

ПРОМЕНИ В ОКОЛНАТА СРЕДА И СЪВРЕМЕННО СЪСТОЯНИЕ НА ЗАЩИТЕНА ЗОНА “СЕДЕМТЕ РИЛСКИ ЕЗЕРА”

Марияна Николова¹, Георги Железов¹, Стоян Недков¹, Петър Ножаров¹, Юлия Крумова¹,
Валентин Николов², Александър Гиков³, Емил Гачев⁴

¹Национален институт по геофизика, геодезия и география – Българска академия на науките

²Геологичен институт – Българска академия на науките

³Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките

⁴Югозападен университет “Неофит Рилски” - Благоевград

e-mail: mknikolova@gmail.com

Ключови думи: глобални промени, мониторинг, Седемте Рилски езера

Резюме: В доклада са представени междинни резултати от мониторинга на глобалните промени във високите планини на примера на района на Седемте Рилски езера. Изследвани са динамиката и промените в съвременните морфогенетични процеси и хидроклиматичните условия в района на езерата и причините за тези промени, както и последствията от тях за екосистемите.

ENVIRONMENTAL CHANGE AND CURRENT STATE OF THE PROTECTED AREA “SEVEN RILA LAKES”

Mariyana Nikolova¹, Georgi Zhelezov¹, Stoyan Nedkov¹, Petar Nojarov¹, Yuliya Kroumova¹,
Valentin Nikolov², Alexander Gikov³, Emil Gachev⁴

¹National Institute of Geophysics, Geodesy and Geography – Bulgarian Academy of Sciences

²Geological Institute – Bulgarian Academy of Sciences

³Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences

⁴South-West University “Neofit Rilski” - Blagoevgrad

e-mail: mknikolova@gmail.com

Keywords: global change, monitoring, Seven Rila Lakes

Abstract: The paper presents intermediate results from the monitoring of the global changes in high mountains on a case study in the Seven Rila Lakes area. Investigated are the dynamic and change of the current morphogenetic processes and hydro-climatic conditions in the lakes area and the driving forces about these changes as well as the consequences of them for the lakes ecosystems.

Въведение

Изследването на влиянието на глобалните промени върху езерната система на Седемте Рилски езера е извършено въз основа на система от индикатори за състоянието на околната среда, като са определени количествени параметри за: състоянието на околната среда във водосбора на езерата (въздух, вода, почва, биота); динамиката на промените (интензивност, честота и др.); степен на антропогенния натиск в района (туризъм и туристическа инфраструктура, защита на природата икономически въздействия и др.); уязвимост на екосистемите (динамика на процесите на еутрофикация, промени в морфологията, интензивност на ерозионните процеси, промени в нивата на езерата, замърсяване и др.).

Мониторинг и данни

Анализирани са данните от поставените за целта на изследването два логъра за измерване на температурата на въздуха, влажността, атмосферното налягане и точката на

оросяване при хижа „Седемте Рилски езера“ (2184 m) и над ез. Сълзата (2535 m). Измерванията се извършват постоянно през интервал от 1 час от 29 юни 2012 г. През периода от 29 юни до края на септември при х. „Седемте Рилски езера“ беше поставен и дъждомер на Вилд, но поради изключително горещото и сухо лято през тази година, броят на валежите е незначителен и се отнася почти без изключение за интензивни извалявания.

Измерването на промените в нивата на езерата се извършва ежемесечно посредством рейка в едни и същи точки за всяко езеро. Използвани са данните от ежемесечните наблюдения на основните хидро-химични параметри за 12 показателя с мултиметър HANNA Int. и еднократно опробване за анализ на качеството на водите. Други данни, които са използвани за да допълнят наличната до момента информация са данни от мониторинга на РИОСВ Благоевград за три от езерата (Сълзата, Рибното и Долното) за периода 2004-2011 г. Физикохимичния анализ се отнася за 38 показателя. Проведени са геоморфоложки наблюдения и картиране в района на езерата в Рила. Извършено е GPS заснемане на терена.

