

**СОФИЙСКИ УНИВЕРСИТЕТ „СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ“**

**ГЕОЛОГО- ГЕОГРАФСКИ ФАКУЛТЕТ**

**КАТЕДРА „КЛИМАТОЛОГИЯ, ХИДРОЛОГИЯ И  
ГЕОМОРФОЛОГИЯ“**

**Александър Димитров Василев**

**ХИДРОГЕОГРАФСКИ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ЕЗЕРАТА  
В РИЛА ПЛАНИНА**

## **АВТОРЕФЕРАТ**

**на дисертационен труд за присъждане на образователна и  
научна степен „доктор“**

**Област 4. Природни науки, математика и информатика“,  
Професионално направление: 4.4. Науки за Земята  
Докторантска програма „Хидрология на сушата и водните  
ресурси“**

Научен ръководител: проф. д-р Нели Христова

София, 2023

Дисертационният труд е обсъден и предложен за публична защита от катедра „Климатология, хидрология и геоморфология“ при Геолого-географски факултет на Софийски университет „Св. Климент Охридски“ на 12 януари 2023 г.

Дисертационният труд е в обем 162 страници основен текст, разделен в Увод и три глави, включващи: 54 таблици, 63 фигури, библиография от 132 заглавия – 45 на кирилица и 87 заглавия на английски език. Към дисертацията се включва и едно приложение.

Научно жури:

Проф. д-р Нина Николова

Доц. д-р Биляна Борисова

Доц. д-р Татяна Орехова

Доц. д-р Емилия Черкезова

Доц. д-р Крася Колчева

Публичната защита на дисертационния труд ще се състои на заседание на научното жури на 2023 г. от часа в на Софийски университет „Св. Климент Охридски“.

## Съдържание

УВОД.....	4
Актуалност на темата.....	4
ГЛАВА ПЪРВА: ТЕОРЕТИЧНА ОСНОВА И МЕТОДИ НА	
ИЗСЛЕДВАНЕ .....	5
1.1. Теоретична основа на изследването .....	5
1.2. Методи на изследване.....	6
ГЛАВА ВТОРА: ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ЕЗЕРАТА В РИЛА	
ПЛАНИНА.....	7
2.1. Географско описание на езерата в Рила планина .....	7
2.2. Морфометрично описание на езерата .....	9
2.3.Емпирични зависимости между морфометрични показатели .....	14
ГЛАВА ТРЕТА: ХИДРОГРАФСКО ОПИСАНИЕ НА ЕЗЕРАТА В РИЛА	
ПО ПЛАНИНСКИ ДЯЛОВЕ И РЕЧНИ ВОДОСБОРИ .....	16
3.1. ЕЗЕРАТА В РИЛА ПО ПЛАНИНСКИ ДЯЛОВЕ.....	16
3.1.1. <i>СЕВЕРОЗАПАДНА РИЛА</i> .....	16
Обща характеристика .....	16
Географско описание на езерата .....	16
Морфометрични характеристики на езерата .....	17
Емпирични зависимости между морфометричните показатели .....	18
3.1.2 <i>ЦЕНТРАЛНА РИЛА</i> .....	19
Обща характеристика .....	19
Географско описание.....	19
Морфометрични характеристики на езерата .....	19
3.1.3. <i>ИЗТОЧНА РИЛА</i> .....	22
Обща характеристика .....	22
Географско описание.....	22
Морфометрични характеристики на езерата .....	23
3.1.4. <i>ЮГОЗАПАДНА РИЛА</i> .....	24
Обща характеристика .....	24
Географски характеристики на езерата .....	24
Морфометрични характеристики на езерата .....	24
3.2. ЕЗЕРА В РИЛА ПО РЕЧНИ ВОДОСБОРИ .....	25
ОБОБЩЕНИЕ.....	27
СПРАВКА ЗА ПРИНОСИТЕ.....	28
ПУБЛИКАЦИИ, УЧАСТИЕ В КОНФЕРЕНЦИИ И НАУЧНИ ПРОЕКТИ	
.....	29

## УВОД

### Актуалност на темата

Езерата – естествени водоеми със забавен водообмен и без пряка връзка с море (океан), се явяват елемент на хидрографската мрежа и на глобалната хидроложка система с участие в глобалния и местния водния кръговрат и воден баланс. Първите морфометрични анализи на езерата започват през 1787 г. с определяне на дълбочините на някои езера в Англия. През миналото столетие редица изследвания се основават на данни от целенасочено проведени експедиции. Съвременните научни изследвания разглежда езерата в качеството на геосистеми – съставна част на природните ландшафти, които заедно с езерните водосбори, образуват сложна лимносистема с взаимодействие на хидроложки, хидрофизични, хидрохимични, хидробиологични и други процеси. Между езерата важно място заемат високопланинските водоеми, и особено ледниковите езера – част от криосферата и от природните ландшафти в големи територии от северните части на Европа, Азия, Северна Америка. Интересът към изучаването им в глобален и регионален план е предпоставен от съдържащите се в тях пресни води (Haerberli et al., 2016), от влиянието им върху баланса на ледниковата маса (Benn et al., 2007, Röhl, 2008, Loriaux & Casassa, 2013, Carrivick et al., 2016, Miles et al., 2016), от възможната проява на катастрофални наводнения (Haerberli et al., 1989, Reynolds, 1992, Clague & Evans, 2000, Breien et al., 2008, Westoby et al., 2014, Carrivick & Tweed, 2016), които се считат за най-голямата и най-обширна ледникова опасност по отношение на възможните бедствия и щети (UNEP, 2007). Научноизследователските проучвания на ледниковите езера се свързват още с дългосрочните изменения на климата (Richardson & Reynolds, 2000, Gardelle et al., 2011, Emmer et al., 2016 и др.) и с глобалното затопляне през последните десетилетия (Smol, 2012, Nie et al., 2013, Carrivick & Quincey, 2014, Wang et al., 2014, O'Reilly et al., 2015, Zhang et al., 2015 и др.). Редица изследвания установяват увеличаване на площта и обема на езерата, например в Аляска (Pelto et al., 2013), Западна Гренландия (Carrivick & Quincey, 2014), Централна Азия и в други части на света. Magnuson et al. (1990) отбелязват, че през последните няколко десетилетия се увеличават изследванията на езерата в регионален план. Един от предметите на регионалните изследвания са морфометричните характеристики на езерата (Buckel et al., 2018). Морфометричните показатели – дължина, широчина, дължина на бреговата линия (периметър на езерото), площ на водното огледало, максимална и средна дълбочина) се използват за балансови оценки, за динамичните, термичните, хидрохимичните и биохимичните процеси във водоемите. Морфологичните особености на произход на езерните водоеми, заедно с формата и размерите им определят в голяма степен по-нататъшната им еволюция и продължителност на съществуване.

Първите официални данни за някои морфометрични параметри на езера в Рила планина дават Й. Цвийч (1897) и Ж. Радев (1920). Синьовски (2015) и Цветкова (2019) илюстрират ранното изучаване на езерата (по-конкретно групата Мусаленски езера) чрез картата на Й. Цвийч (1897) и схема, начертана по руска топографска карта. Сведения за езерата през първите десетилетия на ХХ в. дава Делирадев (1928, 1932). Ценни морфометрични данни за езерата в Рила се съдържат в изследванията през 30-40-те години на ХХ в., направени от Вълканов (1932а, 1932б, 1938). През 40-50-те години на миналото столетие теренни измервания на Седемте рилски езера извършва Паунов (1940), а по-късно и алпийските експедиции на ДСО „Академик“ (цит. по Езерата на България, 1964). Лимносистемите в Рила изследва и Воденичаров (1960, 1962). Посочените по-горе изследвания, както и целенасочено извършените измервания през 60-70-те години на ХХ в., са обобщени в „Езерата на България“ (1964). В книгата се описват с различна степен на детайлност морфометричните показатели, както и термичната стратификация, хидрохимичните особености и биологичната специфика на езерните водоеми. В „Езерата на България“ (1964) за 140 езера в Рила са публикувани данни за неморската височина, за площта на езерните водосбори и на водното огледало, за 89 езерни водоема се дават сведения за езерния воден обем, а за 54 езера – максималната дълбочина. Публикуваните данни дават основа за сравнение с някои от резултатите в настоящото изследване, което от своя страна е предпоставка за

проследяване на еволюцията на езерата от една страна и за анализ на изменения на климата във високопланинските хипсометрични пояси през последните 60 години.

Най-новите морфометрични данни за езера в Рила са публикувани през 2014 г. за групата на Мусаленските езера (Александров и Стоянова, 2014). Въз основа на теренни измервания с ешелот (върху специална лодка) и на ГИС е получен цифров модел и батиметрична карта на Каракашево езеро (Александров и Стоянова, 2014).

Езерата в Рила са изучавани в различен контекст: като геотопи от Цветкова (2016, 2019), при проучванията за ледниковите форми от Йован Цвийч през (цит. по Синьовски, 2015, Цветкова, 2019), Радев (1920), Иванов (1954), Гловня (1956, 1962, 1968), Велчев (1999), на почвено-геоморфоложки проучвания (Янакиев, 1956), на геоложки изследвания (Петрусенко и др., 1966, Арнаудов, 2001), на хидрохимични (Ботев, 2000) и хидробиоложки анализи (Бешкова, 2000, Hristozova et al., 2004, Kalchev et al., 2004, Ognianova-Rumenova et al. 2017 и др.).

**Обект на изследване** в настоящата работа са високопланинските езера, езерни групи и езерни системи в Рила планина, а **предмет на изследване** – географските и хидрографските характеристики на езерните водоеми в Рила.

#### **Цел и задачи**

Цел на дисертационната работа е морфометрично описание на езерата и установяване на зависимости между морфометрични показатели, обособяване на езерни системи.

За достигане на поставената цел се изпълняват следните **задачи**:

- Аналитичен обзор на географските характеристики, на абсолютните и относителните морфометрични показатели, на хидрофизичните и хидрохимичните характеристики на езерните водоеми, прилагани в изследователските проучвания
- Теренни наблюдения, измервания на морфометричните параметри на езера по сателитни изображения и изчисляване на относителните морфометрични характеристики на езерата.
- Установяване и анализ на статистически значими връзки между отделни морфометрични показатели
- Описание на езерата в границите на Рила, по планински дялове и речни водосбори.

#### **Териториален обхват на изследването**

В тази част на дисертацията е представена кратка информация за заледряванията в Рила, за климата, хидрографската структура и хидроложките процеси..

#### **Ограничения на изследването**

Ограничения при разработването на настоящата дисертационна работа поставя:

а) възможността преките наблюдения и измервания да се извършват само през летните месеци, защото езерата замръзват и снежната покривка, която се задържа за продължителен период от време над тях не позволява теренни измервания; б) купуването на сонар за изследване на дълбочината през втората година от тригодишния период за разработване на дисертационната тема; в) разположението на някои езера в труднодостъпни места, поради което направеното описание на много високопланински езера включва само основни характеристики, свързани с площта, дължината и ширината на водното огледало; липсата на хидрометричен мониторинг не дава възможност за изчисляване на воднобалансовите елементи и проследяване на хидроложкия режим в годишен и многогодишен аспект.

## **ГЛАВА ПЪРВА: ТЕОРЕТИЧНА ОСНОВА И МЕТОДИ НА ИЗСЛЕДВАНЕ**

### **1.1. Теоретична основа на изследването**

Теоретична основа на настоящото дисертационно изследване е описанието на езерата по различни признаци – морфогенетични (произход на езерните котловини), хидрографски, хидроложки, хидрофизични, хидрохимични, хидродинамични и хидробиологични, възприети в научната лимноложка литература. Прегледът на

научните изследвания показва, че в повечето от направените проучвания, измерените и изчислените характеристики за езерата се използват за класифициране на езерните водоеми по един или повече признаци или за систематизирането на знанията от една страна, и за разкриване на разнообразието и уникалността на езерата, от друга страна. Морфометричните характеристики на езерата се разделят на две групи: данни, получени от теренни измервания; данни, изчислени по данните от теренните изследвания (Welch, 1948, Hutchinson 1957, Olson, 1960, Wetzel & Likens, 2000). От първата група са площ, обем, максимална дълбочина, дължина и широчина на водното огледало, дължина на бреговата линия. Във втората група най-важни са относителната дълбочина, средната широчина, развитието на бреговата линия.

## 1.2. Методи на изследване

В настоящото изследване се използват теренни наблюдения и измервания, метод на класификацията и статистически методи (описателна статистика, честотен и корелационен анализ).

1.2.1. *Теренни наблюдения и измервания.* Собствените наблюдения и измервания са направени през летните и есенни месеци на 2019–2022 г., когато езерата не са замръзнали и имат свободна водна повърхност. Географските характеристики са направени, чрез теренни наблюдения с часовниците: Suunto ambit 3 и Polar V800 Javier Gomez Noya, технологията на които позволява прецизно описание на маршрута, чертаене на полигони, измерване на географската ширина и дължина, надморска височина. Дълбочината на езерата е определена чрез Трилъчев Sonar Deeper (фиг. 1). Уредът, има обхват на измерване до 90 m чрез GPS, може да измерва температурата на езерата, както и да сканира и изработва батиметрични карти т.е. да показва релефа на езерното дъно. При част от процедурите по измерване на езерното дъно е използвана специално пригодена лодка D11 RC Boat Fish Finder, с помощта на която се достигат и най-недостъпните точки от езерата (фиг. 2). През 2021 г. са направени заснемания и с дрон.



