто Д.А., Леонтьев П.А., Греков И.М., Потахин М.С., Сапелько Т.В., Сырых Л.С., Толстобров Д.С. Хроно- и литостратиграфия озерных отложений острова Анзер (Соловецкие острова) в контексте послеледниковой истории Белого моря // Известия РАН. Серия географическая. 2022. Т. 86. №6. С. 914–932. <https://doi.org/10.31857/S2587556622060085>
6. Кузнецов Д.Д., Субетто Д.А. Стратиграфия донных отложений озер Карельского перешейка. М.: Изд-во ГЕОС, 2019. 119 с.
7. Лидер М. Седиментология. Процессы и продукты: пер. с англ. М.: Мир, 1986. 439 с.
8. Потахин М.С., Белкина Н.А., Субетто Д.А. Особенности генезиса котловин и строения донных отложений озер Юго-Восточного склона Фенноскандинавского щита // Астраханский вестник экологического образования. 2019. Т. 6. №54. С. 4–13.
9. Россолимо Л.Л. Основы типизации и лимнологического районирования // Накопление вещества в озерах. М.: Наука, 1964. С. 5–46.
10. Севастьянов Д.В., Сикацкая Е.Д. Органическое вещество в донных отложениях озер как индикатор состояния окружающей среды // Вестник СПбГУ. 2003. Т. 7. № 4. С. 46–55.
11. Страхов Н.М. Основы теории литогенеза. Т. 1. Типы литогенеза и их размещение на поверхности Земли. М.: Изд-во АН СССР, 1960. 231 с.
12. Субетто Д.А. Донные отложения озер: палеолимнологические реконструкции. СПб: Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2009. 339 с.

## Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология

Сырых Л.С.

13. Субетто Д.А., Назарова Л.Б., Пестрякова Л.А., Сырых Л.С., Андроников А.В., Бискаборн Б., Дикманн Б., Сапелко Т.В., Кузнецов Д.Д., Греков И.М. Палеолимнологические исследования в российской части северной Евразии: обзор // Сибирский экологический журнал. 2017. № 4. С. 369–380. DOI:10.15372/SEJ20170401
14. Субетто Д.А., Сырых Л.С. База палеолимнологических данных «PaleoLake»: свидетельство о государственной регистрации базы данных №2014621070. 31.07.14.
15. Hammer Ø., Harper, D.A.T., & Ryan, P.D.(2001) PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*. 2001. Vol. 4. №1. P. 4–9.
16. Klimenko, V., Solomina, O.(2010) Climatic Variations in the East European Plain During the Last Millennium: State of the Art. In: Przybylak R. (eds) *The Polish Climate in the European Context: An Historical Overview*. Springer, Dordrecht. 2010. P. 71–101. DOI:10.1007/978-90-481-3167-9\_3
17. Long, A.J., Woodroffe, S.A., Roberts, D.H., Dawson, S.(2011) Isolation basins, sea-level changes and the Holocene history of the Greenland Ice Sheet. *Quaternary Science Reviews*. 2011. Vol. 30. Iss. 27–28. P. 3748–3768. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2011.10.013>
18. Mangerud, J., Ehlers, J., Gibbard, P.(2004) Quaternary Glaciations: Extent and Chronology 1: Part I Europe. *Amsterdam: Elsevier*. 2004. 488 pp.
19. Svendsen, J.I., Alexanderson, H., Astakhov, V.I., Demidov, I., Dowdeswell, J.A., Funder, S., Gataullin, V., Henriksen, M., Hjort, C., Houmark-Nielsen, M., Hubberten, H.W., Ingolfsson, O., Jakobsson, M., Kjaer, K., Larsen, E., Lokrantz, H., Lunkka, J.P., Lysa, A., Mangerud, J., Maticoukhov, A., Murray, A., Möller, P., Niessen, F., Nikolskaya, O., Polyak, L., Saarnisto, M., Siegert, C., Siegert, M.J., Spielhagen, R.F., Stein, R. (2004) Late quaternary ice sheet history of northern Eurasia. *Quaternary Science Reviews*. Vol.23. №11–13. Pp.1229–1271. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2003.12.008>.
20. Syrykh, L. Subetto, D., Nazarova, L. (2021) Paleolimnological studies on the East European Plain and nearby regions: the PaleoLake Database. *Journal of Paleolimnology*. Vol. 65. Pp. 369–375. DOI 10.1007/s10933-020-00172-8.
21. Syrykh, L., Subetto, D.A., Grekov, I. (2014) Paleolimnological database for lakes of Russian plain. *Proceedings II PAST Gateways International Conference and Workshop: Trieste Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale*. Trieste, 2014. P. 74–75.

