

География

УДК 551.332.21(479. 25)

НОВЕЙШИЕ ДАННЫЕ ПО РЯДУ ВЫСОКОГОРНЫХ ОЗЕР АРМЕНИИ

В. Р. БОЙНАГРЯН *

Кафедра картографии и геоморфологии ЕГУ, Армения

Представлены новые результаты комплексных исследований четырех высокогорных озер Армении (Кари, Умрой, Акна и Сев). Впервые для этих озер реконструированы изменения природной среды в голоцене по данным комплексного палинологического анализа, созданы их цифровые модели. Удалось уточнить современные морфометрические характеристики озерных котловин, выявить особенности их подводного рельефа и условия накопления донных отложений в озерах. Впервые проведены эхолотирование озерных котловин и отбор кернов донных отложений с разных глубин. Получены радиоуглеродные датировки озерных отложений и представление об их строении. По характерному рельефу конечных морен каровых ледников удалось впервые выделить для участка оз. Умрой и в целом для Арагаца четыре стадии отступления ледника последнего оледенения после его максимального продвижения: самое низкое положение – 3100–3000 м, вторая стадия – 3200–3100 м, третья – 3300–3200 м, четвертая – 3400–3300 м. Выявлены данные, свидетельствующие о наличии природных ритмов в развитии высокогорного пояса Армении, измеряемых тысячами лет. Выделен период потепления и увлажнения климата, соответствующий временному отрезку 3000–2000 калибр. лет назад, т.е. период широкого распространения лесов и максимальной динамики верхней границы леса. В озерах накапливались осадки с максимальным содержанием органического вещества (30–50%). Установлено, что толщина донных отложений оз. Кари сформировалась за 4000 лет, а оз. Умрой – за 8000 лет. Теплые периоды с появлением лесной растительности в современном высокогорном поясе наступали даже тогда, когда на территории Армении антропогенный фактор не мог способствовать потеплению климата – в это время еще не существовала современная промышленность с выбросами в атмосферу парниковых газов. Можно утверждать, что современное потепление климата на Земле – это не результат выброса парниковых газов объектами промышленности, а всего лишь природный ритм.

<https://doi.org/10.46991/PYSU:C/2022.56.1.037>

Keywords: Armenia, alpine lakes, drilling, echo sounder, lake sediments, radiocarbon age.

Введение. В Армении имеется примерно 120 высокогорных озер. Здесь и далее под высокогорными нами понимаются озера, расположенные на высотах более 2500 м. Эта высота в условиях Армении соответствует нижней

* E-mail: vboynagryan@ysu.am

границе высокогорного пояса, выше которой среднегодовая температура воздуха составляет 0°C или чуть ниже, появляются первые следы медленной солифлюкции, часты снежники, сохраняющиеся до середины лета [1]. На четырех из этих озер (Кари, Умрой, Акна и Сев) летом 2018 и 2019 гг. совместной армяно-российской группой специалистов были выполнены комплексные батиметрические, буровые и подводные исследования с применением аквалангов, результаты которых частично опубликованы. В настоящей статье приведены новые сведения, полученные на основании обработки полевых материалов и результатов лабораторных анализов проб донных отложений.

Состояние изученности вышеуказанных озер до наших исследований.

По озеру Кари, расположенному на южном макросклоне Арагаца на высоте 3187,6 м в межморенном углублении, до последнего времени имелись лишь данные, полученные в 1930 г. экспедицией Севанской озерной станции [2]. Тогда были исследованы донные грунты, термический и химический состав воды, характер фитопланктона, была составлена батиметрическая схема озера.

Озеро Акна, расположенное на западном склоне Гегамского массива на высоте 3031,1 м в понижении между четырьмя шлаковыми вулканическими конусами, исследовалось также в первой половине XX в. (в 1927–1928 гг.) [3]. Были изучены грунты, температура и химический состав воды, глубины (при помощи ручного лота с небольшой лодки) и составлена соответствующая карта. Было отмечено, что на дне озера в большом количестве распространена крупная харовая водоросль *Chara* (*Nitella*?) высотой до 0,5 м, а в Кратерном заливе – также водяной мох.