**Фиг. 1. Трилъчев безжичен Сонар Deeper Smart Sonar Chirp+      Фиг. 2. Лодка D11 RC Boat Fish Finder**

Съществено значение в настоящият труд са измерванията с инструментите на програмата Google Earth (Google Earth Pro) върху закупени от тях сателитни изображения.

Приложен е метод на класификацията, за определяне на класове (възприетата таксономична единица) по отделните морфометрични показатели.

Статистическите методи в настоящото изследване са използвани при общата характеристика на езерата в Рила, както и при описание на езерните групи. Към тях се отнасят дескриптивната статистика, корелационния анализ и клъстерния анализ. В хода на работата по дисертацията е приложен корелационният анализ за изследване на връзките и зависимостите между някои от измерените и изчислените морфометрични параметри. Използвана е обикновена линейна корелация на Пийърсън, защото се изследва връзката между две величини.

В настоящата работа е приет следния подход за описание на езерата в езерни системи. С езерна система се означава група езерни водоеми, които се свързват помежду си чрез водни потоци. Основание за подобно разграничение дава

същността (определението) на понятието система – елементи, които се свързват един с друг и образуват определена цялост. В конкретния случай, езерата, свързани помежду си чрез водотоци, функционират хидроложки в съответствие със степента на зависимост едно от друго. Езерната група е съвкупност от езера, развити в близост едно до друго, но без пряка връзка между тях. На всички езерни системи са присвоени наименования: например „Долна Водничалска, езерна система „Гьолско Бачийска“ езерна система „Големи Рибни“, езерна система „Теодосиево Джендемска“ и др., описани във втора глава на настоящата дисертационна работа.

## ГЛАВА ВТОРА: ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ЕЗЕРАТА В РИЛА ПЛАНИНА

В настоящата работа се описват географски и морфометрично 173 езера на територията на Рила планина. Повечето от езерните водоеми, обект на настоящото изследване се отнасят към циркусните ледникови езера и са разположени в трогови долини поединично, в езерни системи или езерни групи. Останалите езера заемат котловинни понижения в тектонични нарушения (Езерата в България, 1964).

### 2.1. Географско описание на езерата в Рила планина

*Географски координати.* Езерата в Рила са разположени от север на юг между 42.262° с.ш. (ез. Паничище) и 42.019° с.ш. (ез. Плиткото), а от запад на изток – между 22.226° и.д. (ез. Малко Градинско) и 23.749° и.д. (ез. Равничалско). Най-голям брой езера (73,2% от всички изследвани езерни водоема в Рила) са съсредоточени между 42.119° с.ш и 42.219 с.ш.

*Наименование на езерата.* От направените проучвания се установи, че редица езера в Рила нямат собствени имена, а са наречени Първо..., Второ.... (Езерата в България, 1964). Наименованието на някои езера отразява хидроложките и морфометричните характеристики на водоема, други езера носят името на съседен връх, трета група езера отразяват привързаността им към речния водосбор, в който се намират. В настоящото изследване се предлагат наименования на следните езера: ез. Додово (от групата Урдини езера) – по името на в. Додов; Високо Урдино, поради най-високото му разположение в групата Урдини езера; езерата Голямо Караомеричко, Средно Караомеричко, Малко Караомеричко и Най-малко Караомеричко от групата Караомерички (Караомеришки) езера, получили наименования по място в езерната група и по заемащата площ.

*Езерни групи, езерни системи, единични езера.* Настоящото изследване установява 41 езерни групи, 22 езерни системи и 20 единични езера. Езерните групи са съставени от два до десет езерни водоема, при преобладаване на езерните групи, в които се включват по три езера (13 езерни групи) и по две езера (11 езерни групи) или общо 58,5% от всички езерни групи. Осем езерни групи включват четири езера, три езерни групи – пет езера, една езерна група – шест езера, три езерни групи – седем езера, една езерна група – осем езера и една езерна група (Горнопрекоречки) – 10 езера. Броят езерни групи са разпределени сравнително равномерно по планинските дялове на Рила, при най-голям брой в Централна Рила. Най-големите езерни групи по брой езера са в Северозападна Рила (табл. 1).

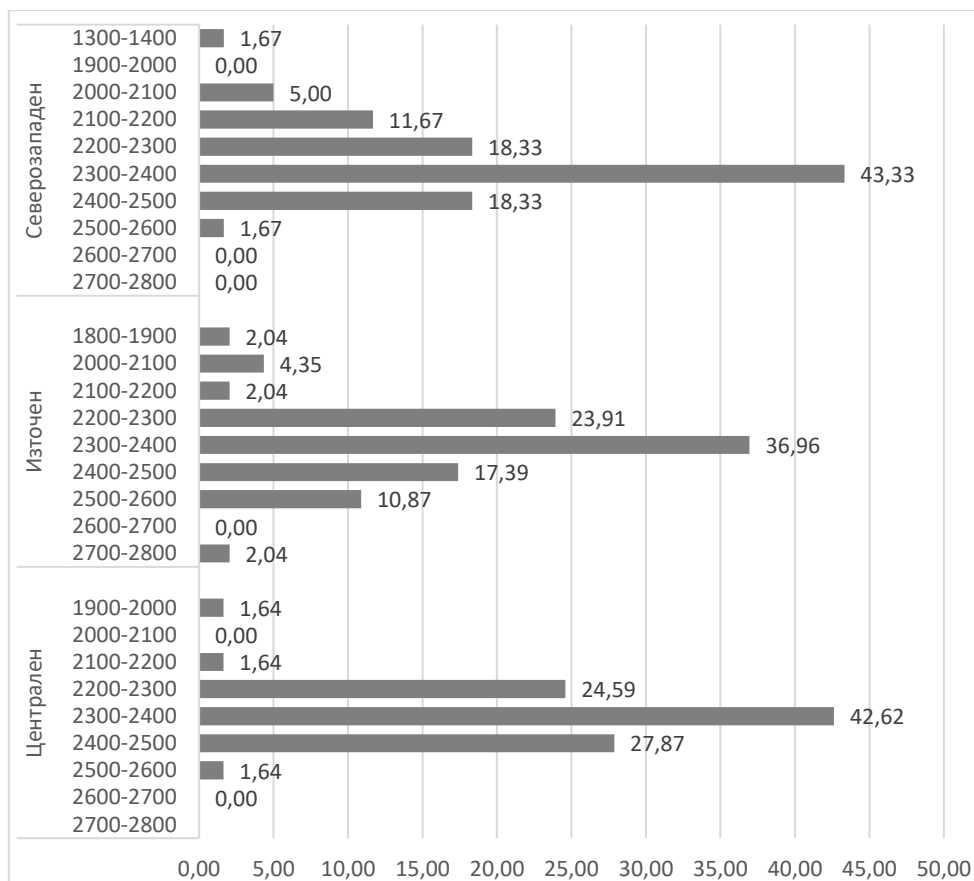
**Таблица 1**  
**Брой езерни групи и единични езера по дялове на планината Рила**

Дял	Единич- ни езера	Брой езера в езерна група							Общо брой езерни групи	
		2	3	4	5	6	7	8	Брой	%
Северозападен	6	2	6			1	1	2	12	29,3
Централен	4	7	3	4	2		1		17	41,5
Източен	7	3	4	3	5		1		12	29,3
Югозападен	3	–	–	–	–	–	–	–	–	–

В Рила планина се идентифицират 22 езерни системи с различен брой езера – между две и седем езерни водоема, свързани помежду си чрез водни потоци. В езерна система се обвързват езера от езерните групи Седемте рилски езера, Поповокапски, Маломальовишки, Воденичарски, Маричини и др. Най-многобройни са езерните системи, съставени от две езера – напр. езерните системи „Воденичарска“, „Големи рибни“, „Голямо Баненска“, „Гьолско Бачийска“, „Теодосиево Джендемска“ и др. Разпределението на езерните системи е сравнително равномерно по планински дялове: в Северозападна Рила – 11 езерни системи, в Централна (Средна) Рила – осем езерни системи, съставени от два езерни водоема; в Източна Рила – три езерни системи. Единичните езера в Рила – 20. Повечето единични езера се намират в северозападния и източния планински дялове (табл. 1). Изследванията на географското разпределение на езерата в Рила показват почти еднакъв брой езерни водоема в Северозападен – 60 и в Централен дял – 61 езера, което съставлява общо 69,9% от всички естествени водни тела в изучаваната планина ( по 35,3% и по 34,7%, съответно във всеки от двата планински дяла). В Източна Рила са развити 49 езерни водоема (28,3% от всички езера), а в Югозападна Рила – три езера (1,7% от общия брой езера в Рила).

*Надморска височина на езерата.* Проучванията в настоящия труд показват, че езерата в Рила са разположени между 1381,0 m (ез. Паничище) и 2713,0 m (ез. Ледено Мусаленско) със съсредоточаване на почти половината (41,7%) от тях между 2300,0 и 2400,0 m. Височинното разположение на езерата над 2000 m дава основание да бъдат означени като високопланинския тип езера (Александров & Стоянова, 2014). Изследването показва най-много езера – 68 на брой, представляващи 42,0% от всички езерни водоема в Рила, са разположени между 2300 и 2400 m, а най-малко в хипсометричните пояси с височина до 2000 m (езерата Паничище и Сухото при Рилски Манастир) и над 2700 m (Ледено Мусаленско). С еднакъв относителен дял е броят езера във височинните пояси 2200–2300 m и 2400–2500 m – 37 езерни водоема. Докато общата площ на планината непрекъснато намалява с увеличаване на надморската височина, броят на езерата и площта достигат връх около 2400 m, което е свързано с контрола на ледниковата динамика върху появата на високопланинските езера и хипсометрията, а не площта. Разпределението на броя на езерата в Рила по височинни пояси се запазва и в отделните дялове на планината, при по-висок относителен дял в Северозападна Рила (45,6% от всички изследвани езера), и по-малък в Централна Рила (41,7%) и Източна Рила (36,9% от всички изследвани езера). Сходно разпределение с това в цялата планина показва броя езера във височинните зони 2200–2300 m и 2400–2500 m в Северозападен и Централен дял, но различно в Източна Рила, където между 2200 и 2300 m са съсредоточени 23,9% от всички езера, а между 2400 и 2500 m – 17,4% (фиг. 3).





**Фиг. 3. Разпределение на езерата по надморска височина и планински дялове**

## 2.2. Морфометрично описание на езерата

*Площ на езерата.* Езерните водоеми в Рила планина имат площ ( $F$ ) на водното огледало между 0,05 ha ( $0,478 \text{ m}^2$ ) – ез. най-малко Караомеричко, и 25,7 ha ( $257\,723 \text{ m}^2$ ) – ез. Смардливо -2, разположени в централния планински дял. Средната площ на езерата в Рила е 1.53ha, при квадратично отклонение ( $\sigma$ ) – 2.93 и коефициент на вариация ( $C_v$ ) – 1,91 (табл. 2).

**Таблица 2** Описателна статистика на площта на езерата в Рила по площ и дялове

Площ ( $\text{km}^2$ )	Рила	Планински дял			
		СЗ	Централен	Източен	ЮЗ
Средна стойност	1.53	1.59	1.86	1.14	0.39
Медиана	0.53	0.69	0.50	0.43	0.42
$\sigma$	2.93	2.39	4.03	1.78	0.18
$A_s$	4.95	5.15	4.67	3.47	-0.94
$F_{\max}$	22.7	9.49	25.77	10.25	0.55
$F_{\min}$	0.05	0.07	0.059	0.12	0.18
$C_v$	1.91	1.50	2.18	1.55	0.38

Анализът на данните от дескриптивната статистика за площта на езерата по планински дялове показва най-малка средна площ за езерните водоеми в Източна Рила, а най-голяма средна площ на езерата в Централна Рила. Най-малки са колебанията между площите на най-голяма и най-малка площ в северозападната част на Рила. Разпределението на езерата в Рила по площ показва 113 или 65,3% от всички езера, са с повърхност на водното огледало до 1,0 ha. Най-малка е групата на езерата с площ над 9,0 ha, към която група се отнасят езерата Смардливо-2, Горно Рибно, Рибно Якорудско, Бъбрека, Калин-1 и Калин-2. Разпределение на езерата по площ до 1,0 ha се запазва приблизително и по планински дялове. Изключение е централната част на Рила, в която между най-малките езера преобладават, тези с

площ между 0,2 и 0,3 ha, както и по-големият брой езера в северозападния и източния дял с площ 0,3 и 0,4 ha (табл. 3).