## References

1. Belkina, N.A. (2010), “Peculiarities of modern sedimentogenesis of water bodies in the humid zone on the example of the lakes of Karelia”, *Materialy III-yei Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem «Ekologicheskiye problemy severnykh regionov i puti ikh resheniya»* [Proceedings of the III All-Russian scientific conference with international participation «Ecological problems of the northern regions and solutions»]: KSC RAS. 2010. Apatity: Publishing House of KSC RAS, 2010. Part 1. pp. 156–159. (In Russian).
2. *Geological dictionary* (2010), In three volumes. Third edition, revised. and additional in ch. ed. O.V. Petrov. T. 1. A–Y. VSEGEI Publishing House [Izdatelstvo VSEGEI], St. Petersburg, Russia.
3. *The history of the East European Plain Lakes* (1992), [Series "History of Lakes"]. *Publishing house Nauka*, St.Petersburg, Russia. 262 p.
4. Kvasov, D.D. (1986), “Age-genetic classification of lake basins in northern and central Eurasia”, *Izvestia VGO [Bullitin of VGO]*, vol. 118, iss. 6, pp. 487–492.
5. Kuznetsov, D.D., Ludikova, A.V., Subetto, D.A., Leontev, P.A., Grekov, I.M., Potakhin, M.S., Sapelko, T.V., Syrykh, L.S. and Tolstobrov, D.S. (2022), “Chrono- and Lithostratigraphy of Lake Sediments of Anzer Island (Solovetsky Islands) in the Context of the Post-Glacial History of the White Sea”, *Izvestiya RAS*, vol.86, no.6, pp. 914–932. <https://doi.org/10.31857/S2587556622060085>
6. Kuznetsov, D.D. and Subetto, D.A. (2019). *Stratigrafiya donnykh otlozheniy ozer Karel'skogo peresheyka* [Stratigraphy of bottom sediments of lakes of the Karelian Isthmus], *Izdatel'stvo GEOS* [GEOS Publishing House], Moscow, Russia.
7. Leeder, M.R. (1982), *Sedimentology. Process and Product*, London, UK.
8. Potakhin, M.S., Belkina, N.A. and Subetto, D.A. (2019), “Features of the genesis of basins and the structure of bottom sediments of lakes of the South-Eastern slope of the Fennoscandian shield”, *Astrakhanskiy vestnik ekologicheskogo obrazovaniya* [Astrakhan Bulletin of Ecological Education], vol. 6., iss. 54, pp. 4–13.
9. Rossolimo, L.L. (1964), “Fundamentals of typification and limnological zoning” in *Nakopleniye veshchestva v ozerakh* [Accumulation of matter in lakes.], *Nauka* [Publishing House Nauka], Moscow, Russia, pp. 5–46.
10. Sevastyanov, D.V. and Sikatskaya, E.D. (2003), “Organic matter in bottom sediments of lakes as an indicator of the state of the environment”, *Vestnik SPbGU* [Bulletin of St. Petersburg State University], vol. 7, no. 4, pp. 46–55.
11. Strakhov, N.M. (1960), *Osnovy teorii litogeneza. Tom 1. Tipy litogeneza i ikh razmeshcheniye na poverkhnosti Zemli* [Fundamentals of the theory of lithogenesis. Vol 1. Types of lithogenesis and their location on the surface of the Earth], *Izdatel'stvo Akademii nauk SSSR* [Publishing House of the USSR Academy of Sciences], Moscow, Russia.