По озерам Умрой и Сев имелись лишь сведения относительно их максимальной глубины, измеренной при помощи ручного лота [4]. По всем четырем озерам имелись также сведения относительно величины их водосборной площади, полученной по топографическим картам [4, 5].

Методы исследований. На всех четырех озерах был использован единый метод исследований:

- измерение глубины при помощи эхолота Lowrance HOOK 24x GPS Bullet, установленного на надувной резиновой лодке Seahawk-3 (точность определения глубин по этому эхолоту составляет 0,1 м), с системой определения координат GPS и фиксацией очертания уреза воды в период измерений (рис. 1, а); общее количество измерений глубин по этим озерам превысило 60 000;

- отбор кернов донных отложений со сборного надувного катамарана (рис. 1, б) специальным керноотборником (“русским” буром) (рис. 1, в), а также отбор поверхностных проб грунта; длина отобранных кернов колебалась от 0,5 до 1,13 м, диапазон глубин – от 1,8 до 5,75 м; поверхностные пробы были отобраны с глубин 3,2; 4,3 и 6,5 м; отбор кернов был предназначен для палинологического, диатомового, геохимического и радиоуглеродного изучения проб в соответствующих лабораториях;

- геоморфологическая и геоботаническая съемки водосборных бассейнов всех четырех озер в масштабе 1:25 000;

- отбор проб воды из прибрежной зоны озер с глубины 0,5 м для последующего определения ее гидрохимических параметров; температура воды, растворенный кислород, мутность и pH измеряли на месте с помощью

усовершенствованных тест-наборов (рН-метр Hanna, мультипараметрическое устройство WTW 320i);

- подводная съемка дна озер при помощи аквалангов (рис. 1, г).

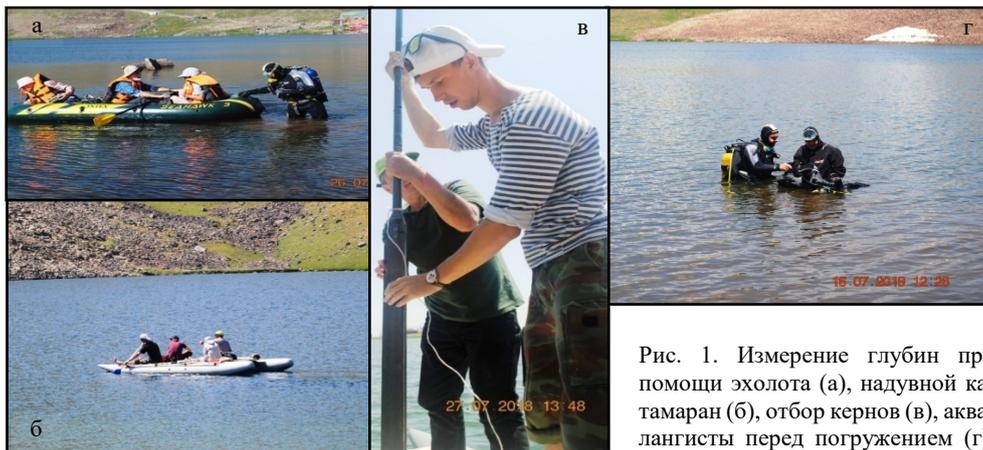


Рис. 1. Измерение глубин при помощи эхолота (а), надувной катамаран (б), отбор кернов (в), аквалангисты перед погружением (г).

Результаты исследований и обсуждение. Полевые исследования озер и сбор фактического материала впервые позволили:

1) составить высокоточные батиметрические карты (рис. 2) и их цифровые 3D-морфометрические модели с разрешением 10×10 м, а также определить важнейшие морфометрические характеристики водоемов (см. таблицу);

2) составить геоморфологические карты водосборных бассейнов озер в масштабе 1:25 000 и выявить преобладающие в их бассейнах современные экзогенные процессы (рис. 3);

3) составить геоботанические карты водосборных бассейнов озер в масштабе 1:25 000 и выявить распространение характерной растительности на их площадях;

4) получить представление о гидрохимических параметрах озерных вод;

5) получить представление о наличии или отсутствии подводной растительности на дне исследованных озер;

6) получить уникальные сведения (впервые для высокогорных озер Армении) в результате лабораторных исследований проб из кернов донных отложений, отобранных с разных глубин озер Кари, Умрой, Акна и Сев и проанализированных российскими партнерами в Институте озероведения РАН.

