

# Holocene vegetation history of the Western Caucasus inferred from high-resolution pollen record from Lake Khuko

Short communication

LIMNOLOGY  
FRESHWATER  
BIOLOGY

Chepurnaya A.A.<sup>1</sup>, Novenko E.Y.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Lomonosov Moscow State University, Vorobievsky Gory, 1, Moscow, 119991, Russia

<sup>2</sup>Institute of Geography RAS, Staromonetny per., 29/4, Moscow, 119017, Russia

**ABSTRACT.** The paper presents the new paleoecological evidence for the last 10,000 years based on high resolution pollen record supported by detail radiocarbon dating, obtained from the Khuko Lake (Western Caucasus). The obtained results showed that change of vegetation corresponding main Holocene stages. 10368-10577 – 8000-8200 cal. yr BP – Boreal period was characterized in this region by the presence of both broad-leaved (*Fagus*, *Ulmus*) and coniferous (*Abies*) species to an equal. 8000-4400 cal. yr BP – Atlantic period was marked by predominance of broad-leaved forests have been formed mainly by beech and a little hornbeam. 4400-2600 cal. yr BP – Subboreal period is characterized by an increase in the role of boreal vegetation (*Abies*, *Pinus*). 2600 cal. yr BP up now – Subatlantic period looked like Atlantic period, but at this time declined value of coniferous species and grew value of alder and hazel.

**Keywords:** Caucasus, palynology, Holocene, vegetation history

**For citation:** Chepurnaya A.A., Novenko E.Y. Holocene vegetation history of the Western Caucasus inferred from high-resolution pollen record from Lake Khuko // Limnology and Freshwater Biology. 2024. - № 4. - P. 298-303. DOI: 10.31951/2658-3518-2024-A-4-298

## 1. Introduction

The present study is focused on the mid-altitude Khuko Lake located in Western Caucasus. The studies of mountain lakes in the Western Caucasus began by research group from the Institute of Geography of Russian Academy of Science about ten years ago exploring Karakel and Donguz-Orun lakes (Solomina et al., 2014; Chepurnaya, 2014).

Our study provides new paleoecological evidence for the last 10000 years based on high resolution pollen record supported by detail radiocarbon dating, obtained from the Khuko Lake.

## 2. Materials and methods

Lake Khuko (43°56'N; 39°48'E), presumably of tectonic origin (Efremov, 1991), is situated in the Western Caucasus on the border of the Republic of Adygea and the Krasnodar Territory. It is located at an altitude of 1744 m a.s.l. in the K.G.Shaposhnikov Caucasus State Natural Biosphere Reserve protected area within the southern slope of the Main Caucasus Range in its western part, 10 km northwest of Mt. Fisht

(Efremov, 1991). The lake is ~260 m long and ~150 m wide. No rivers flow in or out of the lake, except for one small creek draining the lake from the west side.

High-altitude forest belt (1600–2000 (2300) m a.s.l.) where the lake is located has been formed by *Fagus* forests with *Abies nordmanniana* and *Acer trautvetteri* as an admixture. And its uppermost part is often formed by *Pinus sylvestris*, *P.hamata*, *Abies nordmanniana*, and *Picea orientalis*.

The obtained sediment core was 196 cm long. The sampling interval for pollen analysis was 1 cm. Seven radiocarbon dates were obtained for the sediment core from the lake. Sample preparation for subsequent <sup>14</sup>C analysis using accelerator mass spectrometry (AMS) for age determination of the sediment was performed at the Common Use Center “Radiocarbon Dating and Electron Microscopy Laboratory” of the Institute of Geography RAS. The IntCal13 calibration curve was used to determine the calendar age (Reimer et al., 2020). Throughout when the notion “ka BP” is used, calibrated age is implied.

Samples for pollen analysis (1 cm<sup>3</sup>) were prepared following modified method by Grichuk and Zaklinskaya (1948). Calculation of pollen percentages was based

\*Corresponding author.