**Таблица 3. Разпределение (%) на езерата с площ до 1,0 ha в Рила и планинските ѝ дялове по площ**

Площ (ha)	Рила	Планински дял			
		СЗ	Централен	Източен	ЮЗ
0-0.1	6.2	8.3	10.0		33
0.1-0.2	24.7	27.8	20.0	28.6	
0.2-0.3	15.9	8.3	25.0	14.3	
0.3-0.4	20.35	22.2	17.5	22.9	
0.4-0.5	7.1	2.8	7.5	11.4	33
0.5-0.6	5.3	5.6	5.0	2.9	33
0.6-0.7	4.4	11.1	2.5	2.9	
0.7-0.8	4.4	2.8	5.0	8.6	
0.8-0.9	7.1	8.3	7.5	5.7	
0.9-1.0	4.4	2.8	10.0	2.9	

Общата езерна площ на езерата по езерни групи е в границите между 0.25 ha за езерна група Леевщански и 36.33 ha за езерна група Седемте Рилски езера. С най-голям дял – 23,8% в общата езерна площ (237,82 ha) на езерата в Рила са езерните групи съставени от три езера, които са и най-многобройна част в сравнение с останалите езерни групи. Със сходен относителен дял – 22,6% в общата езерна площ са езерните групи, съставени от седем езера (Джендемски, Мусаленски и Седемте Рилски), както и езерните групи, съставени от четири езера – 20,7%. Най-голямата езерна група – Горно Прекоречки, съставена от 10 езерни водоема, е с обща площ 4,7 ha.

Разпределението на езерата по площ и надморска височина показва, че най-малките езерни водоема с площ до 1,0 ha, са развити преобладаващо между 2200 и 2500 m и с най-голямо съсредоточаване между 2300–2400 m (45 езерни водоема от общо 109 или 41,3% от езерата в този клас) и по-малко на височина между 2400 и 2500 m (30 езерни водоема) и между 2200 и 2300 m (22 езерни водоема от общо 109). Сходно съсредоточаване на голям брой езера с еднаква площ в една височинна зона 2300–2400 m се наблюдава при езерата с площ между 1,0 и 2,0 ha (фиг. 4). Не се наблюдава закономерност в разпределението на езерата в Рила по площ и надморска височина – езерата с площ над 2,0 ha са развити между 2100 и 2600 m. Разпределението на езерата по площ (до 1,0 ha) и надморска височина в отделните планински дялове се запазва като това за водоемите в цялата планина с изключение на Централна Рила, в която най-големият брой езерни водоема с тази площ са равномерно разпределение между 2300–2400 m и 2400–2500 m.

СЗ	Планински дялове												
	0-1,0	1,0-2,0	2,0-3,0	3,0-4,0	4,0-5,0	5,0-6,0	...	7,0-8,0	8,0-9,0	9,0-10,0	10,0-11,0	17,0-18,0	25,0-26,0
1300-1399													
1900-1999		1											
2000-2099	1	1											
2100-2199	5		1	1		1							
2200-2299	6	6	2	1				1					
2300-2399	16	16	2							3			
2400-2499	7	7				1							
2500-2599	1												
2700-2799													

**Фиг. 4. Разпределение (брой) на езерата в Рила по площ и надморска височина по планински дялове**

*Максималната дълбочина.* Максималната дълбочина на езерата в Рила планина по данните от „Езерата в България“ (1964) е в границите 1,0 m (ез. Второ Малко Баненско и ез. Смардливо-3) и 37,5 m (ез. Окото). Голяма е групата на езерните водоеми с максимална дълбочина до 7,0 m, към която се включват 72,7% от езерата. Най-малък (10,9%) е относителният дял на много плитките езера; почти еднакъв относителен дял имат средно дълбоките (29,2%), дълбоките (21,8%) и много

дълбоките езера (23,6%). Относителният дял на много дълбоките езера е над относителния дял за цялата планина в Източна Рила и в Централния планински дял. Всички много плитките и плитките езера са с площ до 2,0 ha, с изключение на ез. Грънчар (Голямо), което е с площ 5,6 ha. Средно дълбоките езера се включват във всички градации по площ до 4,0 ha. Дълбоките езера са преобладаващо с площ от 2,0 до 4,0 ha.

*Дължина на езерата.* Дължината на водното огледало ( $L$ ) на езерата в Рила е между 36.0 m (ез. Малко Червиво) и 876 m (ез. Смарливо 2) при средна стойност 155.6 m (табл. 4). Със средна дължина, по-голяма от средната за цялата изследвана територия са само езерата в Централна Рила. Най-големи са вариациите между максималната и минималната стойност на дължината на водното огледало при езерата в Централния планински дял, а най-малка е разликата между граничните стойности на този морфометричен показател в Югозападна Рила.

**Таблица 4. Описателна статистика на дължината на езерата в Рила и по дялове**

Дължина (m)	Рила	Планински дял			
		СЗ	Централен	Източен	ЮЗ
Средна стойност	155.6	154.5	170.7	141.3	101.7
Медиана	113	123	115	104	112
$\sigma$	124.5	113.9	156.4	90.9	18.8
$A_s$	2.76	1.93	2.83	1.93	-1.73
$L_{max}$	876	611	876	486	113
$L_{min}$	36	37	36	50	80
$C_v$	0.80	0.73	0.91	0.64	0.15

Данните за едновременното разпределение на езерата по клас дължина и площ разкриват увеличаване на дължината им с нарастване на тяхната площ. Всички езерни водоема с много малка дължина (до 80 m), с малка дължина (между 80 и 113 m) и повечето езера (59,0%) със средна дължина се включват в клас много малки по площ езера (до 1,0 ha). По-малко от (38,6%) се отнасят към езерата с площ между 1,0 и 2,0 ha. Между големите по дължина езера (между 187 и 398 m) с най-голям дял са тези, с площ между 2,0 и 3,0 ha. Много големите по дължина езера са с площ над 7,0 ha (табл. 5).

**Таблица 5. Разпределение на езерата (брой) в Рила по дължина и площ**

Клас по дължина	Площ (ha)												
	0-1,0	1,0-2,0	2,0-3,0	3,0-4,0	4,0-5,0	5,0-6,0	...	7,0-8,0	8,0-9,0	9,0-10,0	10,0-11,0	17,0-18,0	25,0-26,0
Много малки – до 80 m	44	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Малки – 80.1–113.0 m	43	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Средни – 113.1-187 m	26	17	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Големи – 187.1–398 m		8	12	8	2	4							
Мн. големи – над 398,1 m							–	1	1	3	1	1	1

*Широчина на езерата.* Широчината на водното огледало ( $B$ ) на езерата в Рила е между 17.0 m (ез. Малко Реджепско) и 390 m (ез. Смарливо-2) при средна стойност 95.9 m. Широчината е с по-малки колебания между максималната и минималната стойност, което показва и коефициента на вариация 0,71. Друга разлика в сравнение с дължината на водното огледало е по-голяма средна стойност на широчина на езерата в Северозападния дял от средната за Рила, и по-малките коефициенти на вариация в сравнение с дължината на езерата (табл. 6).

**Таблица 6**  
**Описателна статистика на езерата по широчина в Рила и по планински дялове**

Широчина- В (m)	Рила	Планински дял			
		СЗ	Централен	Източен	ЮЗ
Средна стойност	95.9	103.0	94.9	89.6	54.3
Медиана	72.0	80.0	68.0	70.0	55.0
$\sigma$	68.8	73.4	73.3	57.8	14.0
$A_s$	1.63	1.45	1.87	1.21	-0.21
$B_{\max}$	390.0	346.0	390.0	273.0	68.0
$B_{\min}$	17.0	26.0	17.0	23.0	40.0
$C_v$	0.71	0.71	0.77	0.64	0.21

Разпределението на езерата по широчина и площ показва съсредоточаване на много малките (с широчина до 45 m) и малките езерни водоеми (с широчина 45,1 до 72,0 m) в групата на езерата с площ до 1,0 ha (табл. 7).

**Таблица 7**  
**Разпределение (брой) на езерата в Рила по широчина и площ**

Класове по широчина	Площ (ha)												
	0-1,0	1,0-2,0	2,0-3,0	3,0-4,0	4,0-5,0	5,0-6,0	...	7,0-8,0	8,0-9,0	9,0-10,0	10,0-11,0	17,0-18,0	25,0-26,0
Много малки – до 45 m	46												
Малки – 45.1–72.0 m	41												
Средни – 72.1–129 m	26	16		1									
Големи – 129.1–242 m		9	13	7	2	3			1				
Много големи – над 242 m						1		1		3	1	1	1

Повечето езера (60,5% от цялата група) със средна широчина имат също площ до 1,0 ha, по-малко са тези (37,2%) с площ между 1,0 и 2,0 ha. Големите по широчина езера са преобладаващо в групата с площ между 2,0 и 3,0 ha (38,2%) и по-малко с площ между 1,0 и 2,0 ha (26,5 %).

Разпределението на езерата по широчина и дължина показва най- голям брой езерни водоеми в клас много малки и по двата морфометрични показателя. Много малките по широчина езера се намират преобладаващо (71,7% от езерата в тази група) в клас много малки по дължина, и имат по-нисък относителен дял (26,1%) в клас малки по дължина. Само едно езеро (Смрадливо-4) от много малките по широчина е със средна дължина между 113 и 187 m. Много големите езера по ширина се включват към класовете големи и много големи по дължина и оформят група от седем езера, много големи и по двете изследвани морфометрични характеристики. Изключение е само едно езеро (ез. Окото), което е много голямо по широчина и голямо по дължина.

*Продълговатост на езерата.* Продълговатост на водното огледало –  $K_{прод}$ . (отношението между дължината и средната широчина на водното огледало) показва средната стойност за езерата в Рила 2,59 и варира в границите между 1.54 (ез. Първо Ковачко) и 5.89 m (ез. Малко Мъртво Якорудско). Получените резултати свидетелстват за овална или кръгла форма на повечето езера – 134 от общо 173 или 77,5%. Езерата с преобладаващо овална или кръгла форма се включват във всички класове на езерата по дължина на водното огледало. Този резултат може да се обясни с неправилната форма на редица езера.

*Дължина на бреговата линия.* Дължината на бреговата линия ( $S$ ) на езерата в Рила е в границите 110 m (ез. Най-малко Караомеричко) и 2933 m (ез. Смрадливо-2) при средна стойност 503.8 m (табл. 8). Изследваният морфометричен показател е с големи вариации между максималната и минималната стойност на езерната брегова линия –  $C_v = 0,78$ .

**Таблица 8. Описателна статистика на езерата в Рила по дължината на бреговата линия**

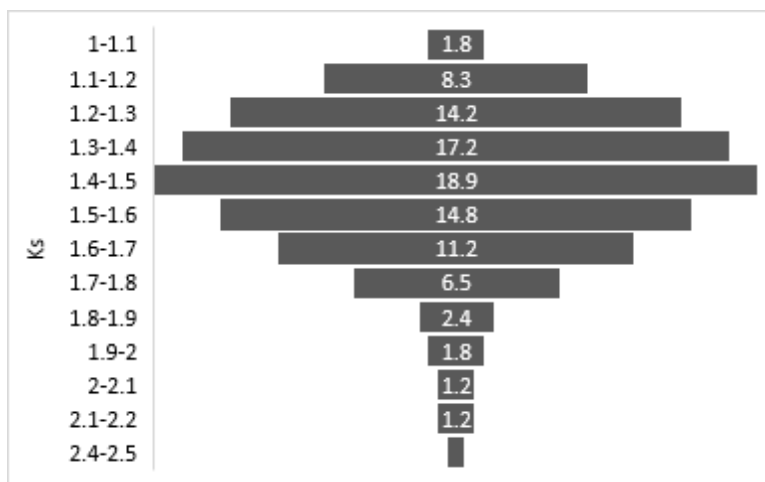
Дължина на бреговата линия - (S) (m)	Рила	Планински дял			
		СЗ	Централен	Източен	ЮЗ
Средна стойност	504.6	524.4	530.6	456.5	367.0
Медиана	392.0	414.0	388.0	350.0	336.0
$\sigma$	394.2	386.5	467.0	309.0	86.8
$A_s$	2.80	2.15	3.11	2.06	1.40
$S_{max}$	2933.0	2215.0	2933.0	1569.0	465
$S_{min}$	110.0	155.0	110.0	164.0	300
$C_v$	0.78	0.74	0.87	0.67	0.19

Разпределението на езерата по дължина на бреговата линия и площ показва съсредоточаване на много малките (с дължина на бреговата линия до 256 m), малките (с дължина на бреговата линия от 256 до 391 m) и средните езерни водоеми на изследваната морфометрична характеристика в групата на езерата с площ до 1,0 ha. По-малко от групата на средните езерни водоеми (34,9 %) са с площ между 1,0 и 2,0 ha. Около една трета (34,1%) от езерата, големи по дължина на бреговата линия (между 608 и 1240 m), са съсредоточени в групата с площ между 2,0 и 3,0 ha (табл. 9).