В озере Кари, согласно нашим промерам, максимальная глубина составляет 9,8 м (ранее было 8,0 м). Высшая водная растительность на дне развита слабо. Местами среди глинистых и песчано-глинистых озерных отложений встречаются отдельные каменные обломки. Вода озера характеризуется низкой минерализацией и низким содержанием главных ионов, а также органических загрязнителей и питательных веществ (нитраты, фосфаты, ионы аммония). В то же время, для озера характерны сравнительно высокие мутность и температура воды, низкое содержание растворенного кислорода – это может быть связано с источником питания (поверхностные стоки и талые воды) и глубиной озера.

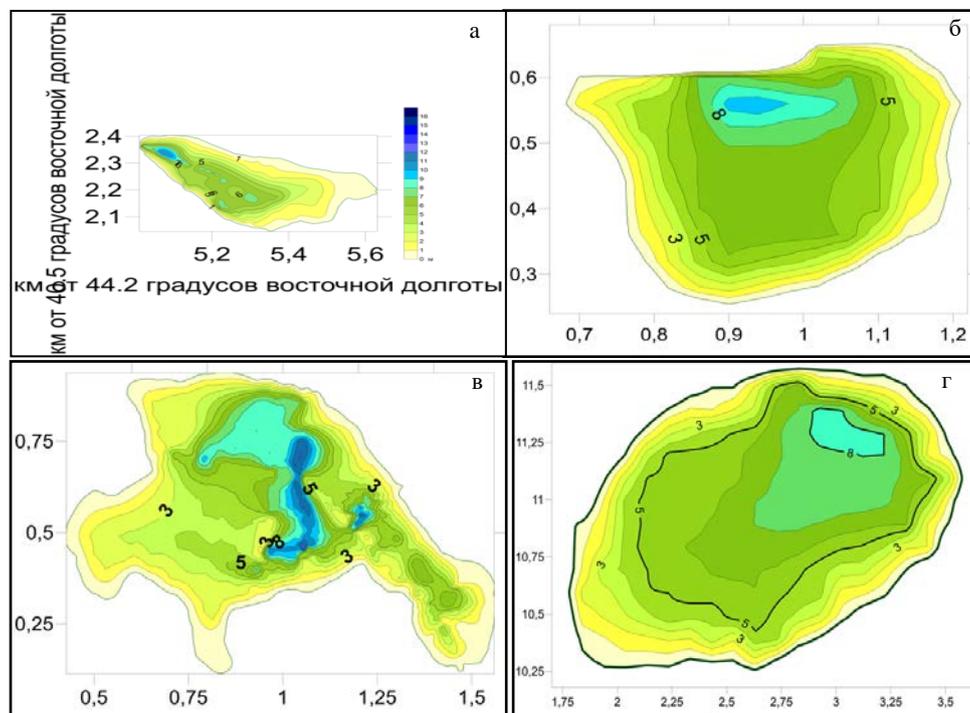


Рис. 2. Батиметрические карты озер: а) Умрой; б) Кари; в) Акна; г) Сев (размеры озерных котловин даны в км).

Морфометрические характеристики озерных котловин [11]

Название озера	Макс. глубина, м	Сред. глубина, м	Медиана, глубина, м	Объем, м ³	Ср. глубина по объему, м	Периметр, км	Площадь, км ²
Кари	9,8	4,5	5,0	661,9×10 ³	4,53	1,52	0,146
Умрой	10,9	3,1	2,5	365,1×10 ³	3,13	1,55	0,117
Акна	12,4	3,7	3,2	1843,1×10 ³	3,71	3,86	0,496
Сев	8,5	4,5	5,0	7791,3×10 ³	4,46	5,01	1,747