E-mail address: [a\\_che@bk.ru](mailto:a_che@bk.ru) (A.A. Chepurnaya)

**Received:** June 10, 2024; **Accepted:** July 08, 2024;

**Available online:** August 26, 2024

© Author(s) 2024. This work is distributed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.



on the total terrestrial pollen sum, i.e. arboreal pollen (AP) plus non-arboreal pollen (NAP) without aquatic plants and spores. A minimum of 500 pollen grains per sample were counted (AP + NAP). Pollen diagram was constructed using the programs Tilia and TGView.

### 3. Results and discussion

Radiocarbon dating of the basal sample of the core showed that accumulation began in the early Holocene. (Grachev et al., 2020).

The pollen diagram for Khuko Lake (Fig.1) was divided into 7 local pollen assemblage zones (LPAZ), corresponding to the main phases of vegetation development.

**LPAZ1 (200-177 cm)** Pollen assemblages are characterized by a high AP content (up to 90%). There are peaks pollen curves of *Corylus* (up to 40%) and *Ulmus* (up to 15%) in the zone. *Carpinus* and *Fagus* pollen also dominate. NAP content is mainly represented by *Poaceae*, *Asteraceae* and *Chenopodiaceae* pollen. According to pollen data vegetation was presented beech forests with hornbeam admixture and hazel underbrush.

**LPAZ2 (177-150 cm)** AP decrease to 75-80%. The peak of *Fagus* pollen (up to 40%) determined the identification of the zone. Also, high pollen values of *Carpinus* -10-15%. *Abies* pollen increase from 5% to 20%. *Alnus* pollen value grow to 50% while *Corylus* pollen is halved. There was expansion of broad-leaved forests with beech and hornbeam to the higher hypsometric level.

**LPAZ3 (150-115 cm)** The zone is marked by NAP growth to 40% while AP continue to decline (to 60%). The composition of herbs is dominated by *Poaceae* (10%), *Asteraceae* (15%) and *Fabaceae* (10%) AP is characterized by high values of *Fagus* (20%), *Carpinus* (15%) and *Abies* (15%) pollen. High NAP content suggested open spaces appeared which was occurred by meadow and steppe species of vegetation. Forest composition remain unchanged.

**LPAZ4 (115-72 cm)** The ratio of AP-NAP-Spores groups shifts towards the growth of tree pollen (up to 70-752%) and spores (up to 10%). Assemblages are characterized by noticeable peak of *Pinus* (up to 20%) while other taxa remain unchanged. The main difference of this phase was the increase of boreal vegetation in the forest composition.