**Таблица 9. Разпределение (бр.) на езерата в Рила по дължина на бреговата линия и площ**

Класове по дължина на бреговата линия		Площ (ha)													
		0-1,0	1,0-2,0	2,0-3,0	3,0-4,0	4,0-5,0	5,0-6,0	...	7,0-8,0	8,0-9,0	9,0-10,0	10,0-11,0	17,0-18,0	25,0-26,0	
Много малки	до 256	44													
Малки	256.1–391	42													
Средни	391.1–608	27	15	1											
Големи	608.1–1240	1	8	12	8	2	3		1						
Много големи	над 1240						1			1	3	1	1	1	

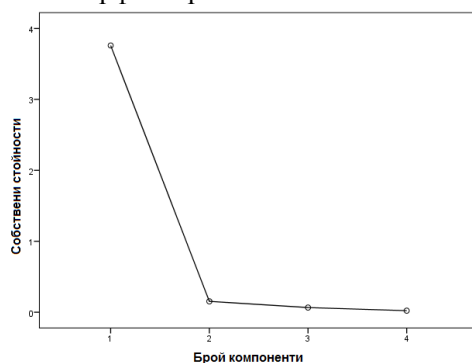
*Коефициент на развитие на бреговата линия.* Коефициентът на развитие на бреговата линия ( $K_s$ ) на езерата в Рила е със средна стойност 1.48, между 1,07 (ез. Малката Паница) и 2,44 (ез. Второ Калинско) (фиг. 5). В клас езера със слабо разчленени брегове са една пета от езерата както в цялата планина, така и по планински дялове, с изключения на Югозападния дял, където няма езеро със слабо развити брегове.



**Фиг. 5. Разпределение (%) на езерата по коефициент на развитие на бреговата линия**

### 2.3. Емпирични зависимости между морфометрични показатели

Емпиричните зависимости между морфометричните параметри се описват адекватно от линейни и нелинейни регресионни модели и потвърждават тъждествени проучвания. Разпределението на езерата в равнинните региони според Seekell et al. (2013) се извършва по степенен закон, а за езерата в планинските райони не важи това правило тъй като размерът на езерните водоеми се влия от релефа. Статистическият тест Kaiser-Meyer-Olkin (КМО) е 0,72 ( $>0,50$ ) доказва адекватност на изходните данни, а Bartlett's Test е 0,00 ( $<0,001$ ), т.е. морфометричните показатели са достатъчно силно корелирани. Двата статистически теста дават основание за прилагане на факторния анализ. Последващите статистически процедури показват, че разпределението на дисперсията между изследваните морфометричните показатели откроява площта на езерната водна повърхност като основен, главен фактор за останалите измерени и изчислени показатели (собственото значение, т.нар. eigenvalue е 4,743, по-голямо от 1,00). Тестът за адекватност – тестът на Kaiser-Meyer-Olkin (КМО) е със стойност 0,86, т.е. по-голям от 0,05. Резултатите от факторния анализ за един основен фактор, който влияе върху морфометричните параметри се потвърждава от т.нар. scree plot – графика, която показва броя фактори, които, влияят върху изследваните морфометрични показатели на езерата в Рила (фиг. 6).



Фиг. 6. Scree plot на факторния анализ

Статистическата значимост на корелацията между изследваните параметри поради големият брой променливи е тествана при  $\alpha = 0,01$  (двустранен критерий), означени в таблица 10 със съкращението sig. от significant.

Таблица 10

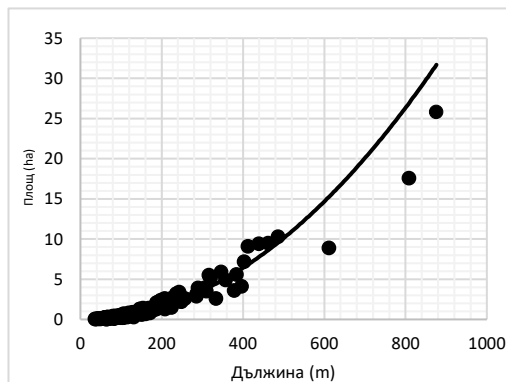
Корелационна матрица на някои морфометрични показатели

Показатели	<i>L</i>	<i>B</i>	<i>L</i> <sub>бр.л.</sub>	<i>F</i>	<i>H</i>	
<i>R</i>	<i>L</i>	1,00	0,905	0,977	0,938	-0,191
	<i>B</i>	0,905	1,00	0,914	0,851	-0,190
	<i>L</i> <sub>бр.л.</sub>	0,977	0,914	1,00	0,931	-0,204
	<i>F</i>	0,938	0,851	0,931	1,00	-0,157
	<i>H</i>	-0,191	-0,190	-0,204	-0,157	1,00
<i>Sig.*</i>	<i>L</i>		,000	,000	,000	,007
	<i>B</i>	,000		,000	,000	,008
	<i>L</i> <sub>бр.л.</sub>	,000	,000		,000	,005
	<i>F</i>	,000	,000	,000		,023
	<i>H</i>	,007	,008	,005	,023	

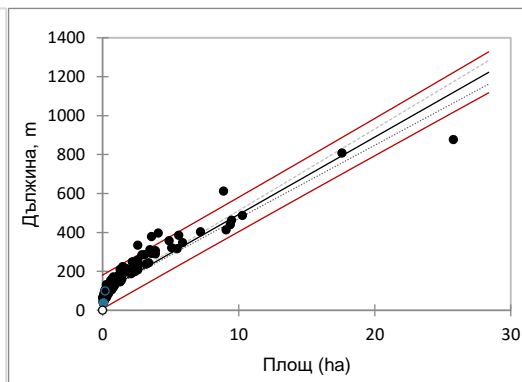
Връзките между изследваните статистически параметри първоначално се представят графично чрез нелинейна регресия, след което се изработват линейни регресионни модели с доверителни граници, начертани в червен цвят и с граници в сив цвят на валидирания модел.

Връзката между площта и дължината на езерата при нелинейна регресия има криволинеен вид и показва увеличаване на дължината на водното огледало с нарастване на площта във вид на степенна функция и с коефициент на корелация 0,938. Отклонения от изравнителната линия показват данните на езерата

Смрадливо-2, Близнака, сухото (при Рилски манастир), Голямо Манастирско (Черното гьолче) и Йозола (фиг. 7). Линейният регресионен модел има вида, представен на фиг. 8 извън доверителните граници остават данните за морфометричните показатели на езерата Смрадливо-2, Близнака, Грънчар (Голямото), Равничалско (Белмекенско) и Голямо Калинско. Причина за посочените отклонения, независимо, че не са статически значими, отново трябва да се търси в антропогенната намеса и по-конкретно в изграждането на събирателна деривация (1995г.) и увеличаване на площта на ез. Грънчар и на преградна стена на яз. Равничалско (Белмекенско).



**Фиг. 7. Нелинейна регресия между площта и дължината на езерата в Рила**



**Фиг. 8. Регресионен модел на връзката между площта и дължината на езерата в Рила**

Връзката между дължината и широчината на езерата е с коефициент на корелация  $-0,91$  и показва, че с увеличаването на дължината нараства и широчината на езерната водна повърхност при по-бързо увеличаване на дължината в сравнение с широчината.

Връзката между дължината на водното огледало и дължината на бреговата линия е най-тясна в сравнение с останалите, с коефициент на корелация  $0,98$  и на детерминация  $0,95$  и модел на линейна регресия.

#### Изводи

1. Географските характеристики на езерата в Рила показват:

- Разликата в географските координати на изследваните езерни водоема е  $0,243^\circ$  по отношение на географската ширина и по-малка  $-0,10^\circ$  по отношение на географската дължина;

- Лимнонимите в Рила имат различна етимология, но с различия в отделните научни и научно-популярни източници, както и повтарянето на някои наименования (напр. Сухото), което налага допълнителни пояснения към всяко от тях

- Езерата в Рила образуват езерни групи и езерни системи вследствие на техния произход и по-конкретно на заемането на циркуси, както и самостоятелни езера; езерните групи са съставени от два до десет езерни водоема, а езерните системи, или езерата обвързани помежду си с водни потоци, съставени от две до седем езера; езерните групи по брой имат относително равномерно разпределение в отделните планински дялове, с изключение на югозападния дял, за разлика от езерните системи, почти всички от които развити в северозападната и централната част на Рила; единичните езера се намират най-вече в северозападния и източния планински дялове.

- Езерата в Рила са разположени преобладаващо над  $2000$  m, факт, който ги поставя в групата на високопланинските, а някои от тях и в така нар. отдалечени езера поради трудната достъпност до тях; съсредоточаването на почти половината от езерните водоема между  $2300,0$  и  $2400,0$  m подсказва за местата на най-интензивна екзарация във височинно отношение, при това едновременно във всички планински дялове без югозападния; надморската височина на езерата е косвен

показател за младата им възраст, както и за особеностите в термиката на тези водоеми.

2. Морфометричните характеристики на езерата в Рила разкриват:

- Езерата в Рила са преобладаващо с площ до 1,0 ha (65,3% от изследваните 173 езерни водоема) или близки до средната стойност (1,54 ha) на този показател за цялата планина, при големи различия между най-малкото и най-голямото водно огледало; с площ над 7,0 ha в Рила са осем езера; размерът на водните огледала е тясно свързан типа езерна котловина, която включва повечето езерни водоеми към типа циркусни ледникови езера; резултатите подчертават значението на регионалната хипсометрия за разпределението на площта на езерата.

- Езерата в Рила имат средна дължина на водното огледало 155 m при голяма разлика между измерените крайни стойности; всички езерни водоеми с много малко и малка дължина се характеризират и с много малка площ; съсредоточаването на голям брой езера в посочената категория отново се обвързва с разположението на повечето от тях в циркуси.

- Широчината на езерата в Рила се колебае в по-тесни граници около средната стойност 95.9 m спрямо дължината; преобладават езерата с много малка и малка широчина, при много малка група на езерата с много голяма широчина, което е в съответствието с релефната форма, която заемат.

- Езерата в Рила по продълговатост (удълженост) на водното огледало се приближават в по-голямата си част да кръгла или слабо продълговата форма, обяснимо с кресловидните понижения, които заемат повечето от тях.

- Дължината на бреговата линия на езерата в Рила варира в широки граници подобно на характеризираните по-горе морфометрични показатели, но при повечето подсказва за слабо разчленени брегове, което се обяснява с устойчивостта на скалите, малките водни маси и слабо проявената хидродинамика.

- Коефициентът на развитие на бреговата линия е единственият морфометричен показател с най-малки вариации между най-голямата и най-малката негова стойност.

- Чрез статистически тестове и нелинейна и линейна регресия се доказва, че площта на езерната водна повърхност е основен, главен фактор за останалите измерени и изчислени морфометрични показатели; статистическите параметри, и по-точно коефициентът на вариация, на измерените морфометрични характеристики показва също, че установената диференциация е по-тясна свързана с размера на езерните водоеми, отколкото с дълбочината.

## **ГЛАВА ТРЕТА: ХИДРОГРАФСКО ОПИСАНИЕ НА ЕЗЕРАТА В РИЛА ПО ПЛАНИНСКИ ДЯЛОВЕ И РЕЧНИ ВОДОСБОРИ**

### **3.1. ЕЗЕРАТА В РИЛА ПО ПЛАНИНСКИ ДЯЛОВЕ**

#### **3.1.1. СЕВЕРОЗАПАДНА РИЛА**

##### **Обща характеристика**

Северозападна Рила се разделя във високопланинската си част на планинските дялове Мальовишки, Дамгски, Калински, Отовишки и Кабулски, а в ниската част, т.нар. Лакатнишка Рила – на два дяла (северен и южен). В изследвания район се описват 60 езера, организирани в 12 езерни групи, в състава на които се включват 10 езерни системи и 20 езера, както и шест езера извън езерните групи.

##### **Географско описание на езерата**

*Географски координати.* Между изследваните езера в Северозападна Рила, най-южно разположено е ез. Додово ( $42.1691^{\circ}$  с.ш.), най-северно – ез. Паничище ( $42.2626^{\circ}$  с.ш), най-западно – ез. Малко Градинско ( $23.2263^{\circ}$  и.д.), най- източно разположено – ез. Жълтия гьол ( $23.2263^{\circ}$  и.д.).

*Езерни групи, езерни системи, единични езера.* Езерата в Северозападна Рила са неравномерно разпределени по планински дялове. В Мальовишки дял на Северозападна Рила се намират 27 езера (45% от всички езера), в Дамгски дял – 10



езера (17%), в Кабулски дял – девет езера (15%), в Отовишки дял – осем езера (13%), в Калински дял – шест езера (10% от всички езера. Езерата в Северозападна Рила образуват 12 езерни групи, съставени от две до десет езера и 11 езерни системи, които включват между две и седем езера. Езерните групи Седемте рилски езера, Поповокапски, Маломальовишки и Мальовишки се явяват едновременно и езерни системи, защото езерата са свързани помежду си чрез водни потоци. Най-голям брой езерни системи се откриват в Мальовишки дял на Северозападна Рила.