Из донных отложений оз. Кари в двух точках было отобрано 7 кернов (рис. 4). По пробам из этих кернов выполнены палинологический, карпологический, диатомовый, геохимический и радиоуглеродный анализы [6]. Получено 5 радиоуглеродных датировок, изучены этапы развития озера и его водосборного бассейна на протяжении последних 4 тыс. лет. Выделен период (3000–2000 калибр. лет назад) увлажнения климата и широкого распространения лесов с преобладанием хвойных (*Pinus*) и широколиственных (*Quercus*) пород, с подъемом верхней границы леса выше современной [7]. При диатомовом анализе наряду со створками диатомовых водорослей был выполнен подсчет и других кремнистых микрофоссилий и фитолигов, были вычислены абсолютные и относительные (%) содержания створок диатомей, цист и фитолигов с целью выявления их участия в формировании общей

суммы кремнистых микрофоссилий [8]. Изучение содержания органического вещества в пробах из керна донных отложений с глубины 2,2 м (пробы отбирались через каждые 2 см и анализировались на потери при прокаливании – *ППП*) выявило для данного озера пять периодов осадконакопления (с 4000 калибр. л. н. по 600 калибр. л. н.), свидетельствующих об изменениях уровня водоема, усилении/уменьшении эрозионных процессов на водосборе и периодах повышения/понижения продуктивности водных экосистем. Средняя скорость осадконакопления составляла примерно 0,12 мм/год [9].

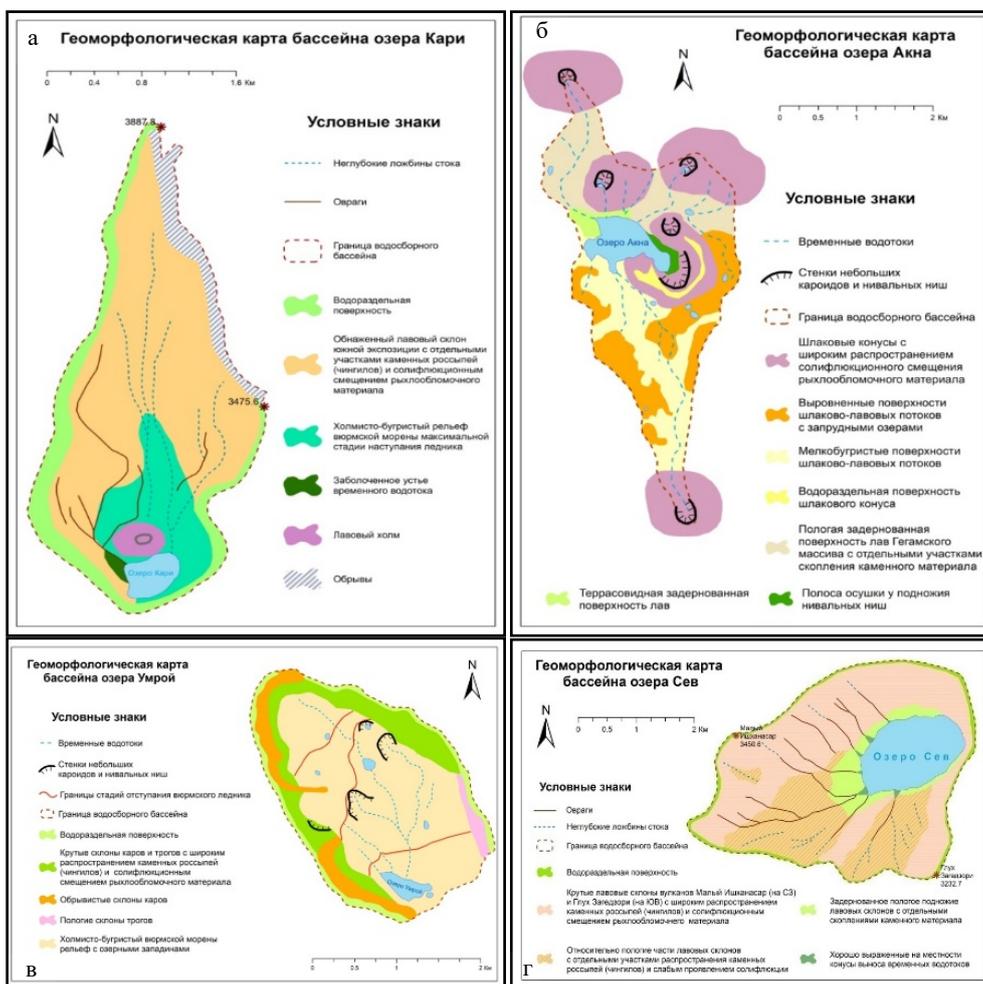


Рис. 3. Геоморфологические карты бассейнов озер: а) Кари; б) Акна; в) Умрой; г) Сев.