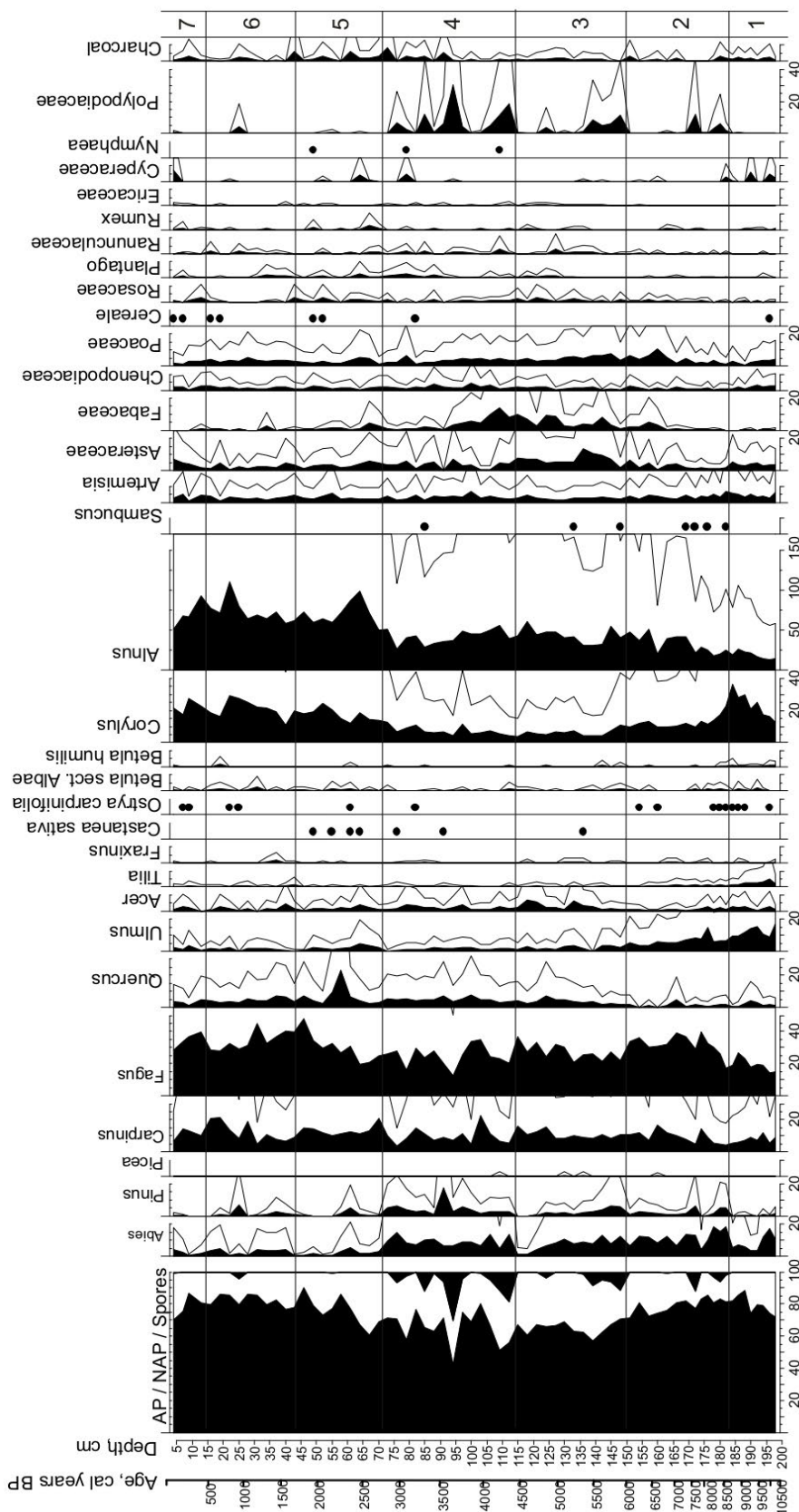


Fig.1. Pollen diagram of Khuko Lake deposits (AP + NAP = 100%)

**LPAZ5** (72-44 cm) AP - 75-80%, NAP - 20-25%, Spores decline to 1%. Pollen values of broad-leave species increase: *Fagus* – up to 45%, *Carpinus* – up to 20%. There is peak of oak pollen value (up to 20%) here.

**LPAZ6** (44-15 cm) AP content reached 85-90%, NAP decline to 10-15%, Spores = 2%. A high peak of *Alnus* (100% from AP + NAP sum) occurs at the depth of 25 cm. Increase of *Corylus* (up to 30%) accompanied by growth of *Carpinus* (20%), Pollen values of *Fagus* is the same as in previous zone.

**LPAZ7** (15-0 cm) AP - 80-85%, NAP - 10-15%, Spores - 1%. Increase of *Alnus* (110% from AP + NAP sum) accompanied by growth of *Corylus* (30%). Pollen values of *Fagus* decrease a little (down to 40%). *Abies* value vary from 2% to 10%.

Vegetation of **LPAZ5, 6 and 7** was characterized by expansion of the broad-leaved species. Forest belt was formed by oak, beech and hornbeam. Area of coniferous forests belt decreased.

#### 4. Conclusions

Palynological analysis and radiocarbon dating of Lake Khuko sediments allow us to discussed vegetation dynamics of the Western Caucasus during a few stages of Holocene 10,368-10,577 – 8000-8200 cal, yr BP – Boreal period was characterized in this region by the presence of both broad-leaved (*Fagus*, *Ulmus*) and coniferous (*Abies*) species to an equal. 8000-4400 cal. yr BP – Atlantic period was marked by predominance of broad-leaved forests have been formed mainly by beech and a little hornbeam. 4400-2600 cal. yr BP – Subboreal period - increase boreal vegetation (*Abies*, *Pinus*), 2600- cal. yr BP up to now – Subatlantic period looked like Atlantic, but at this time declined value of coniferous species and grew value of alder and hazel.