В границите на Северозападна Рила са присвоени имена на следните езерни водоема: ез. Додово (по името на в. Додов) и ез. Високо Урдино (по разположението му спрямо останалите езера) от езерна група Урдини; ез. Малко Еленско от езерна група Еленски; ез. Прекорещко (по името на в. Прекорещ) и ез. Малко Свинско (по размера на площта в сравнение със Свинско езеро) от езерна група Горнопрекорещки.

*Надморска височина на езерата.* Всички езера в Северозападна Рила са разположени над 2000 m, с изключение на ез. Паничище (1380 m). Най-ниско разположено от останалите езера, на 2080 m, е ез. Свинско от групата Свински езера, а най-високо разположено – 2533 m, ез. Сълзата от Седемте рилски езера. Средната надморска височина на езерата в Северозападна Рила е 2304m. Разпределението на езерата по надморска височина е сходно с това в цяла Рила.

### Морфометрични характеристики на езерата

*Площ на езерата (F).* Езерата в Северозападна Рила имат средна площ на водното огледало 1,59 ha, между 0,073 ha – ез. Четвърто Горно Прекорещко, и 9,49 ha – ез. Бъбрека (табл. 11). Общата им площ е 95,22 ha.

**Таблица 11**

**Описателна статистика на езерата в Северозападна Рила**

Статистически показател	Морфометричен показател					
	F (ha)	L (m)	B		Брегова линия	
			B (m)	B <sub>cp</sub>	S	K <sub>s</sub>
$\bar{x}$	1,59	154,6	103,0	68,9	524,4	1,49
$M_e$	0,69	123,0	80,0	52,9	414,0	1,44
$\sigma$	2,39	114,0	73,4	51,1	386,5	0,27
$A_s$	2,41	1,93	1,45	1,45	2,15	1,16
$E_x$	5,15	35	1,98	1,63	5,96	2,16
$C_v$	1,50	0,73	0,71	0,74	073	0,18

Площта на езерата в Северозападна Рила е с най-големи различия (разсейване) в сравнение с останалите морфометрични показатели – коефициентът на вариация ( $C_v$ ) е 1,50. Най-голям брой езера – 16 (26,6% от всички езера) с площ под 1,0 ha, са съсредоточени във височинната зона 2300–2399 m и около два пъти по-малко на брой езера във височинните зони 2200–2299 m и 2400–2499 m. Езерата с площ под 1,0 ha преобладават във всички планински дялове при най-голям брой от тях в Мусаленски дял. Най-големите по площ езера са развити в планинските дялове Кабулски и Калински.

*Дължина на езерата.* Дължината на водното огледало (L) на езерата в Северозападна Рила е между 37,0 m (ез. Четвърто Горно Прекорещко езеро) и 611,0 m (ез. Близнака) при средна стойност 154 m.

*Широчина на езерата.* Езерата в Северозападна Рила имат средна стойност на широчината (B) на езерната водна повърхност 103 m, варираща между 26 m (ез. Седмо Горно Прекорещко) и 250,0 m (ез. Бъбрека), при изключване на двата язовира от анализа (яз. „Калин-1“ и „Калин-2“). Установява се концентрирането на езерата в групите „много малки“, „средни“ и „големи“ по двата морфометрични показателя.

*Максимална дълбочина.* Максималната дълбочина на езерата в Северозападна Рила по данните от „Езерата в България“ (1964) е със средна стойност 7,88 m и варира в границите 1,1 m (ез. Средно Мальовишко) и 37,5 m (ез. Окото), между 25 езера с данни за този морфометричен показател. Най-дълбоките езера от преки измервания и публикувана в „Езерата в България“ (1964) се намират в Кабулския дял на Северозападна Рила и включват четири от Седемте Рилски езера (Долно

(Черно), Близнака, Бъбрека и Окото) и езерото Малка Паница от групата Урдини.

*Продълговатост на езерата.* Коефициентът на продълговатост на водното огледало ( $K_{прод.}$ ) е със средна стойност 2,37 и варира между 1,52 (ез. Йончево) и 4,47 (ез. Седмо Горно Прекоречко от групата Горно Прекоречки езера) при коефициент на вариация 0,27. Коефициент на продълговатост над 3,0 се установява за езерата Сълзата и Близнака от Седемте Рилски езера, езерата Страшно и Седмо Горно Прекоречко от групата Горно Прекоречки езера и други.

*Дължината на бреговата линия ( $S$ )* на езерата в Северозападна Рила варира между 155 m (ез. Високо Урдино) и 2215 m (ез. Близнака) при средна стойност 524.4 m и коефициент на вариация 0.78. Честотното разпределение показва съсредоточаване на най-голямброй езера в интервалите 100–299 m и 300–499 m.

*Коефициент на развитие на бреговата линия* Коефициентът на развитие на бреговата линия ( $K_s$ ) на езерата в Северозападна Рила е между 1,07 (ез. Малката Паница) и 2,44 (ез. Голямо Калинско) при средна стойност 1,49. Най-голям е броят на езерата – 25 (41,7%), с коефициент на развитие на бреговата линия между 1,25 и 1,50. С неправилна форма и със средно разчленена брегова линия в Северозападна Рила, са езерата Близнака ( $K_s = 2,08$ ), Трето Средно Воденичарско ( $K_s = 2,19$ ) и Голямо Калинско ( $K_s = 2,44$ ). В данните, публикувани в „Езерата в България“ (1964) не се открива информация за  $K_s$  над 2,00. Възможна причина е разликата в измерванията на площта и дължината на езерното водно огледало на посочените по-горе три езера.

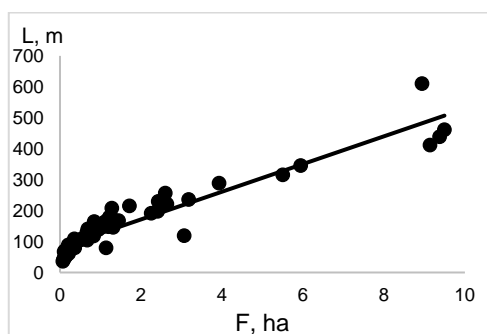
#### Емпирични зависимости между морфометричните показатели

Аналитичният вид на изследваните зависимости е представен в табл. 12. Графичният вид на връзката между площта и дължината на водното огледало, както и между площта и широчината на езерата, показва отклонения от линията, изравняваща точките, за ез. Близнака, язовирите „Калин 1“ и „Калин 2“ (фиг. 9).

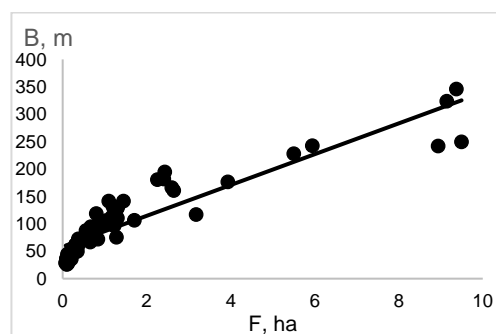
Таблица 12

Корелационна матрица между морфометрични показатели

Показатели	$F$	$L$	$B$	$S$	$K_s$	$B_{cp}$
$F$	1,00	0,952	0,917	0,930	-0,150	0,934
$L$	0,952	1,00	0,905	0,976	-0,121	0,908
$B$	0,917	,905	1,00	0,895	-0,233	0,970
$S$	0,930	0,976**	0,895*	1,00	0,046	0,880
$K_s$	-0,150	-0,121	-0,233	0,046	1,00	1,00
$B_{cp}$	0,934	0,908	0,970	0,880	-0,311	1,00



а)



б)

Фиг. 9. Връзка между: а) площ ( $F$ ) и дължина ( $L$ ); б) площ ( $F$ ) и широчина ( $B$ ) на езерата в Северозападна Рила

По причините, изложени по-горе, се наблюдават отклонения от изравняващата линия и при зависимостите между площ ( $F$ ) и обиколка на езерата ( $S$ ) и между дължина и широчина на езерата (фиг. 9). Най-тясна зависимост се установява между периметър ( $S$ ) и дължина ( $L$ ) и площ и дължина на езерата, и в по-малка степен между периметър ( $S$ ) и максимална ширина ( $B$ ).

### 3.1.2 ЦЕНТРАЛНА РИЛА

#### Обща характеристика

Централна Рила е обособена от долините на реките Рилска и Леви Искър (от запад), Черни Искър (от север), Бели Искър (от изток), Илийна (от юг). В тези граници се обособяват шест планински дяла – Скакавишки, Маринковишки, Шишковишки, Канарски (в. Канарата, разположен на главния вододел), Рилецки и Бричеборски.

#### Географско описание

*Географски координати.* Между изследваните 61 езера в Централна Рила, най-южно разположено е ез. Голямо Реджепско езеро ( $42.079502^{\circ}$  с.ш.), най-северно – ез. Йозола ( $42.181100^{\circ}$  с.ш), най-западно – ез. Плитко Манастирско (Непостоянно) ( $23.410014^{\circ}$  и.д.), най-източно разположено – ез. Четвърто Ковачко езеро ( $23.574785^{\circ}$  и.д.).

*Разпределение на езерата по езерни групи и езерни системи.* Езерата в Централна Рила са неравномерно разпределени по планински дялове. В Бричеборски дял на Централна Рила се намират пет езера (8,20% от всички езера), в Канарски дял – 18 езера (29,51%), в Маринковишки дял – 16 езера (26,23%), в Рилецки дял – 12 езера (19,67%), в Скакавишки дял – пет езера (8,20% от всички езера) и в Шишковишки дял – 4 езера (6,56% от всички езера). Езерните водоеми в Централна Рила образуват 17 езерни групи, съставени от две до седем езера. Най-голям брой езерни групи – шест, са разположени в Канарски дял на Централна Рила В Бричеборски дял самостоятелно езеро е Сухото езеро (Рилски манастир). В Скакавишки дял и Шишковишки дял езерата са самостоятелни и не образуват езерни системи. В Централна Рила се идентифицират осем езерни системи, които включват по две езера. Най-голям брой езерни системи се откриват в Рилецки дял на Централна Рила – „Теодосиево Джендемска“, „Рилецко Джендемска“ и „Северно Джендемска“. В Канарски и Маринковишки дял се обособяват по две езерни системи, съответно: „Зеленовръшка“ и „Синьо Караомеричка“ и „Долна Водничалска“ и „Големи Рибни“. В Бричеборски дял е обособена една езерна система „Гьолско Бачийска“ езерна система. В Скакавишки дял и Шишковишки дял езерата не са свързват помежду си и не образуват езерни системи. В границите на Централна Рила е присвоено името на езерен водоем: Плитко Манастирско езеро (Непостоянно).

*Надморска височина на езерата.* Всички езера в Средна Рила са разположени над 2000 m, с изключение на ез. Сухото езеро (Рилски манастир) (1912 m). Най-ниско разположено, на 2132 m, е ез. Йозола, а най-високо – 2501 m, ез. Първо Водничалско езеро от Водничалска езерна група. Най-голям брой езера в Централна Рила – 26 (42,6% от всички езерни водоеми) е съсредоточен между 2300 и 2400 m. Средната надморска височина на езерата в Централна Рила е 2348,4 m. Съсредоточаването на най-голям брой езера във височинната зона 2300–2400 m, както и разпределението на езерата по височинни зони в цялата изследвана територия, се запазва по планинските дялове на Централна Рила Най-големи хипсометрични различия в разположението на езерата – между най-ниско и най-високо разположеното, се установяват в Бричеборски дял на Централна Рила, а най-малки – в Шишковски дял.

#### Морфометрични характеристики на езерата

*Площ на езерата.* Езерата в Централна Рила имат площ ( $F$ ) на водното огледало между 0,0478 ha – ез. Най-малко Караомеричко езеро и 25,7 ha – ез. Смарадливо езеро 2, при средна стойност 1,86 ha. Всички езера, по праговите стойности за класификация на езерата по площ, се отнасят към групата на „много малки по площ“ ( $0,1 - 1,0 \text{ km}^2$ ). Най-големите различия (разсейване) на площта в сравнение с останалите морфометрични показатели – коефициент на вариация ( $C_v$  е 1,50) е косвено е доказателство за геоморфоложките процеси, които конфигурират езерата. Най-голям брой езера (65,57% от всички езера) с площ под 1,0 ha, са съсредоточени във височинните зони 2300–2399 m и по-малко във височинните зони 2200–2299 m и 2500–2600 m.

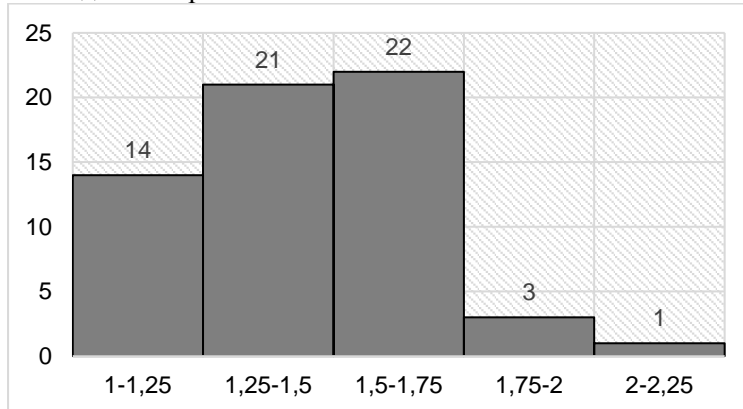
*Дължина на езерата.* Дължината на водното огледало ( $L$ ) на езерата в Централна Рила е между 36,0 m (ез. Малко Червиво) и 876,0 m (ез. Смарадливо езеро

2) при средна стойност 170 m. Преобладават езера с дължина между 36,0 m и 99,0 m (40,98% от езерата) и 100,0 m и 199,0 m (32,79 % от всички езера).

