

ТИПОЛОГИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ВЫСОКОГОРНЫХ КАРСТОВЫХ ОЗЕР КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОЙ РЕСПУБЛИКИ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ПО ЗООПЛАНКТОНУ

M.Kh. Pezheva, S.Ch. Kazanchev, E.T. Avalishvili

TYPOLOGICAL CLASSIFICATION OF MOUNTAINOUS KARST LAKES OF KABARDINO-BALKARIAN REPUBLIC BASED ON ZOOPLANKTON DATA

Пежева М.Х. – канд. биол. наук, доц. каф. ветеринарно-санитарной экспертизы Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова, г. Нальчик. E-mail: mpiezhieva@mail.ru

Казанчев С.Ч. – д-р с.-х. наук, проф. каф. зоотехнии Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова, г. Нальчик. E-mail: kbgsha@rambler.ru

Авалишвили Е.Т. – асп. каф. зоотехнии Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова, г. Нальчик. E-mail: mpiezhieva@mail.ru

Pezheva M.Kh. – Cand. Biol. Sci., Assoc. Prof., Chair of Veterinary and Sanitary Examination, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, Nalchik. E-mail: mpiezhieva@mail.ru

Kazanchev S.Ch. – Dr. Agr. Sci., Prof., Chair of Animal Husbandry, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, Nalchik. E-mail: kbgsha@rambler.ru

Avalishvili E.T. – Post-Graduate Student, Chair of Animal Husbandry, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, Nalchik. E-mail: mpiezhieva@mail.ru

В работе изложена типология высокогорных карстовых озер Кабардино-Балкарской Республики по зоопланктону. Выделено три возможных подхода к классификации озер: фаунистический, балансовый и структурный. Фаунистический подход к классификации озер: зоопланктон обследованных водоёмов представлен обычными широко распространёнными в холодноводных озерах формами. Всего обнаружено 57 видов, из них Ratoria – 29 видов, Cladocera – 19, Copepoda – 9. При исследовании нами обнаружено значительное сходство в видовом составе зоопланктона всех озер. При балансовом подходе к классификации озер нами получены данные, рассчитанные как на единицу площади, так и на единицу объёма. В первом случае оценивали реальную биомассу. Во втором – степень использования зоопланктона в водной толще. При сравнении биомасс, рассчитанных на единицу площади, на первое место выходят Башкаранские озера (1872 мг/м²). Несколько ниже она в озерах Шадхурей (1389–1222 мг/м²). При структурном подходе для оценки видового разнообразия мы использовали индекс разнообразия. Оказалось, что наименьшие величины индекса (1,86–2,02 биты) свойственны озерам Шадхурей морфометрически (олиготрофные). Несколько

больше (2,86–3,05 биты) – Башкаранским озерам. Испытав три возможности подхода к классификации озер на основе данных по зоопланктону, мы видим, что обследованные водоемы можно группировать, основываясь на оценках как величины биомассы, так и индекса разнообразия, то есть применяя балансовый подход или структурный, или же и тот и другой одновременно.

Ключевые слова: типология, зоопланктон, карстовое озеро, Башкаранские озера, озера Шадхурей, биты, трофия, эвтрофный, дистрофный, морфометрически олиготрофные, морфометрически мезотрофные.

The paper set out a typology of karst mountainous lakes of the Kabardino-Balkarian Republic on zooplankton. Three possible approaches to the classification of lakes: faunistic, balance and structure were highlighted. Faunistic approach to the classification of lakes includes zooplankton surveyed reservoirs represented conventional prevalent in cold water forms lakes. As a whole 57 species, of which Ratoria were 29 species, Cladocera were 19, Copepoda were 9 were found. Making the survey we found considerable similarity in species composition of zooplankton of lakes. At the balance sheet approach to the classification of lakes we

have obtained interesting data, calculated as per unit area and per unit volume. In the former case real biomass, achievable in a given body of water was assessed. In the second the degree of utilization of zooplankton of the water column was found. When comparing the biomass calculated per unit area in the first place was Upper Lake Bashkaransky (1872 mg/m²). Several lakes below it Shadhurey (1389–1222 mg/m²). In a structural approach for the assessment of species diversity, we used the Index of diversity. It was found out that the lowest value of the index (1.86–2.02 bits) was characteristic to Shadhurey lakes morphometric (oligotrophic). A few more (2.86–3.05 bits) Bashkarinskim lakes. Having tested three possible approaches to the lakes classification based on zooplankton data, we see that the surveyed ponds can be grouped basing on estimates of the quantities of biomass and diversity index, i.e., by applying the balance sheet approach or structure, or both this and the other simultaneously.