В изследването са използвани още следните източници за геопространствена информация: 1) карти в М 1:25 000, М 1:10 000, М 1:5 000, Туристическа карта в М 1:55 000, Туристическа карта в М 1:50 000, Стопанска карта на района на изследване в М 1: 25 000 и 2) аеро и космически снимки - архивни цветни аероснимки от мултиспектралната камера МКФ-6 (1977 г.); черно-бели аероснимки (1988); цветни аероснимки (2006); цветни аероснимки (2010); цветно (само канали във видимата зона) геореферирано изображение от WorldView-2 (2011), както и архивни снимки от 1977 г., заснети по време на експеримент, извършен по програмата ИНТЕРКОСМОС в края на октомври същата година. Те представляват първото цветно изображение на района на Седемте езера с много висока пространствена разделителна способност. Всички използвани карти са геореферирани. Независимо от оригиналната им проекция, те са трансформирани към международната координатна система UTM зона 34.

Район на изследване

Първите изследвания на български учени в района на езерата са на геоморфолозите Радев (1920), Иванов (1954) и Гловня (1958, 1962, 1968) и те са свързани с описание на глациалните форми в Рила. От по-ново време са трудовете на Велчев (1995, 1999), Балтаков (2004), и др. за отделни райони от Рила и Пирин. Хидроклиматичните изследвания в района са значително по малко. Такива наблюдения са правени от Вълканов (1932, 1938), Иванов (1959, 1964), Воденичаров (1960), Цанков (1985) и др.

Езерната система е разположена в Северозападния дял на Рила, между 2100 и 2500 m н.в. Езерата са свързани с малки потоци и водопади в една езерна система. Най-високо е разположено ез. Сълзата, следвано от ез. Окото, което е най-дълбокото от седемте езера (38 m), Бъбрека и Близнака. Най-голямо по площ и най-заблатено е ез. Трилистника. Под него са разположени Рибното и Долното, след което водите от езерата се приемат от р. Джерман. Морфометричните характеристики на езерата са представени в Табл. 1.

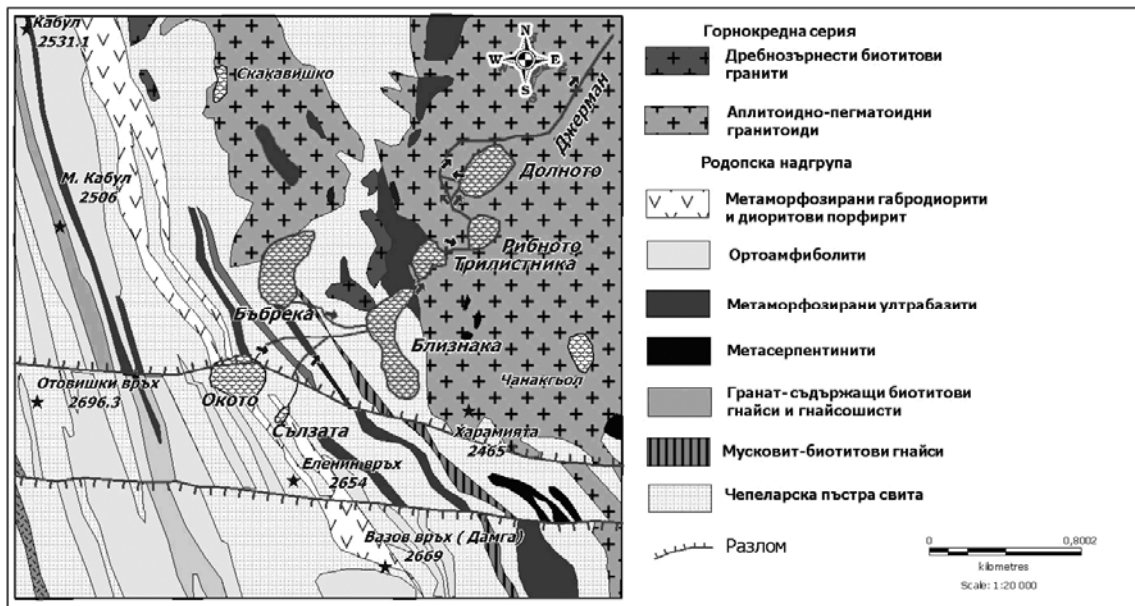
Табл. 1. Основни морфометрични характеристики на Седемте Рилски езера (по Трудове..., 1964)