12. Subetto, D.A. (2009), *Donnyye otlozheniya ozer: paleolimnologicheskiye rekonstruktsii* [Bottom sediments of lakes: paleolimnological reconstructions], *zdatel'stvo RGPU im. A. I. Gertsena* [Publishing House of Herzen University], St. Petersburg, Russia.
13. Subetto, D.A., Nazarova, L.B., Pestryakova, L.A., Syrykh, L.S., Andronikov, A.V., Biskaborn, B., Diekmann, B., Sapelko, T.V., Kuznetsov, D.D. and Grekov, I.M. (2017) "Paleolimnological studies in Russian northern Eurasia: A review", *Contemporary Problems of Ecology*, vol.10, pp. 327–335. DOI: 0.1134/S1995425517040102.
14. Subetto, D.A. and Syrykh, L.S. *Paleolimnological data base «PaleoLake»* [Baza paleolimnologicheskikh dannyykh «PaleoLake»]. Certificate of state registration of the database No.2014621070. 31.07.14.
15. Hammer, Ø., Harper, D.A.T. and Ryan, P.D. (2001), "PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis", *Palaeontologia Electronica*, vol. 4, no.1, pp. 4–9.
16. Klimenko, V. and Solomina, O. (2010). "Climatic Variations in the East European Plain During the Last Millennium: State of the Art", In: Przybylak R. (eds) *The Polish Climate in the European Context: An Historical Overview*, Springer, Dordrecht, pp. 71-101. DOI:10.1007/978-90-481-3167-9\_3.
17. Long, A.J., Woodroffe, S.A., Roberts, D.H. and Dawson, S. (2001), "Isolation basins, sea-level changes and the Holocene history of the Greenland Ice Sheet", *Quaternary Science Reviews*, vol. 30, iss. 27–28, pp. 3748-3768. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2011.10.013>
18. Mangerud, J., Ehlers, J. and Gibbard, P. (2004), *Quaternary Glaciations: Extent and Chronology 1: Part I Europe*. Amsterdam, Elsevier, 488 pp.
19. Svendsen, J.I., Alexanderson, H., Astakhov, V.I., Demidov, I., Dowdeswell, J.A., Funder, S., Gataullin, V., Henriksen, M., Hjort, C., Houmark-Nielsen, M., Hubberten, H.W., Ingolfsson, O., Jakobsson, M., Kjaer, K., Larsen, E., Lokrantz, H., Lunkka, J.P., Lysa, A., Mangerud, J., Matiouchkov, A., Murray, A., Möller, P., Niessen, F., Nikolskaya, O., Polyak, L., Saarnisto, M., Siegert, C., Siegert, M.J., Spielhagen, R.F., Stein, R. (2004), Late quaternary ice sheet history of northern Eurasia, *Quaternary Science Reviews*, vol. 23, no. 11–13, pp. 1229–1271. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2003.12.008>
20. Syrykh, L. Subetto, D. and Nazarova, L. (2021), "Paleolimnological studies on the East European Plain and nearby regions: the PaleoLake Database", *Journal of Paleolimnology*. vol. 65, pp. 369–375. DOI 10.1007/s10933-020-00172-8.
21. Syrykh, L., Subetto, D.A. and Grekov, I. (2014), "Paleolimnological database for lakes of Russian plain", *Proceedings II PAST Gateways Integrational Conference and Workshop*, Trieste Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale Trieste, Italy, 2014, pp. 74–75.

Статья поступила в редакцию: 16.03.2023; одобрена после рецензирования: 31.03.2023; принята к опубликованию: 12.09.2023.

The article was submitted: 16 March 2023; approved after review: 31 March 2023; accepted for publication: 12 September 2023.

#### Информация об авторе

#### **Людмила Сергеевна Сырых**

научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории рационального природопользования факультета географии Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена; 191186, Россия, г. Санкт-Петербург, наб. р. Мойки, 48-12.

#### Information about the author

#### **Liudmila S. Syrykh**

Postgraduate Student, Researcher, Laboratory of Environmental Management, Faculty of Geography, Herzen University (Herzen State Pedagogical University of Russia); 48-12, Moika naberezhnaya, St. Petersburg, 191186, Russia

e-mail: [liudmilasyrykh@gmail.com](mailto:liudmilasyrykh@gmail.com)