Keywords: typology, zooplankton, karst lake, Bashkaransky lakes, Lake Shadhurey, bits, trophic, eutrophic, dystrophic, oligotrophic morphometric, morphometric mesotrophic.

Введение. Типология пресных водоемов – одна из важнейших задач гидробиологии, имеющая как чисто теоретическое, так и практическое значение. Наиболее известна и общепризнанна так называемая «трофическая» классификация, разработанная немецкими учеными А.Тинеманом и Е. Науманом [10]. Несмотря на большие успехи, достигнутые при помощи указанной классификации, определить точное положение того или иного озера в трофической системе, как правило, нелегко. К тому же классические типы озер (эвтрофный, мезотрофный, олиготрофный и дистрофный) были установлены для средней полосы, и исследователь при попытке классифицировать многочисленные северные и карстовые озера страны часто сталкивается с невозможностью подвести их под определенный тип или же относит все к олиготрофным (иногда дистрофным) и таким путем обходит необходимость их классификации [4].

Выход из подобных затруднений возможен только при введении количественных оценок понятия «трофия» (трофность). Предложение использовать в качестве единого критерия при типологии водоемов интенсивность первичного

продуцирования [2–4] встретило как широкую поддержку, так и критику.

Указанный подход классификации озер условно можно назвать балансовым и структурным. Необходимо упомянуть еще о третьем подходе, а именно – фаунистическом (флористическом), при котором гидробиолог выясняет приуроченность отдельных видов к различным озерам и выделяет так называемые виды-индикаторы [5].

Хотя все вышеуказанное относилось к классификациям биологическим, необходимо всегда иметь в виду громадное значение морфометрических особенностей водоема для определения его гидробиологического статуса, что и обусловило актуальность исследования.

Цель работы. Провести морфометрическую оценку высокогорных карстовых озер Кабардино-Балкарской Республики в зависимости от видового состава зоопланктона.

Объекты и методы. Группа обследованных озер расположена в основном у подножия Эльбруса. При классификации озер по морфометрии мы пользовались методикой М.И. Владимирской (1956) [2]. Объектами исследования были четыре карстовых озера в горной части у подножия Эльбруса: Башкаринские озера – Верхнее и Нижнее, Шадхурей и Малый Шадхурей. Специальные гидрохимические исследования проводили по методу Н.М. Бессонова, Ю.А. Привезенцева (1987) [1].

Планктонные пробы были собраны сетью Джели (газ№76) в 2008–2010 гг. по три раза в течение лета примерно с трехнедельным интервалом. Пробы брали тотальные по разрезам через озеро (в каждый срок – серия из 10–20 проб).

Фиксацию и обработку проб проводили общепринятыми методами. Сырую массу зоопланктона определяли по методу И.А. Киселева (1956) [6], видовую принадлежность – по А.Н. Липину (1950) [7].

Результаты исследования. Группа обследованных озер относится к карстовым. Башкаринские озера проточные, а Шадхурей и Малый Шадхурей непроточные, из них не вытекает вода. Вода в них чистая, для них характерен неровный рельеф дна со сдвинутыми в одну сторону глубинами. Их основные морфометрические признаки приведены в таблице 1.

Основные морфометрические признаки обследованных озер

Озеро	Максимальная ширина, м	Максимальная глубина, м	Площадь, га
Башкаринские озера:			
Верхнее	840	25	10,8
Нижнее	675	22	8,6
Шадхурей	150	200	1,56
Малый Шадхурей	120	180	1,21

По своему термическому режиму все озера можно разделить на те же группы, какие были выделены по морфометрическим признакам. В глубоких озерах, как правило, хорошо выражена температурная стратификация, в некоторой степени, правда, нарушаемая сильными ветрами. Мелким водоемам обычно свойственна полная гомотермия.