В озере Умрой уточненная максимальная глубина составляет 10,9 м (ранее было 6,0 м). По характерному рельефу конечных морен карового ледника здесь мы смогли выделить (впервые не только для участка данного озера, но и для всего Арагаца) четыре стадии отступления ледника последнего оледенения после его максимального продвижения: самое низкое положение –

3100–3000 м, вторая стадия – 3200–3100 м, третья – 3300–3200 м, четвертая – 3400–3300 м. Аналогичные интервалы стадий отступления ледника прослеживаются и по соседним циркам на восточном склоне массива Арагац [10].

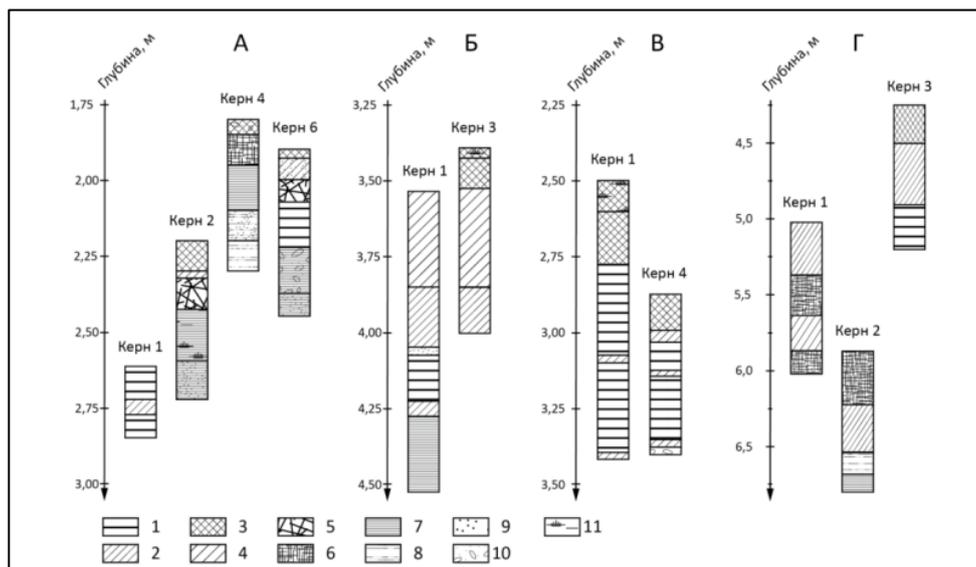


Рис. 4. Наиболее представительные колонки донных отложений озер Кари (А), Умрой (Б), Акна (В), Сев (Г) [6]. Условные обозначения: 1) коричневые и темно-коричневые глинистые слоистые гиттии; 2) то же, однородные; 3) жидкие органогенные гиттии; 4) светло-коричневые однородные гиттии; 5) торф с макроостатками; 6) черные торфянистые гиттии с макроостатками; 7) суглинки слоистые; 8) суглинки однородные; 9) песок; 10) дресва и/или галька; 11) наличие макроостатков.



Рис. 5. “Зацветшая” вода в озере Сев (фото 22.07.2019).