**Широчина на езерата.** Широчината на езерата ( $B$ ) варира между 17 m (ез. Малко Реджепско) и 390 m (Смрадливо езеро 2) при средна стойност 95 m. Честотното разпределение по този морфометричен показател, показва групиране на езерните водоеми в първите два класа. Не се установява закономерност в изменението на широчината ( $B$ ) и средната широчина ( $B_{cp.}$ ) на езерата с увеличаване на надморската височина, както и в разпределението по планински дялове на Централна Рила.

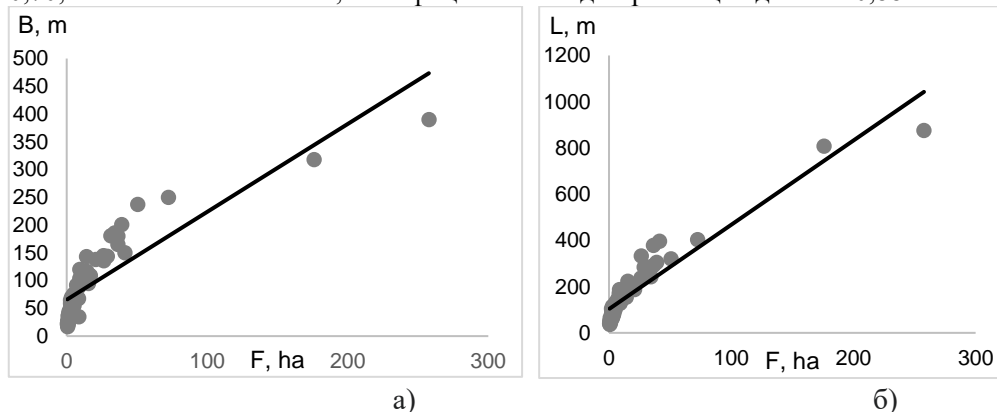
**Дължина на бреговата линия.** Дължината на бреговата линия ( $S$ ) на езерата в Централна Рила е в границите 110 m (Караомеричко езеро) и 2933 m (ез. Смрадливо езеро 2) при средна стойност 530.2 m. Най-голям брой езера се намират в интервалите 100–299 m (21 езерни водоема – 34,4%) и 300–499 m (16 езерни водоема – 26,2%) или малко повече от половината от всички изследвани езера.

**Коефициент на развитие на бреговата линия.** Коефициентът на развитие на бреговата линия ( $K_s$ ) е между 1,12 (Първо Ковачко езеро) и 2,14 (Второ Горно Леворечко езеро) при средна стойност 1,46 (фиг. 10). С най-ниски стойности на  $K_s$ , или с почти кръгла форма са езерата Първо Ковачко езеро ( $K_s = 1,12$ ), 4-то Джендемско езеро (Езерото Джендема) ( $K_s = 1,13$ ) и Първо Долно Леворечко езеро ( $K_s = 1,14$ ). С форма, близка до кръглата ( $K_s$  между 1,0 и 1,25) и слабо разчленена брегова линия са девет езера.



Фиг. 10. Разпределение на езерата в Централна Рила по коефициент на развитие на бреговата линия ( $K_s$ )

**Емпирични зависимости между морфометричните показатели.** Корелационният анализ между измерените и изчислените морфометрични показатели на езерните водоеми на Централна Рила показва най-тясна зависимост между площта на водните огледала и дължината на бреговата линия и площта и широчината, подобно на досега изследваните връзки между морфометричните параметри (фиг. 11). Корелационният коефициент и при двете зависимости е над 0,70, статистически значим, а коефициентът на детерминация достига 0,88.



Фиг. 11. Връзка между: а) площта и дължината на бреговата линия; б) площта и широчината на водното огледало

## Урдини езера

*Обща хидрографска характеристика на езерната група.* Урдини езера са група езера в северозападния дял на планината Рила, източно от в. Дамга (2670 m) и северно от в. Додов (2661 m), в изворната част на речната долина на р. Урдина. Те заемат част от Урдин циркус, ориентиран на север и ограничен от върховете Мальовица, Ушите, Мермера, Додов, Дамга, с дължина 3,0 km и ширина 4,0 km от в. Дамга до в. Еленин (Радев, 1920). Езерната група е съставена от осем езера с наименования – Сухото, Рибно Урдино, Тригълника, Ботаническо, Голяма Паница и Малка Паница и две безименни езера, вероятно с неледников произход, на които се дават следните имена: Додово – по името на в. Додов и Високо Урдино, поради най-високото му разположение в езерната група (сн. 1).



Сн. 1. Снимки на: а) ез. Високо Урдино; б) ез. Додово (Ал. Василев)

Урдини езера се отнасят към ледниковите с изключение на ез. Голямата Паница и ез. Малката Паница, които заемат понижения с тектонски произход (Воденичаров, 1962). Морфологията на езерните котловини класифицира ледниковите езера към циркусния тип (ICIMOD, 2011). Върху езерните водоеми няма антропогенен натиск, което заедно с височинното им разположение ги отнася към т.нар. отдалечени езера (Catalan et al., 2013).

Географски координати на езерната група Урдини (по МАФФ) са 42.174 и 42.186 с.ш. и 23.322 и 23.333 и.д. Разположението на езерата по надморска височина (МАФФ, 2345 m по часовник Suunto ambit 3) е между 2278 m (езеро Голяма Паница) и 2464 m (ез. Додово).

Измерената площ на езерата по сателитното изображение на Google Earth от 2018 г. е между 2,0 m<sup>2</sup> (ез. Додово) и 26,4 m<sup>2</sup> (ез. Голямата паница), незначително по-малка от определената в „Езерата в България“ (1964), максимална дълбочина е в границите между 2,0 m (ез. Ботаническо) и 7,6 m (ез. Малка Паница), водния обем е от 6,0x10<sup>3</sup> m<sup>3</sup> (ез. Ботаническо) до 89,5x10<sup>3</sup> m<sup>3</sup> (ез. Голямата Паница) (Езерата в България, 1964). Общата характеристика на езерната група се допълва от следните морфометрични данни: дължина на езерата – между 89,0 m (ез. Додово) и 257,0 m (ез. Тригълника), широчина на езерата – от 36,0 m (ез. Додово) до 166,0 m (ез. Тригълника), дължина на бреговата линия – в границите 231,0 m (ез. Додово) и 747,0 m (ез. Тригълника).

Езерата от изследваната езерна група се подхранват от валежи и снеготопене, от вливащите се в тях ручей и водни потоци и от подземни води. Основен разходен елемент във водния им баланс е оттокът във вид на поток към съседен водоем или към р. Урдина. Незначителният разход в изпарение е предпоставен от продължителният период с отрицателни температури на въздуха, в отделни случаи до м. юни при в. Мусала (Климатичен справочник ..., 1983). Теренните наблюдения показват липса на острови в езерата, син и синьозелен цвят на езерните води. Урдини езера се свързват помежду си чрез водни потоци и дават начало на планински ручей.

От североизточния край на ез. Голямата Паница изтича р. Урдина (означавана в някои карти с името Голяма Урдина), приток на р. Черни Искър (от речната система на р. Искър). Река.Урдина тече на север и североизток през трогова долина със стръмни склонове, която се стеснява при устието, където има моренни блокове (Радев, 1920). Образува речна система от притоци, които започват течението си от езерата: ез. Тригълника и ез. Рибно Урдино дават начало на рекички, които се вливат отляво на главната река, от ез. Малката паница (Сн. 2) започва един от десните притоци на р. Урдина, от ез. Ботаническото – един стръмен воден пото. Изключение е р. Мала (Малка) Урдина – десен приток.

*Връзки и зависимости между морфометричните параметри.* Корелационният анализ между измерените и изчислените морфометрични показатели на Урдини езера показва най-тясна зависимост между площта на водните огледала и дължината на бреговата линия. Корелационният коефициент е 0,95 и статистически значим при  $\alpha = 0,01, 0,05$  и  $0,10$ . С високи стойности и статистически значима е връзката между площта и обема на езерата в изследваната езерна група –  $R = 0,84$ . Изключително тясна е зависимостта между дължината и широчината (фиг. 11 а) на водните огледала, между максималната и средната дълбочина, с  $R = 0,89$  и  $R = 0,94$  при  $\alpha = 0,01, 0,05$  и  $0,10$

Изводи:

Езерата в Централна Рила – 17 езерни групи (от две до седем езера), с обособени в техните граници осем езерни системи (с по две езера), са разположени над 2000 m (с изключение на едно езеро), преобладаващо между 2200–2500 m. Най-голям брой езера в тази част на планината са развити в Канарски дял, а повечето езерни системи – в Рилецки дял.

Морфометричните измерени и изчислени параметри на езерата в Централна Рила ги класифицират в групата на „малки по площ“, с малки дълбочини, дължини, широчини и развитие на бреговата линия, преобладаващо с кръгла форма, приблизително еднакви с тези на езерата общо в цялата планина. Установеното сходство се обяснява с произхода на езерата и развитието им в сходни оттокообразуващи фактори, особено климатични.

Емпиричните зависимости между морфометричните параметри на езерата в този планински дял се подкрепят от тесните корелационни зависимости между площта и дължина на езерото, между площта и широчината, между дължината на бреговата линия и дължината на водното огледало, и в по-малка степен – между периметъра и максимална ширина.

### 3.1.3. ИЗТОЧНА РИЛА

#### Обща характеристика

Източна Рила е разположена между долините на реките Бели Искър, Марица, Яденица, Места и Белишка. Площта на изследваната територия е  $972,73 \text{ km}^2$  (37,0% от общата площ на Рила планина), а средна надморска височина – 2355 m (Стойчев и Петров, 1980). В Източна Рила се обособяват шест дяла – Мусаленски, Маришки, Ибърски, Ковашки, Заврачишки и Белмекенски.

#### Географско описание

*Географски координати.* Между изследваните 49 езера в Източна Рила, най-южно разположено е Сухото езеро (Семково) ( $42.072167^\circ \text{с.ш.}$ ), най-северно – Трето Жълто Сарагьолско ез. ( $42.207691^\circ \text{с.ш.}$ ), най-западно Сухото езеро (Семково) – ( $23.555791^\circ \text{и.д.}$ ), най-източно разположено – ез. Равничалско (Белмекенско) ( $23.749173^\circ \text{и.д.}$ ). Езерата в Източна Рила са неравномерно разпределени по планински дялове, по брой езера в езерна група и в езерна система. Езерата в Източна Рила образуват 12 езерни групи, съставени от две до седем езера. В Източна Рила се идентифицират три езерни системи, които включват между две и четири езера. Маричина езерна група и Даутска езерна група се явяват едновременно и езерни системи, защото езерата са свързани помежду си чрез водни потоци. Голямо

Баненска езерна система включва две езера. Маричина езерна система, съставена от четири езерни водоема. В Даутска езерна група две от езерата са свързани и образуват Даутска езерна система – Голямо и Малко Даутско езеро. В езерна група Якорудски се идентифицира една езерна система – Голямо Баненска, от две езера – Рибно Якорудско и „Синьото Якорудско. В границите на Източна Рила е присвоено името на езерния водоем: ез. Локвата (езерото е малко и пресъхва през лятото).

*Надморска височина.* Всички езера в Източна Рила са разположени над 2000 m, с изключение на ез. Локвата (1867 m) от Ковашки дял и имат средна надморска височина 2342,4 m. Най-ниско разположеното от останалите езера – на 2007 m, е ез. Четвърто Малко Баненско езеро, най-високо разположено – на 2713 m е езерото Ледно Мусаленско езеро Най- голям брой езера в Източна Рила – 20 или (40,82% от всички езерни водоеми) е съсредоточен между 2300 и 2400 m. И в тази част на Рила общата площ на планинските дялове намалява с увеличаване на надморската височина, а броят на езерата е най-голям около 2400 m. Най-големи хипсометрични различия в разположението на езерата – между най-ниско и най-високо разположеното, се установяват в Ковашки дял на Източна Рила, а най-малки – в дяловете Ибърски и Заврачишки (Мустачалски). В Ковашки дял най-ниско разположено е ез. Локвата (1867 m), а най-високо разположено – ез. Малко Мъртво Якорудско (2427 m).