Из-за своего расположения Башкаринские озера семь месяцев в году покрыты льдом. В летний, безледный период температура поверхностного слоя редко превышает 18–19°C. В глубоководных озерах Шадхурей и Малый Шадхурей глубина слоя не прогревается летом выше 10°C. В зимний период озера не покрываются льдом и температура не опускается ниже 6°C.

В классификации озер по морфометрии мы следовали делению, данному при ихтиологических исследованиях С.В. Герд и Н.И. Елистер [5]. Согласно этой классификации, все высокогорные карстовые озера можно отнести к первому типу – к глубоким тектонического происхождения, обычно удлиненной формы со слабо выраженной литоралью и, соответственно, слабым развитием.

Специальные гидробиологические исследования (150 проб в 2011–2012 годах) на озерах свидетельствуют о крайне низкой минерализации и обычно обильном содержании кислорода в Башкаринских озерах и о низком в озерах Шадхурей и Малый Шадхурей.

Зоопланктон обследованных водоемов представлен обычными широко распространенными в холодноводных озерах формами. Всего обнаружено 57 видов, из них: *Rotatoria* – 29 видов,

Cladocera – 19 видов, *Copepoda* – 9 видов (табл. 2).

При глубоком гидробиологическом анализе наблюдается значительное сходство в видовом составе зоопланктона всех озер. Видов, которые бы были свойственны только определенным водоемам и не встречались в других, очень мало, и притом, как правило, виды эти редкие и нельзя ручаться, что они будут найдены при длительном исследовании.

Три вида коловраток – *K. longispina*, *C. unicornis* и *P. minor* – массовые формы во всех обследованных озерах. Численность их измеряется тысячами и даже десятками тысяч экземпляров на 1 м³. Во всех озерах также отмечены, но не везде многочисленны коловратки: *P. vulgaris*, *A. priodonta*, *K. cochlearis*, *B. hudsoni* и кладоцеры: *H. gibberum* и *B. obtusirostris*. Некоторые близкие виды, относящиеся к одному роду, как например, *H. appendiculata* и *H. borealis* или *E. gracilis* и *E. graciloides*, замещают друг друга в разных водоемах. Явление взаимоисключения указанных видов рода *Heteroscore* отмечено также С.Ч. Казанчевым [8, 9], который считает *H. appendiculata* эвритермным видом, а *H. borealis* – холодолюбивым стенотермным. Водоемы Шадхурей и Малый Шадхурей, в которых встречается *H. Borealis*, – глубокие и плохо прогреваемые, а из озер, в которых обнаружен *H. appendiculata*, – два незначительной глубины (см. табл. 1.). Такое распределение видов в озерах подтверждает наши выводы. Что касается упомянутых видов *Eudiaptomus*, то в Башкаринских озерах они встречаются вместе. Наши наблюдения показывают, что *E. graciloides* вносит колебания количества растворенного кислорода в более широких пределах, чем *E. gracilis*.