#### Acknowledgements

The studies were supported by grant of the Ministry of Science and Higher Education of Russian Federation (agreement № 075-15-2024-554 of 24.04.2024).

#### Conflict of Interest

The authors declare no conflicts of interest.

#### References

- Chepurnaya A.A. 2014. Dynamics of Vegetation Cover in the Late Holocene in Lake Karakel – Teberda Valley Area (According to Palynological Data). *Bull. Russ. Acad. Sci.* 2; 84–95. (in Russian)
- Efremov Y.V. 1991. In the Country of Mountain Lakes. Krasnodar: Krasnodarskoye knizhnoye izdatel'stvo, 215 pp. (In Russian)
- Grachev A.M., Novenko E.Y., Grabenko E.A. et al. 2020. The Holocene paleoenvironmental history of Western Caucasus (Russia) reconstructed by multi-proxy analysis of the continuous sediment sequence from Lake Khuko. *The Holocene* 31: 368–379. DOI: [10.1177/0959683620972782](https://doi.org/10.1177/0959683620972782)
- Grichuk V.P., Zaklinskaya E.D. 1948. Fossil pollen and spore analysis and its implementation in paleogeography. OGIZ, Moscow. (in Russian)
- Reimer P.J., Austin W.E., Bard E. et al. 2020. The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0–55 cal kBP). *Radiocarbon* 62(4): 725-757. DOI: [10.1017/RDC.2020.41](https://doi.org/10.1017/RDC.2020.41)
- Solomina, O. N., Kalugin, I. A., Darin, A. V. et al. 2014. The implementation of geochemical and palynological analyses of the sediment core of Lake Karakol for reconstructions of climatic changes in the valley of Teberda River (Northern Caucasus) during the Late Holocene: possibilities and restrictions. *Voprosy geografii [Request of Geography]* 137: 234-266. (in Russian)

# История растительности Западного Кавказа по палинологическим данным высокого разрешения озера Хуко

Краткое сообщение

LIMNOLOGY  
FRESHWATER  
BIOLOGYЧепурная А.А.<sup>1</sup>, Новенко Е.Ю.<sup>2</sup><sup>1</sup>МГУ имени М. В. Ломоносова, Ленинские горы, д. 1, Москва, 119991, Россия<sup>2</sup>Институт географии РАН, Старомонетный пер., 29/4, Москва, 119017, Россия

**АННОТАЦИЯ.** В статье представлены новые данные по истории растительности за последние 10000 лет, основанные на пыльцевых материалах высокого разрешения, подтвержденных детальным радиоуглеродным датированием отложений озера Хуко (Западный Кавказ). Полученные результаты показали, что смена растительности соответствует основным этапам голоцена. 10368-10577 – 8000-8200 кал л.н. – Бореальный период характеризовался в этом регионе присутствием в равной степени как широколиственных (*Fagus*, *Ulmus*), так и хвойных (*Abies*) пород. 8000-4400 кал. л.н. – Атлантический период ознаменовалась преобладанием широколиственных лесов, образованных преимущественно буком и в меньшей степени грабом. 4400-2600 кал BP – Суббореальный период характеризовался увеличением бореальной растительности (*Abies*, *Pinus*), 2600-0 кал. л.н. – Субатлантический период в целом схож с Атлантическим по содержанию неморальной флоры, но в это время снизилась доля хвойных пород (пихты, сосны, ели) и выросла доля ольхи и орешника.

**Ключевые слова:** палинология, Кавказ, голоцен, история растительности

Для цитирования: Чепурная А.А., Новенко Е.Ю. История растительности Западного Кавказа по палинологическим данным высокого разрешения озера Хуко // Limnology and Freshwater Biology. 2024. - № 4. - С. 298-303. DOI: 10.31951/2658-3518-2024-A-4-298

## 1. Введение

Настоящее исследование посвящено изучению отложений среднегорного озера Хуко, расположенного на Западном Кавказе. Исследования горных озер Западного Кавказа начались научной группой Института географии РАН около десяти лет назад с изучения озер Каракель и Донгуз-Орун (Соломина и др., 2014; Чепурная, 2014). Здесь представлены новые палеоэкологические данные, основанные на палинологическом анализе отложений озера Хуко, подтвержденные детальным радиоуглеродным датированием.