Езеро	Надморска височина (m)	Площ (ha)	Дълбочина (m)	Площ на водосбора (ha)
Сълзата	2535	0,7	4,5	6,62
Окото	2440	6,8	37,5	24,04
Бъбрека	2282	8,9	28	21,84
Близнака	2243	9,1	27	128,7
Трилистника	2216	2,6	6,5	9,07
Рибното	2184	3,5	2,5	165,27
Долното	2095	5,9	11	236,7

Резултати от анализа на съвременните морфогенетични процеси

Системата на Седемте Рилски езера е разположена в едноименния сложен циркус в границите на Северозападна Рила планина. Този дял на планината представлява високопланински рид и има изток-западно географско положение. На запад и северозапад се понижава стъпаловидно към долината на р. Джерман. Дълбоко разчленен е от р. Джерман и

нейните южни притоци. В резултат на зеледяванията през плейстоцена голяма част от Северозападния дял има типичен алпийски релеф със съответните форми, наслаги и постледникови процеси.

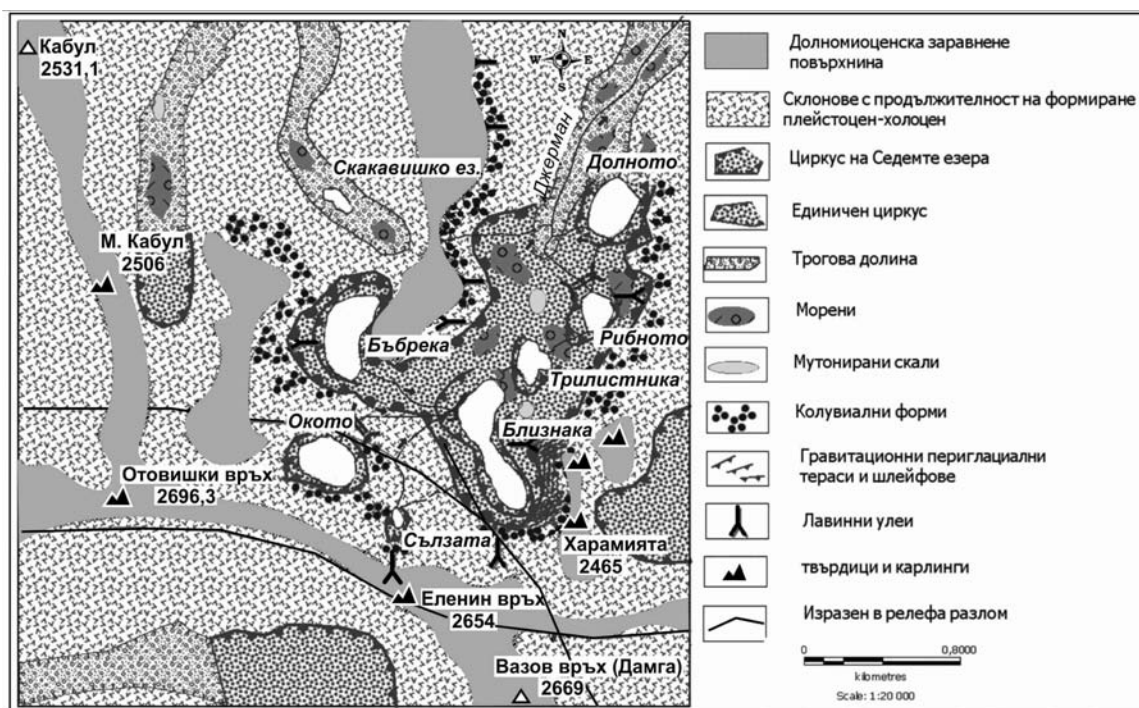


Фиг. 1. Геоложка карта на района на Седемте Рилски езера (по Геоложка..., 1989)

Неотектонското развитие на морфоструктурата на Рила планина, което се характеризира с положителен знак на тектонските движения и етапност е обусловило в сводовите билни части слабо разчленение. Този характер на височинния пояс, съчетан с метаморфитната и гранитоидна основа обуславят почти пълната липса в тази част на планината на типични карлинги с изключение на няколко върха (Харамията, М. Кабул и др.). В по-ниските части на Северозападна Рила вертикалното и хоризонталното разчленение на релефа е голямо, като налице е и етажираност на заравнените повърхнини (долината на р. Джерман, циркусът на Седемте езера, Урдините и др.). Важна роля във формирането на мезо и микро форми на релефа в периглациалната зона играе напукаността на скалната основа. По отворени системи от пукнатини се образуват жлебове, които се доразвиват в лавинни улеи (под в. Харамията) и спомагат за активизиране на колувиалните процеси и формиране на сипеино-срутищни валове и шлейфове (Фиг. 1).