Таблица 2

Встречаемость планктонных организмов в исследованных озерах

Вид	Башкаринские озера		Оз. Шадхурей	
	Верхнее	Нижнее	Шадхурей	М. Шадхурей
1	2	3	4	5
Ratoria				
Trichotria pocillum	+	+	-	+
Mytilina sp.	-	-	+	+
Keratella cochlearis	+	+	+	+
K. quadrata	+	+	-	+
Notholca labis	-	+	-	+
Notholca acuminata	-	-	-	+
Argonotholca foliacea	-	-	-	+
Kellicottia longispina	+	+	+	+
Lepadella ovalis	-	-	-	+
Lecane luna	+	+	-	-
Lecane arcula	+	-	-	+
L. intrasinuata	-	+	-	+
Lecane lunaris	+	-	-	+
Euchlanis incisa	-	+	-	+
E. lucrsiana	-	+	-	+
Trichocerca parvula	-	-	-	+
T. cylindrica	-	-	-	+
Gastropus stylifer	+	+	+	+
Asplanchna pridonta	+	+	+	+
A. herricki	-	-	+	+
Polyarthra vulgaris	+	+	+	+
Polyarthra minor Voigt	+	+	+	+
Synchaeta stylata	-	-	+	+
Synchaeta sp.	+	+	+	+
Bipalpus hudsoni	+	+	+	+
Ploesoma truncatum	-	-	+	+
Filinia longiseta	-	-	+	+
Conochilus unicornis	+	+	+	+
Collotheca mutabilis	-	-	+	+
Cladocera				
Sida crystalline	-	-	-	+
Holopedium gibberum	+	+	+	+
Daphnia longispina hyalina	-	-	-	+
Daphnia cristata Sars	-	+	+	+
Ceriodaphnia setosa	-	+	+	+
Ophryoxus gracilis	-	-	-	+
Macrothrix hirsuticornis	-	-	+	+
Drepanothrix dentate	-	-	-	+
Eurycercus lamellatus	-	-	-	+
Acroperus harpae	-	-	-	+
Graptoleberis testudinaria	-	-	-	+
Chydorus sphaericus	-	-	+	+
Alona affinis	-	-	+	+
A. quadrangularis	+	+	-	-

1	2	3	4	5
<i>A. rectangula</i> Sars	-	-	-	+
<i>Bosmina obtusirostris</i> Sars	+	+	+	+
<i>Polyphemus pediculus</i>	-	-	+	+
<i>Bythotrephes longimanus</i>	-	-	+	+
<i>Leptodora kindtii</i>	-	-	+	+
Соперода				
<i>Heterocope appendiculata</i>	-	-	+	+
<i>H. borealis</i>	+	+	-	-
<i>Eudiaptomus gracilis</i>	+	+	+	+
<i>E. graciloides</i>	+	+	+	+
<i>Cyclops strenuus</i>	+	+	+	+
<i>Acanthocyclops viridis</i>	-	-	+	+
<i>Macrocyclops albidus</i>	-	-	+	+
<i>Paracyclops fimbriatus</i>	-	-	+	+
<i>Mesocyclops leuckarti</i>	-	-	+	+

Наши исследования свидетельствуют о наличии видов, указывающих на эвтрофный характер озер, однако при этом нами обнаружено, что наилучший показатель типа озер – весь комплекс зоопланктона, и не следует придавать слишком большое значение находке одного какого-либо вида. Из индикаторов эвтрофности в нашем материале отмечены только коловратки *T. cylindrica*, и *F. longiseta*.

Первый и вторые виды представлены единичными экземплярами в пробах из мелководного озера Нижнее (Башкаринское). Олиготрофность озер доказывает присутствие следующих форм: *H. gibberum*, *B. hudsoni*, *D. cristata*. Как уже упоминалось выше, первые два встречены во всех озерах, последняя не найдена только в верхнем Башкаринском озере.

Из сказанного следует, что Башкаринские озера олиготрофные, и, во-вторых, значитель-

ное сходство в видовом составе зоопланктона указанных озер не позволяет классифицировать их более подробно по чисто фаунистическому принципу.

При сравнении различных озер и попытках их классифицировать важно знать биомассу. При этом данные рассчитываются на единицу площади и объема. В первом случае оценивали реальную биомассу, достижимую в условиях данного водоема, во втором – степень использования зоопланктона водной толщи. Сравнение имеющихся у нас данных по всем озерам несколько затруднено тем, что для некоторых озер есть материалы за несколько сроков, а по другим – только одноразовые сборы.

Мы составили данные за вторую половину лета, так как для этого периода имеются пробы из всех обследованных озер (табл.3).