## 2. Материалы и методы

Озеро Хуко (43°56' с.ш.; 39°48' в.д.), предположительно тектонического происхождения (Ефремов, 1991), расположено на Западном Кавказе на границе Республики Адыгея и Краснодарского края. Оно расположено на высоте 1744 м над уровнем моря, на территории Кавказского государствен-

ного природного биосферного заповедника имени К.Г. Шапошникова в пределах южного макросклона Главного Кавказского хребта в его западной части, в 10 км к северо-западу от горы Фишт (Ефремов, 1991). Озеро имеет длину ~260 м и ширину ~150 м. Озеро не имеет связи с речной сетью территории, за исключением одного небольшого ручья, впадающего в него с западной стороны.

Высотный лесной пояс (1600–2000 (2300) м над уровнем моря), в котором расположено озеро, образован буковыми лесами с примесью *Abies nordmanniana* и *Acer trautvetteri*. А выше формируются леса из *Pinus sylvestris*, *P. hamata*, *Abies nordmanniana* и *Picea orientalis*.

Полученный из отложений озера керн имеет длину 196 см. Интервал отбора проб для пыльцевого анализа составлял 1 см.

Из отложений озера получено семь радиоуглеродных дат. Подготовку проб для последующего анализа <sup>14</sup>C с использованием ускорительной масс-спектрометрии (УМС) для определения возраста осадков проводили в ЦКП «Лаборатория ради-

\*Автор для переписки.

Адрес e-mail: [a\\_che@bk.ru](mailto:a_che@bk.ru) (А.А. Чепурная)

Поступила: 10 июня 2024; Принята: 08 июля 2024;

Опубликована online: 26 августа 2024

© Автор(ы) 2024. Эта работа распространяется под международной лицензией Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0.





оуглеродного датирования и электронной микроскопии» Института географии РАН. Для определения календарного возраста использовали калибровочную кривую IntCal13 (Reimer et al., 2020). Когда используется понятие «ка ВР», подразумевается калиброванный возраст.

Пробы для пыльцевого анализа (1 см<sup>3</sup>) готовили по модифицированному методу Гричука и Заклинской (1948). Процентное содержание каждого таксона равно его доле по отношению к сумме всех групп растительности и спор, за исключением ольхи, которая из-за высокого обилия была выведена в отдельную группу. Подсчитывали минимум 500 пыльцевых зерен в образце (AP + NAP). Диаграмма пыльцы была построена с помощью программ Tilia и TGView.

### 3. Результаты и обсуждение

Радиоуглеродное датирование базального образца ядра показало, что накопление началось в раннем голоцене. (Grachev et al., 2020). Пыльцевая диаграмма озера Хуко (Рис. 1) была разделена на 7 пыльцевых зон (LPAZ), соответствующих основным фазам развития растительности.

LPAZ1 (200-177 см). Пыльцевые комплексы характеризуются высокой долей древесной растительности (до 90%). Пыльцевая зона была выделена по пикам кривых *Corylus* (до 40%) и *Ulmus* (до 15%). Также здесь отмечается высокое содержание пыльцы *Carpinus* и *Fagus*. Согласно пыльцевым данным, растительность была представлена буковыми лесами с примесью граба и орешником на незалесенных пространствах.

LPAZ2 (177-150 см) AP компонент пыльцевого спектра снижается до 75-80%. Зона выделена на основании высокого содержания пыльцы *Fagus* (до 40%) и *Carpinus* -10-15%. Количество пыльцы *Abies* увеличивается с 5% до 20%. Доля пыльцы ольхи увеличивается до 50%, а орешника снижается вдвое по сравнению с предыдущей зоной. В это время происходит экспансия грабовых и буковых широколиственных лесов на более высокие гипсометрические уровни.