Съвременните морфогенетични процеси се обуславят главно от литоструктурните и климатични условия, особено в тази високопланинска обстановка. Тези процеси са основно периглациални. В резултат на мразовото изветряне и под силата на гравитацията, разрушения материал се премества в по-ниските хипсометрични нива на релефа посредством снежни, ледени или водни маси по склона. Повсеместно се проявява солифлукцията (Геоложка..., 1989). В последно време, във връзка с глобалните климатични промени, в режима на езерата се наблюдават бързи и деградационни процеси, като еутрофикация, запълване на водните обеми с наслаги (като формиране на делта в езерото Близнака) и др. (Фиг. 2).

С увеличаващия се туристопоток (над 100 000 души/год.) след построяването на седалковия лифт от хижа "Пионерска", се наблюдава увеличение на пътните ровини, които в съчетание с маломощната и слабоспоената елувиално-почвена покривка, водят до бързо ерозионно деградиране на склоновете, билата и междубилните пространства и седловини. В заключение от геолого-геоморфоложка гледна точка, районът на Седемте рилски езера може да се определи като изключително чувствителен на въздействия, както от природен, така и от антропогенен характер.



Фиг. 2. Геоморфоложка карта на района на Седемте Рилски езера (по Николов, 2012)

Съвременните морфогенетични процеси се обуславят главно от литоструктурните и климатични условия, особено в тази високопланинска обстановка. Тези процеси са основно периглациални. В резултат на мразовото изветряне и под силата на гравитацията, разрушения материал се премества в по-ниските хипсометрични нива на релефа посредством снежни, ледени или водни маси по склона. Повсеместно се проявява солифлукцията (Геоложка..., 1989). В последно време, във връзка с глобалните климатични промени, в режима на езерата се наблюдават бързи и деградационни процеси, като еутрофикация, запълване на водните обеми с наслаги (като формиране на делта в езерото Близнака) и др. (Фиг. 2).

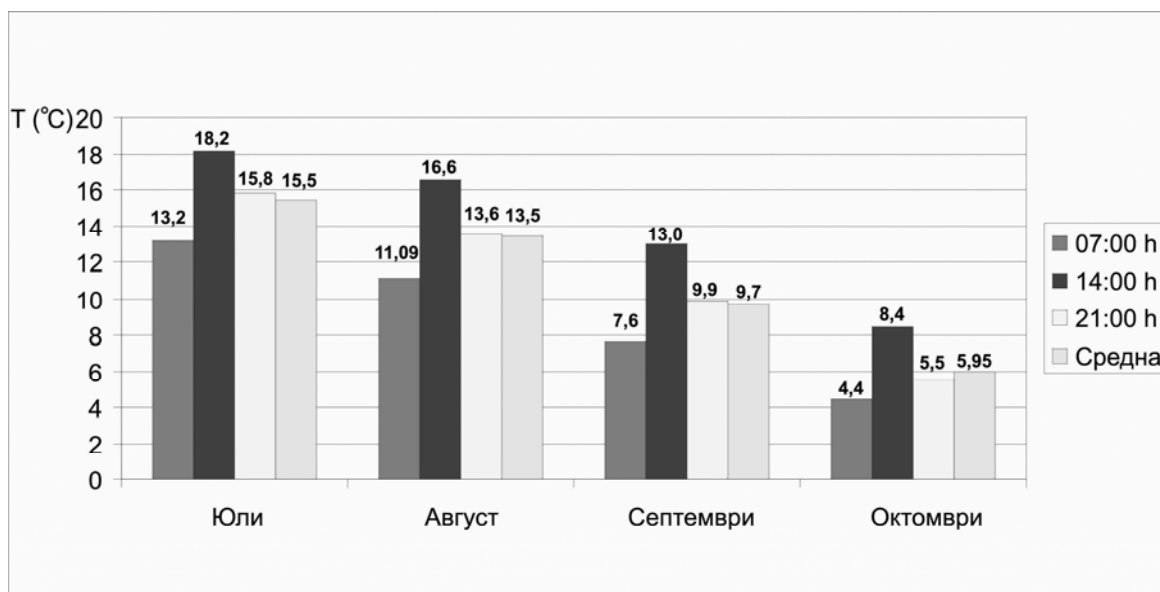
С увеличаващия се туристопоток (над 100 000 души/год.) след построяването на седалковия лифт от хижа Пионерска, се наблюдава увеличение на пътните ровини, които в съчетание с маломощната и слабоспоената елувиално-почвена покривка, водят до бързо ерозионно деградиране на склоновете, билата и междубилните пространства и седловини. В заключение от геолого-геоморфоложка гледна точка, районът на Седемте рилски езера може да се определи като изключително чувствителен на въздействия, както от природен, така и от антропогенен характер.