#### **Морфометрични характеристики на езерата**

*Площ на езерата.* Езерата в Източна Рила имат площ (F) на водното огледало между 0,12 ha – ез. Южно Леевщанско и 10,2 ha – Рибно Якорудско езеро, при средна стойност 1,13 ha. Разпределение на езерата в Източна Рила по площ показва значима неравномерност в разпределение по този морфометричен показател: 35 езера – 71,43%, имат площ под 1,0 ha, шест – площ от 1.0 ha до 2.0 ha, четири – от 2 ha до 3 ha и четири езера с площ над 3,0 ha. Всички езера в Източна Рила се отнасят към групата на „много малки по площ“ (0,1–1,0 km<sup>2</sup>). Най-голям брой езера – 15 (30,6% от всички а) с площ под 1,0 ha, са във височинната зона 2300–2399 m и около два пъти по-малко на брой езера във височинните зони 2200–2299 m и 2400–2499 m.

*Дължина на езерата.* Дължината на водното огледало на езерата в Източна Рила е между 50,0 m (ез. Южно Леевщанско) и 486,0 m (Рибно Якорудско езеро). Преобладават езера с дължина на водната повърхност между 50,0 m и 99,0 m (46,9% от езерата в изследваната територия) и между 100,0 m и 199,0 m (34,7% от всички езера). Най-много езера с дължина 0–99 m и 100–199 m са развити във височинната зона 2300–2399 m.

*Широчина на езерата (B).* Широчината на езерата в Източна Рила варира между 23 m (Второ Ропалишко езеро) и 273 m (Рибно Якорудско езеро) при средна стойност 89,61 m, при ясно групиране в първите два класа.

*Дължина на бреговата линия (S).* Дължината на бреговата линия на езерата в Източна Рила е в границите 164 m (Северно Леевщанско езеро) и 1569 m (Рибно Якорудско езеро) при средна стойност 456,5 m. Най-голям брой езера се съсредоточават в интервалите 100–299 m (18 езерни водоема – 36,7%) и 300–499 m (15 езера – 30,6%). Дължината на бреговата линия се увеличава с нарастване на размера на езерната водна повърхност.

*Коефициент на развитие на бреговата линия.* Коефициентът на развитие на бреговата линия ( $K_s$ ) на езерата в Източна Рила е между 1,08 (ез. Ледено Мусаленско) и 2,32 (ез. Средно Дяволско) при средна стойност 1,47. С най-ниски стойности на  $K_s$  са езерата Ледено Мусаленско ( $K_s = 1,08$ ), Третото (Алеково) Мусаленско ( $K_s = 1,12$ ) и Шесто Мусаленско ( $K_s = 1,13$ ). Най-голям е броят на езерата – 23 (46,93%), с коефициент на развитие на бреговата линия между 1,25 и 1,50. С неправилна форма, или с  $K_s$  над 1,91 и със средно разчленена брегова линия в Източна Рила, са езерата Равничалско (Белмекенско –  $K_s = 2,01$ , Малко Казанчалско –  $K_s = 1,99$  и Сухото (Чалтъшко) –  $K_s = 1,91$ ).

#### *Емпирични зависимости между морфометричните показатели*

Подобно на изследваните досега емпиричните зависимости, и в този планински дял статистически значими (при  $\alpha$  0,01 и 0,05) корелационни зависимости се установяват между същите морфометрични параметри. Най-тясна зависимост се установява между дължина  $L$  и периметър ( $S$ ) на езерата, и между

периметър (S) и максимална ширина (B).

Изводи

Езерата в Източна Рила – 49 езерни водоема, образуват 12 езерни групи (от две до седем езера) и три езерни системи (от две до четири езера), разположени са над 2000 m, неравномерно разпределени по планински дялове, преобладаващо между 2300–2399 и 2393–2713, малки по площ, дължина, широчина на водното огледало, дължина на бреговата линия. Езерата в тази част на Рила не показват отклонения от общо установените досега закономерности, което се дължи на общите геоморфоложки и климатични условия за образуването им.

Високата степен на зависимост между морфометричните показатели се запазва и в този планински дял на Рила.

### 3.1.4. ЮГОЗАПАДНА РИЛА

#### Обща характеристика

Югозападна Рила е развита между долините на реките Струма, Рилска, Илийна и Белишка, и в нея ясно се обособяват две планински била (разделени от речната долина на Благоевградска Бистрица) с няколко планински дяла: Мечивръшки и Царевишки в северната част, и Парангалишки, Капатнишки и Хърсовски в южната. В този планински дял са разположени три много малки циркусни езера: Плиткото (югоизточно от в. Езерник, което дава начало на р. Добърска), Коджакарийца (Коджакарица) и Мерджика.

#### Географски характеристики на езерата

*Географски координати.* Между изследваните езера в Югозападна Рила, най-южно разположено е ез. Плиткото езеро ( $42.0191^{\circ}$  с.ш.), най-северно – ез. Коджакарийца ( $42.0658^{\circ}$  с.ш.), най-западно – ез. Плиткото ( $23.4358^{\circ}$  и.д.), най-източно разположено – ез. Коджакарийца ( $23.4478^{\circ}$  и.д.). В Мечивръшки дял на Югозападна Рила се намира 1 езеро (33,33% от всички езера), в Парангалишки дял – две езера.

#### Морфометрични характеристики на езерата

*Площ на езерата.* Езерата в Югозападна Рила имат площ (F) на водното огледало между 0,19 ha – ез. Мерджика и 0,55 ha – ез. Плиткото. Всички езера се отнасят към групата на „много малки по площ“ (0,1 – 1,0 km<sup>2</sup>).

*Надморска височина.* Езерата в Югозападна Рила са разположени над 2000 m. Езерото Коджакарийца е разположено във височинните зони 2400–2499 m, езерото Мерджика се намира във височинните зони 2300–2399, а Плиткото езеро – между 2100 и 2199 m.

*Дължина на езерата.* Дължината на езерните водоеми е между 80,0 m (ез. Мерджика) и 113,0 m (ез. Плиткото). Едно от езерата е с дължина в интервала 0–99 m на 2300–2399 и две с дължина 100–199m. *Широчина на езерата* Широчината на езерата (B) в Югозападна Рила варира между 40 m (ез. Мерджика) и 68 m (ез. Плиткото).

*Дължина на бреговата линия (S).* Дължината на бреговата линия на езерата в Югозападна Рила е в границите 300 m (ез. Мерджика) и 465 m (Плитко езеро) при средна стойност 367 m. Две от езерата се включват в интервала 112–113 m.

*Коефициент на развитие на бреговата линия (Ks).* Коефициентът на развитие на бреговата линия на езерата в Югозападна Рила е между 1,77 (ез. Плиткото), 1,95 (ез. Мерджика) и 1,59 (ез. Коджакарийца), което определя формата им на неправилна.

Малкият брой езера в този планински дял не обезпечава статистически зависимости между изследваните морфометрични показатели.

Изводи:

Езерата в Югозападна Рила, подобно на повечето езерни водоема, имат ледников произход, но в тази част на планината не образуват езерни системи и групи, отнасят се към високопланинските – разположени са над 2100 m, с много малки площ, дължина, широчина на водното огледало, дължина на бреговата линия.



### 3.2. ЕЗЕРА В РИЛА ПО РЕЧНИ ВОДОСБОРИ

Езерата в Рила са разположени в границите на водосборните басейни на реките Искър, Марица, Места и Струма. Най-голям е броят на езерата в речния водосбор на р. Искър – 64 езера, а най-малък в речния водосбор на р. Места – 36 езерни водоема.

#### 3.2.1. ВОДОСБОРЕН БАСЕЙН НА РЕКА ИСКЪР

В речния водосбор на р. Искър езерата са разположени между  $42.095633^{\circ}$  и  $42.200841^{\circ}$  с.ш. и  $23.322681^{\circ}$  и  $23.590533^{\circ}$  и.д. Най-големи езерни групи образуват Мусаленски езера и Горно Прекоречки езера. Езерата са развити между 2080 m (Свинско езеро) и 2713 m (Ледено Мусаленско езеро ) надморска височина, съсредоточени в хипсометричния пояс между 2300 m и 2400 m, подобно на разпределението на езерата по този показател в цялата територия на Рила. Общата площ на езерата на речния водосбор на р. Искър е  $671906 \text{ m}^2$  ( $0,67 \text{ km}^2$ ). Площта на езерата варира от  $703 \text{ m}^2$  (Малко Червиво) до  $39\,306 \text{ m}^2$  (Долно Чанакгьолско) ез. и представлява 25,32% от площта на речния басейн ( $2625274 \text{ m}^2$ ). Максималната дълбочина на езерните водоёма е между 0,5 m (Четвърто Горно Прекоречко езеро) и 16,4 m (езеро Жълтия гьол) (Езерата в България, 1964). Дължината на бреговата линия е в границите от 120 m (Малко Червиво ез.) до 1017 m (ез. Йозола). Коефициентът на развитие на бреговата линия е от 1,07 – Голяма Паница от езерна група Урдини езера до 2,14 – Ботаническото езеро от същата група.

*Водосборен басейн на р. Черни Искър.* Във водосбора на р. Черни Искър се намират езерните групи Чанакгьолски (оттичащи в р. Прав Искър, начален приток на р. Черни Искър), Водничалски (с отток, начало на р. Мала), Мальовишки, Маломальовишки и Еленски (в речния водосбор на р. Мала Мальовица, десен приток на р. Черни Искър), Горнопрекоречки (даващи начало на р. Горна Прека, ляв приток на р. Прека, десен приток на р. Черни Искър), Лопушки (чрез водоток, даващи начало на р. Малка Лопушница, десен приток на Черни Искър), и езерата Свинско и Йончево (даващо начало на р. Средна Прека, десен приток на Черни Искър), Жълтия гьол (начало на р. Голяма Лопушница, д. приток на Черни Искър).

*Водосборен басейн на р. Леви Искър.* В границите на речния водосбор на р. Леви Искър се намират езерни групи Горнолеворечки (оттичащи се чрез воден поток в р. Горна Лева), Водничалски (с воден поток, който след последното ,четвърто езеро се явява начален приток на р. леви Искър), езерото Йозола (едно от най-трудно достъпните езера в Рила, с отток чрез малък водоток към р. Леви Искър), Долнолеворечки (чрез потоци, които след сливането си образуват р. Долна Лева) и Погледецки (оттичащи се чрез р. Долна Лева).

*Водосборен басейн на р. Бели Искър.* В границите на речния водосбор на р. Бели Искър се намират езерните групи Зеленовръшки (Сухи) (отточни езера с вливащи се няколко водотока и няколко изтичащи, които се вливат в реките Джендем дере и Ропалишка, потоци р. Бели Искър), Червиви (свързани воден поток, който се явява ляв приток на Бели Искър), Налбантски (Западни Ковачки) (с отток във вид на десен приток на р. Бели Искър), Прекоречки (отточни езера, свързани помежду си, с отток към р. Горна Прека) и езеро Канарско (с вток от няколко ручея и изтичащ воден поток, начало на р. Бели Искър).

#### 3.2.2. ВОДОСБОРЕН БАСЕЙН НА РЕКА МАРИЦА

Езерата в речния басейн на р. Марица се намират между  $42.156855^{\circ}$  и  $42.207691^{\circ}$  с.ш. и  $23.593298^{\circ}$  и  $23.749173^{\circ}$  и.д., между 2219 m Равничалско езеро (Белмекенско) и 2559 m, Тъмно езеро (Темното) надморска височина. Реният басейн на р. Марица е с най-малко на брой езерни групи(4) и системи (1) и единични езера(5) в сравнение с останалите водосбори на главните реки и техните първоразрядни потоци. Във водосбора на р. Марица се намират езерните групи – Маричини (четири отточни езера, свързани в езерна система, с вливащи се в тях няколко ручея и изтичащи началните потоци на р. Марица) и Саргьолски

(наричани още Жълти, от тр. – „саръ“, жълт: три езера, две от които с неправилна форма в подножието на в. Дено), и пет единични езера: Равничалско (Белмекенско) (от което изтича р. Жоджовица, ляв приток на р. Костенецка), Средно Чамберлийско, Студено, Ибърско (с отток чрез ручей, който се влива като приток на р.Костенецка) и Тъмно ез. Площта на езерата варира от 1333 m<sup>2</sup> (Малко Дяволско езеро) до 22 575 m<sup>2</sup> Второ (Горно) Маричино езеро и представлява 5,37% (142560 m<sup>2</sup>) от площта на речния басейн. Максималната дълбочина на езерните водоеми е между 5,5 m (Долно Маричино езеро) и 10,8 m (Горно Маричино езеро от езерна група Маричини езера (Езерата в България, 1964). Дължината на бреговата линия е в границите от 256 m (Студено езеро) до 1049 m Равничалско езеро (Белмекенско). Коефициентът на развитие на бреговата линия варира от ,17 – Първо Маричино езеро до 2,01– Равничалско езеро (Белмекенско).