LPAZ3 (150-115 см) Содержание NAP возрастает до 40% при продолжающемся снижении AP (до 60%). В составе трав преобладают *Poaceae*

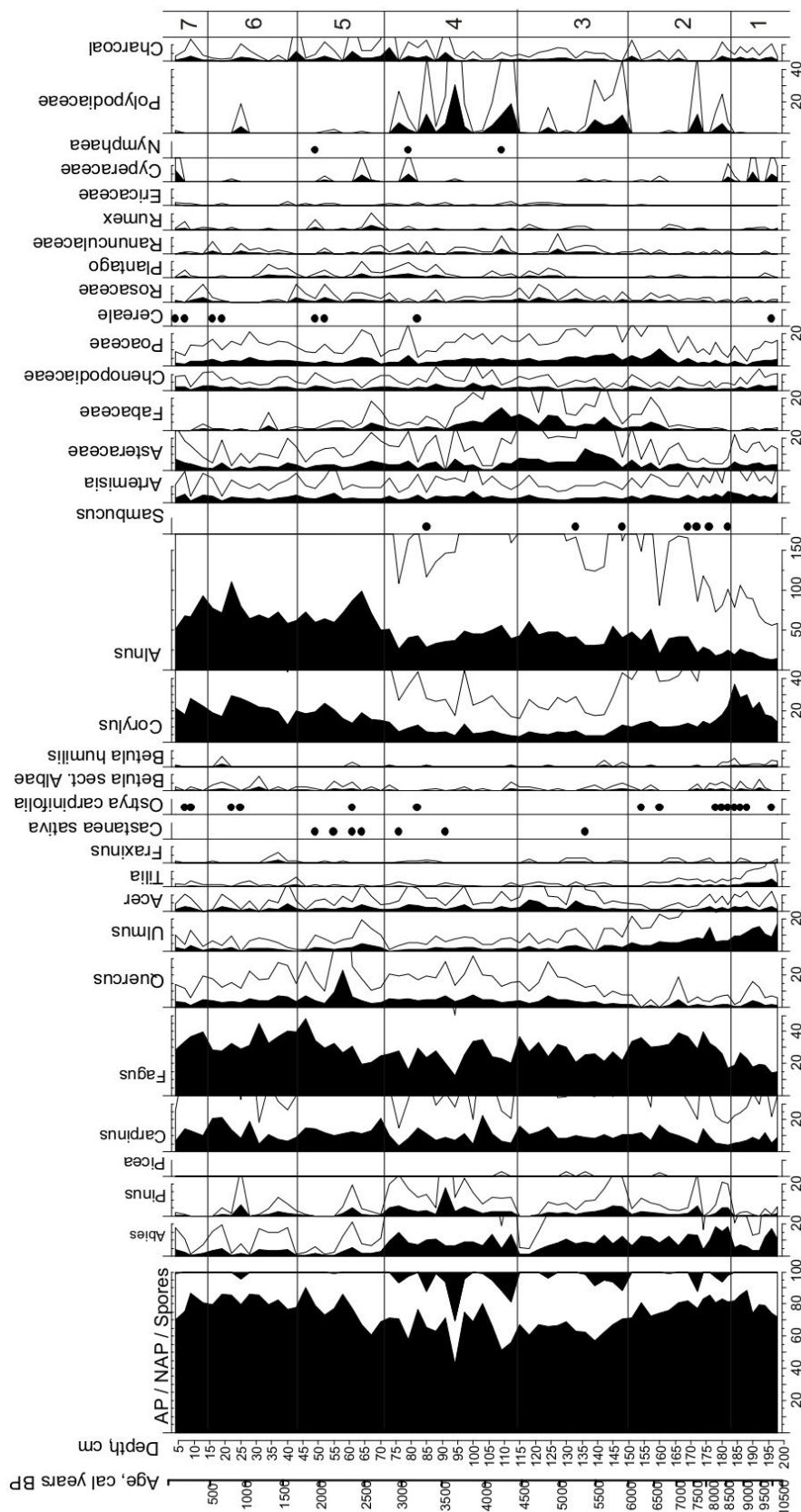


Рис.1. Спорово-пыльцевая диаграмма отложений оз.Хуко (Западный Кавказ)

(10%), Asteraceae (15%) и Fabaceae (10%). Среди пыльцы древесных наиболее высока доля *Fagus* (20%), *Carpinus* (15%) и *Abies* (15%). Высокое содержание NAP свидетельствовало о появлении открытых пространств, заселенных луговыми и степными видами растительности.