Резултати от метеорологичните и хидрометрични наблюдения

През последните десетилетия не са провеждани систематични хидрометеорологични наблюдения в района на езерата. Същевременно, резултатите от изследванията на Grunewald et al. (2008) за Пирин и на Ножаров (2008) за вр. Мусала в Рила показват, че в тези високопланински райони нарастват средните температури на въздуха и продължителността на вегетационния период, както и случаите с епизодични засушавания. Резултатите от измерванията в района на Седемте рилски езера показват добра корелация на температурата на въздуха с тази на връх Мусала и с температурата на повърхностния воден слой в езерата. Установи се, че нивото на водата в езерата зависи в по-голяма степен от температурата на въздуха, отколкото от валежите. В тази връзка прогнозираното постоянно покачване на температурите ще доведе до спадане на нивото и съответно намаляване на площта и на седемте езера (виж Ножаров в този сборник).

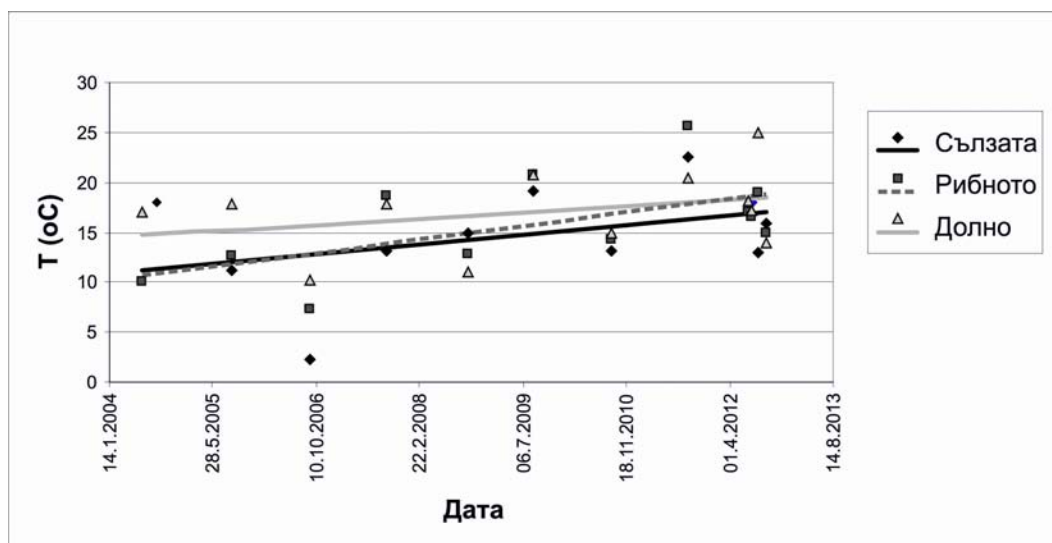
Предварителния анализ на данните за температурата на въздуха за периода от 29 юни до 30 октомври от логъра на х. "Седемте Рилски езера" показва параметрите на метеорологичните елементи през едно нетипично горещо лято, като това на 2012 г. В по-голямата част от страната средните месечни температури през юли са между 24 и 28° С. По високите полета и в планинските райони с надморска височина между 500 и 1200 m средните месечни температури са между 21 и 25° С, а по планинските върхове те са между 9.3° С