Таблица 3

Биомасса и видовое разнообразие зоопланктона озер (усредненные данные)

Озеро	Тип	Биомасса		Разнообразие, биты/ед.массы
		мг/м ³	мг/м ²	
Башкаринское Верхнее	Олиготрофный	78	1872	3,05
Башкаринское Нижнее	Олиготрофный	77	1693	2,86
Шадхурей	Морфометрический олиготрофный	65	1389	2,02
М.Шадхурей	Морфометрический олиготрофный	64	1222	1,86

Как видно из таблицы 3, наибольшая биомасса (более 1 г на 1 м²) отмечена в Башкаринских озерах (Верхнем и Нижнем). Несколько ниже она в озерах Шадхурей.

При сравнении биомасс, рассчитанных на единицу объема, на первое место выходят Башкаринские. Полученные результаты свидетельствуют, что наибольшая плотность зоопланктона (г/м³) наблюдается в озерах с интенсивным водообменном, где, видимо, «достаточно места» как для фитопланктона, так и для зоопланктона. Биомасса зоопланктона, рассчитанная на единицу площади, обнаруживает четкую тенденцию возрастания с увеличением интенсивности водообмена.

Для оценки видового разнообразия использовали индекс, оценивающий количество информации в системе и впервые предложенный в экологических исследованиях С.В. Герд [3, 4]. Наиболее распространенное нахождение индекса по численности вызывает возражение, так как при малой ценности доля некоторых видов в общей энергетике сообщества может оказаться довольно значительной. Поскольку единство структуры всей экосистемы (а также ее отдельных частей – сообществ) поддерживается потоком энергии через эту систему, то вполне понятно, что наиболее перспективно изучение энергетического разнообразия, при котором оценивается доля каждого вида в общем потреблении энергии сообществом. К сожалению, за неимением энергетических характеристик многих видов приходится идти на компромисс и вычислять индекс по биомассам популяций, составляющих сообщество, считая, что энергетические требования организмов более или менее пропорциональны их массе. Окончательный вид формулы индекса, использованного в нашей работе, следующий:

$$H_b = \sum_{i=1}^S \frac{B_i}{B} \cdot \log_2 \frac{B_i}{B},$$

где H_b – разнообразие пробы (биты/ед. массы);
 B_i – биомасса всех особей i -го вида в пробе;
 B – биомасса особей всех видов в пробе,
 т.е.

$$B = \sum_{i=1}^S B_i,$$

где S – число видов в пробе.

Исследования показали, что индекс разнообразия не оказывается строго константной величиной, свойственной каждому озеру. Значения его могут в некоторой степени меняться как во времени, так и в пространстве. Однако анализ усредненных данных по всем озерам на конец лета позволил выявить определенную последовательность. Оказалось, что наименьшие величины индекса (1,86–2,02 биты) свойственны озерам Шадхурей и М. Шадхурей – морфометрически олиготрофные, а Башкаринские озера несколько больше (2,86–3,05 биты) – морфометрически мезотрофные.

Стремясь лучше разобраться в типологии изучаемых озер, мы пытались учитывать одновременно и величину биомассы, и индекс разнообразия зоопланктона. Как видно из таблиц, анализы соответствуют тотальным пробам из разных озер. Меньшая величина показателя видового разнообразия в морфометрически-олиготрофных условиях по сравнению с морфометрически-мезотрофными отмечена для зоопланктонных сообществ.

Испытав три возможности подхода к классификации озер на основе данных по зоопланктону, мы видим, что обследованные водоемы можно группировать, основываясь на оценках как величины биомассы, так и индекса разнообразия, то есть применяя балансовый подход или структурный, или же и тот и другой одновременно.

Выводы

1. При типологической классификации водоемов необходимо ввести понятие «биоактивность», которое охватывает не только процесс первичного продуцирования, но и процесс продуцирования гетеротрофов, идущий за счет деградации первичной продукции.

2. Исследуемые озера по характеру морфометрически-олиготрофные и мезотрофные. Значительное сходство в видовом составе зоопланктона не позволяет классифицировать их более подробно по чисто фаунистическому принципу.

3. Стремясь лучше разобраться в типологии изучаемых озер, мы пытались учитывать одновременно и величину биомассы, и индекс разнообразия зоопланктона.

4. По типологическому классифицированию все карстовые озера республики можно отнести к первому типу: глубокие тектонического происхождения со слабовыраженной литоралью и слабо развитыми макрофитами.