LPAZ4 (115-72 см) Соотношение групп AP-NAP-Spores смещается в сторону роста пыльцы деревьев (до 70-75%) и спор (до 10%). Для комплексов характерен заметный пик содержания *Pinus* (до 20%) при сохранении доли остальных таксонов. Главным отличием этой фазы было возрастание доли бореальной растительности в составе лесов.

LPAZ5 (72-44 см), AP - 75-80%, NAP - 20-25%, Доля спор снижается до 1%. Увеличивается доля пыльцы широколистных видов: *Fagus* – до 45%, *Carpinus* – до 20%. Здесь наблюдается пик содержания пыльцы дуба (до 20%).

LPAZ6 (44-15 см) Доля пыльцы деревьев достигает 85-90%, а трав - снижается до 10-15%. Одновременно возрастают доли ольхи, орешника (до 30%) и граба (20%),

LPAZ6 (15-0 см), AP - 80-85%, NAP - 10-15%, Споры - 1%. Продолжается рост содержания ольхи и лещины. Несколько снижаются доля пыльцы бука (до 40%). Доля *Abies* меняется в пределах от 2% до 10%.

Растительность 5, 6 и 7 пыльцевых зон характеризовалась экспансией широколиственных видов, среди которых преобладают буковые, грабовые и дубовые формации. Уменьшилась площадь пояса хвойных лесов.

#### 4. Выводы

Палинологический анализ и радиоуглеродное датирование отложений озера Хуко позволяют говорить о динамике растительности Западного Кавказа на протяжении нескольких этапов голоцена. 10368-10577 – 8000-8200 cal BP - бореальный период характеризовался в этом регионе присутствием в равной степени как широколиственных (*Fagus*, *Ulmus*), так и хвойных (*Abies*) пород. (8000-4400 cal BP – Атлантический период ознаменовалась преобладанием широколиствен-

ных лесов, образованных преимущественно буком и, в меньшей степени, грабом. 4400-2600 cal BP – Суббореальный – увеличением доли бореальной растительности (*Abies*, *Pinus*) в составе лесов, 2600-0 кал. л.н. – Субатлантический период в целом схож с Атлантическим по содержанию неморальной флоры, но в это время снизилась доля хвойных пород (пихты, сосны, ели) и выросла доля ольхи и орешника.

#### Благодарности

Исследования выполнены при поддержке гранта Минобрнауки РФ (Соглашение № 075-15-2024-554 от 24.04.2024)

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Список литературы

- Ефремов Ю.В. 1991. В стране горных озер. Краснодар. Краснодарское книжное издательство. 215 с.
- Гричук В.П., Заклинская Е.Д. 1948. Анализ ископаемых пыльцы и спор и его применение в палеогеографии. Москва: Географгиз, 224 с.
- Соломина О.Н., Калугин И.А., Дарьин А.В. и др. 2014. Использование геохимического и пыльцевого анализов отложений оз. Каракель для реконструкции климатических изменений в долине р. Теберда (Северный Кавказ) в позднем голоцене. Вопросы географии 137: 234-266.
- Чепурная А.А. 2014. Динамика растительного покрова в позднем голоцене в районе оз. Каракель–долина р. Теберды (по палинологическим данным). Известия РАН. Серия географическая 2: 84-95.
- Grachev A.M., Novenko E.Y., Grabenko E.A. et al. 2020. The Holocene paleoenvironmental history of Western Caucasus (Russia) reconstructed by multi-proxy analysis of the continuous sediment sequence from Lake Khuko. The Holocene 31: 368–379. DOI: [10.1177/0959683620972782](https://doi.org/10.1177/0959683620972782)
- Reimer P.J., Austin W.E., Bard E. et al. 2020. The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0–55 cal kBP). Radiocarbon 62(4): 725-757. DOI: [10.1017/RDC.2020.41](https://doi.org/10.1017/RDC.2020.41)