Согласно датировке ^{14}C (радиоуглеродное датирование образцов выполнено в ЦПК “Лаборатория радиоуглеродного датирования и электронной микроскопии Института географии РАН” и в Центре прикладных изотопных исследований Университета Джорджии, США), полученной по базальному слою донных отложений озера Умрой (6285±40 л. н.), образование озерной

котловины, по всей вероятности, произошло в регрессивную фазу отступления ледника стадии Бюль (по альпийской терминологии) – калиброванная датировка составляет 7200 л. н. [11, 12]. По динамике содержания органического вещества для оз. Умрой выделяется 4 периода осадконакопления (в период с 8000–5500 калибр. л. н. до 650 калибр. л. н.): первый период – 12–17% органики, второй – 9–13%, третий – 9–10%, четвертый – 10–15%. После этого (650 калибр. л. н.) начинается рост содержания органики вплоть до современности [9]. На дне озера нет подводной растительности, но много красных мелких рачков.

Вода в озере отличается сравнительно высоким содержанием ионов сульфата и нитрита. Лимитирующим питательным веществом является фосфор. Это может быть связано с наличием подземного течения на дне озера.

В озере Акна уточненная максимальная глубина составляет 12,4 м (вместо прежней 15,0 м). На дне озера имеются густые заросли водорослей, что отмечалось и ранее [3]. Вода в озере отличается сравнительно высокими значениями БПК₅ и ХПК, что свидетельствует о наличии высокого уровня органических соединений в воде. Однако содержание растворенного кислорода всего около 7 мг/л, что достаточно для нормальной жизнедеятельности водного биоразнообразия. Характерный для озера кислородный режим может быть связан с периодическим стоком в него поверхностных вод.

В озере Сев уточненная максимальная глубина составляет 8,5 м (ранее этот параметр составлял 7,5 м). На дне озера много водорослей, есть различные моллюски и рачки. Вода озера периодически “цветет” и становится мутной и зеленовато-голубой. Такое состояние воды в озере было зафиксировано нами в 2018 и 2019 гг. во время полевых исследований (рис. 5).

Гидрохимический режим оз. Сев отличается от предыдущих озер. В его воде наблюдались высокие концентрации ионов гидрокарбоната, хлорида, фосфата, а также высокие концентрации натрия, магния, калия, кальция, стронция и бария. Озеро отличается высоким содержанием фосфора по сравнению с азотом, который является лимитирующим питательным веществом для этого водоема. Содержание органических соединений и мутность воды также высокие, что указывает на активные процессы эвтрофикации в озере.

Выводы. Впервые для ряда высокогорных озер Армении по данным комплексного палинологического анализа реконструированы изменения природной среды в голоцене, созданы цифровые модели озер, удалось уточнить современные морфометрические характеристики озерных котловин, выявить особенности их подводного рельефа и условия накопления донных отложений. Получены данные, свидетельствующие о наличии природных ритмов в развитии высокогорного пояса Армении, измеряемых тысячами лет. Выделен период потепления и увлажнения климата, соответствующий временному отрезку 3000–2000 калибр. л. н., т.е. период широкого распространения лесов и максимальной динамики верхней границы леса. В озерах высокогорного пояса Армении накапливались осадки с максимальным содержанием органического вещества (30–50%). Установлено, что толща донных отложений оз. Кари сформировалась за 4 тыс. лет, а озера Умрой – за 8 тыс. лет. Теплые периоды

с появлением лесной растительности в современном высокогорном поясе наступали даже тогда, когда на территории Армении антропогенный фактор не мог способствовать потеплению климата – в это время еще не существовала современная промышленность с выбросами в атмосферу парниковых газов. Можно утверждать, что современное потепление климата на Земле – это не результат выброса парниковых газов объектами промышленности, а всего лишь природный ритм.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-55-05008 и при финансовой поддержке Комитета науки МОНКС РА в рамках научного проекта № 18RF-045.