### 3.2.3. ВОДОСБОРЕН БАСЕЙН НА РЕКА МЕСТА

Езерата във водосбора на р. Места се намират между 42.033425° и с.ш –езеро Мерджика и 42.163405° с.ш. – Източно Чалтъшко езеро и между 23.426791° и.д. – Мерджика ° и 23.735067° и.д- Източно Чалтъшко езеро. В речния водосбор на р. Места са разположени 12 езерни групи, съставени преобладаващо от две и три езера езера – Малкобаненски, Якорудски, Грънчарски, Чалтъшки, Вапски, Даутски, Ропалишки, Казанчалски, Карааланишки, Ковачки, Леевщански, Скалишки (Реджепски) и четири единични езера – Локвата, Сухото, Мерджика и Плиткото. Циркусните езера са разположени в долините на реките Грънчарица, Ропалица, Леевщица, Казанска– притоците на р. Места. Езерата в речния водосбор на р. Места са разположени между 2007 m – Второ Ропалишко езеро и 2512 m надморска височина, Четвърто Малко Баненско езеро, преобладаващи в хипсометричния пояс 2100–2200 m и 2300–2400 m. Площта на езерата (377 184 m<sup>2</sup>) е между 589 m – Малко Реджепско езеро и 102 564 m – Рибно Якорудско езеро и представлява 14,21% от площта на речния басейн. Дължината на бреговата линия е в границите от 141 m – Малко Реджепско ез. до 1569 m Рибно Якорудско езеро. Коефициентът на развитие на бреговата линия варира от 1,12 – Първо Ковачко езеро до 1,99 Малко Казанчалско езеро. Най-дълбокото езеро във водосбора на р. Места е 16,5 m – Мъртво Якорудско езеро, а най-плитко, 1.0 m – Второ Малко Баненско езеро. (Езерата в България, 1964).

*Речен водосбор на р. Бела Места.* Към водосборът принадлежат езерните групи: Ропалишки езера (три езера в долината на р. Ропалица, приток на р. Бела Места), Грънчарски езера (три езера, едно с отток, начален приток на р. Бела Места), Казанчалски езера (две езера, охранващи р. Казанишка, приток на р. Бела Места), Якорудски езера (три постоянни и четири сезонни езера по данни от „Езерата в България“, 1964, пет езера по Google Earth, вероятно поради пресъхването на две езера по време на заснемането), Малкобаненски (четири стъпаловидни езерни водоема в долината на р. Малка Баненска) и езерата Локвата (във водосбора на р. Баненска, десен приток на р. Бела Места) и Сухото (в речния водосбор на р. Поленишка от речната система на р. Вотрачка).

*Речен водосбор на р. Черна Места.* Към него принадлежат Леевщанските езера (две езера, които дават началото на р. Леевщица, сливаща се с р. Софаница).

*Речен водосбор на р. Белишка.* Водосборът се състои от три езерни групи: Вапски езера (две отточни езера, от които изтича р. Вапска (Вапата) – един от началните притоци на р. Белишка, заедно с няколко планински ручей), Скалишки (Реджепски) езера (две езера, даващи началото на р. Скалишка, ляв приток на р. Белишка) и Карааланишки езера (две езера, свързани чрез водоток, едно от които – Чернополянско, дава началото на р. Карааланица, ляв приток на р. Белишка).

*Речен водосбор на р. Драглишка.* В речният водосбор на р. Драглишка се намират две езера: езерото Мерджика (много малък езерен водоем, от който изтича р. Усоето, десен приток на р. Драглишка от речната система на р. Места) и езерото Плиткото (при в. Езерник, оттичащо се чрез р. Добърска, десен приток на р. Драглишка).

### 3.2.4. ВОДОСБОРЕН БАСЕЙН НА РЕКА СТРУМА

Езерата в речния басейн на р. Струма са разположени между  $42.065815^{\circ}$  и  $42.262679^{\circ}$  с.ш. и  $23.294137^{\circ}$  и  $23.447851^{\circ}$  и.д. и между 1381m надморска височина – езерото Паничище и 2533 m надморска височина езерото Сълзата. В речния водосбор на р. Струма са разположени 11 езерни групи Воденичарски, Градински, Джендемски, Калински, Караомерички, Манастирски, Маринковски, Поповокапски, Рибни, Седемте Рилски, Смрадливи и седем единични езера Отовишко, Паничище, Мермерско, Коджакарийца, Скакавишко, Сухото и Ашиклар. (приложение), с най-много езера в басейна на р. Рилска. Площта на езерата варира от  $478 \text{ m}^2$  – (Най-Малко Караомеричко езеро) до  $257723 \text{ m}^2$  (Смрадливо езеро 2) и представлява 55,10% ( $1462487 \text{ m}^2$ ) от площта на речния басейн. Максималната дълбочина на езерните водоеми е между 1,0 m (Смрадливо езеро 3) и 37,5 m (езеро Окото) от групата Седемте Рилски езера (Езерата в България, 1964). Дължината на бреговата линия е от 110 m (Най-Малко Караомеричко езеро) до 2933 m (Смрадливо езеро 2). Коефициентът на развитие на бреговата линия е от 1,13- ез. Джендема до 2,44 – Голямо Калинско от групата Калински езера. Преобладават езерата с форма, близка до кръглата.

*Речен водосбор на р. Рилска.* Към речният водосбор на р. Рилска принадлежат езерните групи: Рибни езера (две циркусни свързани езера – Горно и Долно в долината на р. Рилска), Маринковски езера (група от четири езера, две от които дават началото на р. Маринковица, десен приток на р. Рилска), Смрадливи езера (шест езера, разположени в долината на р. Рилска), Черното (Янтарното) езеро (отточно езеро в долината на един от притоците на главната река), Джендемски (Дяволски) езера (седем стъпаловидно разположени и свързани помежду си циркусни езера, две от които дават началото на реките Джендема и Дяволска, вливащи се отляво на р. Рилска), Караомерички езера (езерна система от четири езера, оттокът от които образува р. Караомеричка, начален приток на р. Илийна), Манастирски езера (четири стъпаловидно разположени отточни езера, от които изтича р. Водница (Гьолска) приток на р. Манастирска). В речния водосбор на р. Илийна (ляв приток на р. Рилска) се намират езерните групи Караомерички (оттичащи се едно в друго циркусни езера, които дават началото на р. Караомеричка, десен приток на р. Илийна), Мермерски (от което изтича р. Мермера, десен приток на р. Илийна) и езерото Коджакарийца (даваща начало на р. Коджакарийца, ляв приток на р. Илийна).

*Речен водосбор на р. Джерман.* В речния водосбор на р. Джерман се намират езерните групи Седемте рилски езера (седем стъпаловидно разположени езера, свързани чрез ручей и оттичащи се чрез р. Джерман), Калински езера (шест езера, от които две постоянни, даващи началото на планински ручей, които чрез общ поток вливат водите си в р. Бистрица (Дупнишка), ляв приток на р. Джерман), Воденичарски (три стъпаловидно разположени езера, свързани чрез оттичането си едно в друго и източник на един от началните притоци на р. Бистрица (Дупнишка), ляв приток на р. Джерман) и Градински езера (с подземен отток към р. Дупнишка Бистрица). В този водосбор се намират езерата Скакавишко (оттичащо се чрез р. Скакавица, ляв приток на р. Джерман), Отовишко (много малко по площ и дълбочина езеро, даващо начало на р. Отовица, ляв приток на р. Джерман) и Ашикларско (Птиче) езеро (продълговато езеро във водосбора на р. Отовица, от което изтича един от началните притоци на главната река).

### ОБОБЩЕНИЕ

Езерата в Рила, преобладаващо циркусни, развити в трогови долини поединично, в езерни системи или езерни групи, са разположени между 1381,0 m и 2713,0 m, но почти всички над 2000 m (т.е високопланински), преобладаващо между 2300 и 2400 m, което свидетелства за местата и интензивността на екзарация, за младата възраст на езерните котловини, ниските температури на езерните води и проявата на ледови режим.

Изследваните 173 езера (с 20 повече от досегашните изследвания: 16 в

Северозападна Рила, две езера в Югозападна Рила и по едно езеро в централната и източната част на планината) са организирани в езерни групи, в границите на които се обособяват и езерни системи (лимносистеми) – езера, свързани помежду си с водотоци. Езерните групи (общо 41) са съставени от два до десет езерни водоема, а езерните системи (общо 22) – от две до седем езера. Езерните групи имат относително равномерно разпределение по планински дялове, с изключение на Югозападния дял. Почти всички лимносистеми са развити в Северозападна и Централна Рила. Единичните езера се намират най-вече в северозападната и източната част на планината. Езерата и езерните групи са неравномерно разпределени в границите на отделните дялове на Рила, вследствие на комплекса от геоморфоложки и климатични фактори по време на образуването им.

Езерата в Рила са преобладаващо малки по площ (между 0,05 ha и 25,7 ha), с повърхност на водното огледало до 1,0 ha, предимно плитки (до 1.5 m), с максимална дълбочина в границите 1,0 m и 37,5 m, с дължина на водното огледало в диапазона 36.0 и 876 m, а на широчината между 17.0 и 390 m, с овална или кръгла форма по отношението между горните два морфометрични показателя, с дължина на бреговата линия от 110 m до 2933 m (но най-вече до 113 m) и коефициент на развитие на бреговата линия между 1,07 и 2,44.

Стойностите на измерените и изчислените морфометрични показатели:

- Доказват площта на езерната водна повърхност като основен, главен фактор за останалите показатели;
- Не разкриват географски закономерности в разпределението на езерата по морфометрични показатели и надморска височина, поради заледяването само във високопланинската част на Рила;
- Не се различават значимо в сравнение със същите, установени през 60-те години на XX в. (или се намират в рамките на допустимите грешки.), с изключение на антропогенно модифицираните езера, което подсказва за относителна устойчивост на природните условия в Рила.

Получените корелационни зависимости между площта и дължината на бреговата линия на езерата, дължината и ширината на водното огледало, дължината на водното огледало и дължината на бреговата линия са изключително тесни – с корелационен коефициент над 0,70 до 0,98, описват се адекватно от линейни и нелинейни регресионни модели и потвърждават тъждествени проучвания. Езерата в Рила – елемент на хидрографската структура на планината, участват в местния воден кръговрат, дават началото на водотоци, оформящи началните притоци на голям брой речни течения, а техните водосбори, в качеството на геосистеми, оформят външния облик на природните ландшафти и се явяват самостоятелни или част от геотопите в страната.

## СПРАВКА ЗА ПРИНОСИТЕ

1. В теоретичен аспект:

А) дефинира се понятието езерна система (лимносистема): група езерни водоеми, свързани помежду си с водни потоци, самостоятелно или в границите на езерните групи.

Б) Описани са географски и морфометрично 173 езера:

- с 20 повече от досегашните изследвания
- с наименования на 16 безименни езерни водоема
- с разпределение на всеки морфометричен показател по надморска височина, и по връзка между отделните морфометрични параметри, за цялата планина, за нейните основни части и по планински дялове във всяка част

- с класифициране по прагови стойности

В) Доказани са статистически значими зависимости между площта и дължината на бреговата линия на езерата, дължината и ширината на водното огледало, дължината на водното огледало и дължината на бреговата линия, описани графично чрез линеен регресионен модел.

2. В приложен аспект: резултатите дават възможност за:

- сравняне със сведенията от други проучвания
- управление на езерните водни ресурси
- приноса на езерата в екосистемните услуги
- включване на езерата в националното законодателство

## **ПУБЛИКАЦИИ, УЧАСТИЕ В КОНФЕРЕНЦИИ И НАУЧНИ ПРОЕКТИ**

### **Публикации по дисертационния труд**

1. Василев, А. 2019. Хидрографско описание на Мусаленските езера. В: Климат, атмосфера и водни ресурси в условията на климатични промени. Сборник доклади, София, ИИКАВ-БАН, 2019, 55–63.
2. Vasilev, A. 2021. Lake Morphometry Research of Urdini Lakes in Rila Mountain. В: Климат, атмосфера и водни ресурси в условията на климатични промени. Сборник доклади, София, ИИКАВ-БАН, 2021, 214-222.
3. Василев, А., Христова, Н. 2022. Хидрографско описание на езерата в Северозападна Рила. Год. СУ, ГГФ, 114 (2), 87-105

### **Участие в университетски научен проект**

Изследване на ледниковите езера в Рила – Проект в подкрепа на докторанти към ФНИ на СУ, 2020. Успешно завършен и отчетен.

## ДЕКЛАРАЦИЯ ЗА ОРИГИНАЛНОСТ

Декларирам, че настоящият дисертационен труд на тема „Хидрографски характеристики на езерата в Рила планина“ за придобиване на образователна и научна степен „доктор“ е самостоятелно и оригинално авторско произведение, а използваните източници на научна и емпирична информация са коректно документирани и цитирани съгласно действащите в Република България стандарти.

Гарантирам, че:

- I. Признаването на чуждото авторство на използваните текстове, таблици, схеми, графики, изображения и други е обозначено според утвърдения в научната област академичен стил на цитиране.
- II. Библиографският списък в края на труда включва всички цитирани и използвани печатни и електронни източници по темата.

С настоящето декларирам, че съм запознат с правилата в Етичния кодекс на академичната общност на Софийския университет „Св. Климент Охридски“ за зачитане на вторството, чуждите приноси и коректното цитиране и за недопустимостта на плагиатство.

2 януари 2023 г.  
София

Александър Василев