Литература

1. Бессонов Н.М., Привезенцев Ю.А. Рыбохозяйственная гидрохимия. – М.: Агропромиздат, 1987. – С.130–135.
2. Винберг Г.Г. Значение новых методов лимнологического исследования для разработки типологии озер // Тр. 5-й науч. конф. по изучению внутренних водоемов Прибалтики. – Минск, 1959. – С. 27–33.
3. Винберг Г.Г., Иванова А.И. Опыт изучения фотосинтеза и дыхания в водной массе озера. К вопросу о балансе органического вещества // Тр. лимнол. станции в Косине. – 1965. – Т. 20. – С. 105–112.
4. Герд С.В. О классификации олиготрофных озер Карелии // Изв. Карело-Финской базы АН СССР. – 1947. – № 1-2.
5. Герд С.В., Елстер Н.И. Опыт биолимнологического районирования озер Карелии // Тр. Карел. фил. АН СССР. – 1956. – Вып. 5. – С. 40–48.
6. Киселев И.А. Методы исследования планктона // Жизнь пресных вод СССР. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1956. – Т. 4, Ч. 1. – С. 183–195.
7. Липин А.Н. Пресные воды и их жизнь. – М.: Учпедгиз СССР, 1950. – С. 340–345.
8. Пежева М.Х., Шибзухова З.С., Казанчев С.Ч. [и др.]. Гидробиологическая характеристика карстовых озер Кабардино-Балкарской Республики // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 6.
9. Пежева М.Х., Шибзухова З.С., Казанчев С.Ч. [и др.]. Гидробиологический анализ трофической базы высокогорных озер Приэльбрусья // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 6.
10. Naumann E., Thienemann A. Der Bau des seebeckens in seiner Bedeutung für das Leben im See // Vehr. Zool. Bot. Ges. – 1977. – 77. – P. 31–36.

Literatura

1. Bessonov N.M., Privezenцев Ju.A. Rybohozajstvennaja gidrohimiya. – M.: Agropromizdat, 1987. – S.130–135.
2. Vinberg G.G. Znamenije novyh metodov limnologičeskogo issledovanija dlja razrabotki ti-pologii ozer // Tr. 5-j nauch. konf. po izucheniju vnutrennih vodoemov Pribaltiki. – Minsk, 1959. – S. 27–33.
3. Vinberg G.G., Ivanova A.I. Opyt izuchenija fotosinteza i dyhanija v vodnoj masse ozera. K voprosu o balanse organičeskogo veshhestva // Tr. limnol. stancii v Kosine. – 1965. – T. 20. – S. 105–112.
4. Gerd S.V. O klassifikacii oligotrofnyh ozer Karelii // Izv. Karelo-Finskoj bazy AN SSSR. – 1947. – № 1-2.
5. Gerd S.V., Elster N.I. Opyt biolimnologičeskogo rajonirovanija ozer Karelii // Tr. Ka-rel. fil. AN SSSR. – 1956. – Vyp. 5. – S. 40–48.
6. Kiselev I.A. Metody issledovanija planktona // Zhizn' presnyh vod SSSR. – M.; L.: Izd-vo AN SSSR, 1956. – T. 4, Ch. 1. – S. 183–195.
7. Lipin A.N. Presnye vody i ih zhizn'. – M.: Uchpedgiz SSSR, 1950. – S. 340–345.
8. Pezheva M.H., Shibzuhova Z.S., Kazanchev S.Ch. [i dr.]. Gidrobiologičeskaja harakteristika karstovyh ozer Kabardino-Balkarskoj Respubliki // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. – 2015. – № 6.
9. Pezheva M.H., Shibzuhova Z.S., Kazanchev S.Ch. [i dr.]. Gidrobiologičeskij analiz troficheskoj bazy vysokogornyh ozer Prijel'brus'ja // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. – 2015. – № 6.
10. Naumann E., Thienemann A. Der Bau des seebeckens in seiner Bedeutung für das Leben im See // Vehr. Zool. Bot. Ges. – 1977. – 77. – P. 31–36.