Поступила 17.02.2022

Получена с рецензии 05.04.2022

Утверждена 14.04.2022

ЛИТЕРАТУРА

1. Бойнагрян В.Р. Высотная поясность склоновых процессов в горах Армянского нагорья и некоторые особенности развития их склонов. *Геоморфология* **4** (1990), 49–57.
2. Киреева М.С. *Озеро Кара-гель на Арагаце*. Материалы по изучению озер Кавказа и их ихтиофауны. Труды Севанской озерной станции. Тифлис, **III** : 2 (1933), 3–34.
3. Арнольди Л.В. *Озеро Канлы-гель. Бассейн озера Севан (Гокча)*. Ленинград, **II** : 2 (1931), 255–264.
4. Погосян Д.А. *Сельскохозяйственная оценка природных ресурсов территории Армянской ССР*. Ереван, АН Арм. ССР (1986), 221 с.
5. Чилингарян Л.А., Мнацаканян Б.П., Агабабян К.А., Токмаджян А.В. *Гидрография рек и озер Армении*. Ереван (2002), 47 с.
6. Sapelko T., Voynagryan V., Naumenko M., Sevastyanov D., Gabrielyan I., Piloyan A., Margaryan L., Alecsandrin M., Terekhov A. First Multi-proxy Studies of High-mountain Lakes in Armenia: Preliminary Results. *Geography, Environment, Sustainability (GES)* **12** (2019), 272–284.
<https://doi.org/10.24057/2071-9388-2019-87>
7. Сапелко Т.В., Габриелян И.Г., Лудикова А.В., Кулькова М.А., Кузнецов Д.Д., Бойнагрян В.Р. *Новые данные по голоценовой истории Малого Кавказа по результатам исследования озера Кари в Армении. Биогеография и эволюционные процессы*. Материалы LXVI сессии Палеонтологического общества при РАН. СПб., Картфабрика ВСЕГЕИ (2020), 205–206.
8. Лудикова А.В., Сапелко Т.В., Кузнецов Д.Д., Науменко М.А., Бойнагрян В.Р. История развития и современное состояние высокогорного озера Кари (Армения) по данным диатомового анализа. *Вопросы современной альгологии* **2** (2019), 229–232.
[https://doi.org/10.33624/2311-0147-2019-2\(20\)-229-232](https://doi.org/10.33624/2311-0147-2019-2(20)-229-232)
9. Кузнецов Д.Д., Сапелко Т.В., Лудикова А.В., Бойнагрян В.Р. *Голоценовая динамика органикоаккумуляции в озерах Кари и Умрой (Армения). Динамика экосистем в голоцене*. Материалы V Всероссийской конф. с международным участием. Москва, Медиа-ПРЕСС (2019), 170–171.
10. Бойнагрян В.Р. Изученность древнего и современного оледенения Республики Армения. *Ученые записки ЕГУ. Геология и география* **54** (2020), 99–107.
<https://doi.org/10.46991/PYSU:C/2020.54.2.099>

11. Севастьянов Д.В., Сапелко Т.В., Науменко М.А., Бойнагрян В.Р. *Высокогорные озера как индикаторы ритмики природных процессов. LXXII Герценовские чтения.* СПб. (2019), 491–496.
12. Севастьянов Д.В., Сапелко Т.В., Науменко М.А., Бойнагрян В.Р. Ритмика природных процессов в районе массива Арагац (Армения) по данным изучения озера Умрой. *Вестник Московского университета. Серия 5. География* 1 (2021), 16–26.

Վ. Ռ. ԲՈՅՆԱԳՐՅԱՆ

ՆՈՐԱԳՈՒՅՆ ՏՎՅԱԼՆԵՐ ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԲԱՐՃՐԱԼԵՆՈՒՄՅԻՆ
ԼՃԵՐԻ ՇԱՐՔՈՒՄ

Ա մ փ ո փ ու մ

Ներկայացված են նոր տվյալներ Հայաստանի բարձրլեռնային չորս լճերի (Քարի, Ումրո, Ակնա և Սև) համապարփակ հետազոտություններից: Առաջին անգամ այդ վերակառուցվեցին լճերի՝ համար բնության միջավայրի փոփոխությունները հոլոցենում պալիոլոգիական անալիզի տվյալներով, կառուցվել են դրանց թվային մոդելները, հնարավոր եղավ ճշտել նաև լճային ավազանների ժամանակակից մորֆոլոգիական բնութագրիչները, բացահայտել նրանց հատակային ռելիեֆը և լճերում հատակային կուտակումների պայմանները: Առաջին անգամ լճային ավազանների տարբեր խորություններից հավաքվել են հատակային կուտակումներից կեռներ և իրականացվել է էխոլոտային հետազոտություններ: Ճշտվել են լճային ավազանների ռադիոածխաթթվային ժամանակագրությունը և ներկայացվել դրանց կառուցվածքը: Կառային սառցադաշտերի վերջնային մորեններին բնորոշ ռելիեֆից ելնելով՝ հնարավոր եղավ առաջին անգամ առանձնացնել Ումրո գետի տարածքի և ընդհանրապես Արագածի սառցադաշտերի նահանջների չորս մակարդակ՝ վերջին սառցապատումից առավելագույն առաջընթացից՝ ամենացածր դիրք՝ 3100–3000 մ, երկրորդ մակարդակ՝ 3200–3100 մ, երրորդ մակարդակ՝ 3300–3200 մ, չորրորդ մակարդակ՝ 3400–3300 մ: Բացահայտվել են տվյալներ, որոնք վկայում են Հայաստանի բարձրլեռնային գոտիներում, որոնք չափվում են հազարամյակներով, բնության ռիթմերի առկայության մասին: Առանձնացվել է կլիմայի տաքացման և խոնավացման շրջան, որը համապատասխանում է 3000–2000 տարի առաջ եղած ժամանակագրական բաժանմանը, այսինքն՝ անտառների լայն տարածման և դրանց առավելագույն զարգացման սահմաններին: Լճերում կուտակվել է օրգանական տեղումների առավելագույն քանակ (30–50%): Հաստատվել է, որ Քարի լճի հատակային կուտակումների հաստությունը ձևավորվել է 4000 տարվա, իսկ Ումրո գետինը՝ 8000 տարվա ընթացքում: Անտառային բուսականության առաջացման տաք շրջանը ժամանակակից բարձրլեռնային գոտում տեղի է ունեցել անգամ այն ժամանակ, երբ Հայաստանի տարածքում անթրոպոգեն փաստը չէր կարող նպաստել կլիմայի տաքացմանը, քանի որ դեռևս արդյունաբերությունը այս չափերի ջերմոցային գազեր մթնոլորտ չէր արտանետվում: Կարելի է պնդել, որ կլիմայի տաքանումը արդյունաբերական օբյեկտների՝ ջերմոցային գազեր մթնոլորտ արտանետելու հետևանք չէ, այլ ընդամենը բնության ռիթմ:

V. R. BOYNAGRYAN

THE LATEST DATA ON A NUMBER OF HIGH-ALTITUDE
LAKES OF ARMENIA

Summary

New results of complex studies of four high-altitude lakes of Armenia (Kari, Umroy, Akna and Sev) are presented. For the first time, changes in the natural environment in the Holocene were reconstructed for these lakes according to complex palynological analysis, their digital models were created as well. The modern morphometric characteristics of lake basins were clarified and the features of underwater relief and conditions for the accumulation of bottom sediments in lakes were identified. For the first time, bathymetry of lake basins and sampling of bottom sediment cores from different depths were carried out. Radiocarbon dating of lake sediments and an idea of their structure were obtained. According to the characteristic relief of the terminal moraines of the cirque glaciers, it was possible to distinguish four stages of retreat of the glacier of the last glaciation for Aragats area after its maximum advance: the lowest position is 3100–3000 *m*, the second stage is 3200–3100 *m*, the third stage is 3300–3200 *m*, the fourth stage is 3400–3300 *m*. The data testifying to the presence of natural rhythms in the development of the highland belt of Armenia, measured for thousands of years have been revealed. The period of warming and humidification of the climate corresponding to the time interval of 3000–2000 Cal years ago is highlighted, i.e. the period of widespread forests and maximum dynamics of the upper forest boundary. Precipitation with a maximum content of organic matter (30–50%) accumulated in the lakes of the mountainous belt of Armenia. It is proven that the thickness of the bottom sediments of Lake Kari was formed in 4000 years, and in Lake Umroy – in 8000 years. Warm periods with the appearance of forest vegetation in the modern high-altitude zone occurred even when the anthropogenic factor could not contribute to climate warming on the territory of Armenia – at that time there was no modern industry with greenhouse gas emissions into the atmosphere. It can be argued that the current warming of the climate on Earth is not the result of the emission of greenhouse gases by industrial facilities, but only a natural rhythm.