(Мусала) и 18.1°C (Рожен). През целия месец е топло, със средни денонощни температури между 1 и 8°C над месечната норма. За района на Седемте Рилски езера юлската температура на въздуха е с около 4°C над нормата, а месечната сума на валежите е около 50% от нормата за юли, а отклоненията през август за температурата са около $3,5-4^{\circ}\text{C}$, а месечната сума на валежите е от 20 до 50% от нормата (Бюлетин..., 2012). И през септември и октомври температурите в района остават с около 5°C над месечната норма. Тази ситуация на екстремно високи температури се отразява и от данните за района на езерата, където на 15 юли средната денонощна температура на въздуха е $20,2^{\circ}\text{C}$. На фиг. 3 са представени резултатите за средната температура на въздуха и по срокове за х. „Седемте Рилски езера“. Денонощния ход на температурата през изследвания период показва, че на 15 юли е измерена най-високата температура в $14\text{h} - 23,8^{\circ}\text{C}$, а най-ниската е измерена на 30 октомври, $(-1,8)$, за същия час.

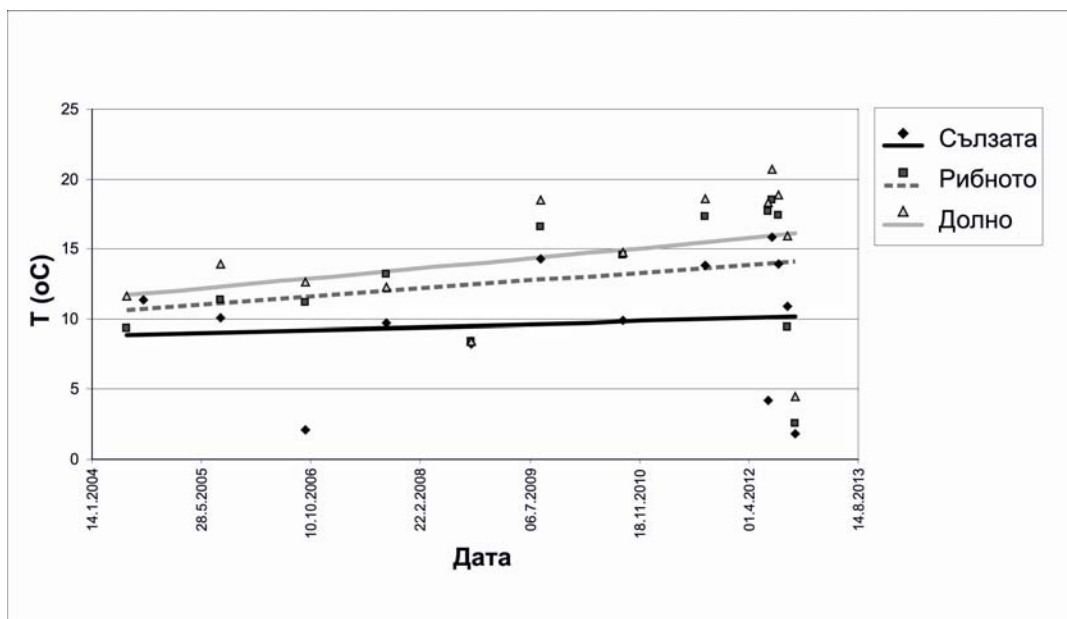


Фиг. 3. Средни температури на въздуха (месечни и по срокове) за х. „Седемте Рилски езера“ през юли-октомври, 2012 г.

По-различна представа за изменението на температурата се получава след обработката на данните за температурата на въздуха от измерванията на РИОСВ Благоевград за три езера – Сълзата, Рибното и Долното (Фиг. 4). Тези измервания, макар и еднократни за всеки месец, са правени в диапазон от около 2 часа около 14h през периода от 2004 г. до 2012 г.



Фиг. 4. Температура на въздуха (2004-2012 г.)



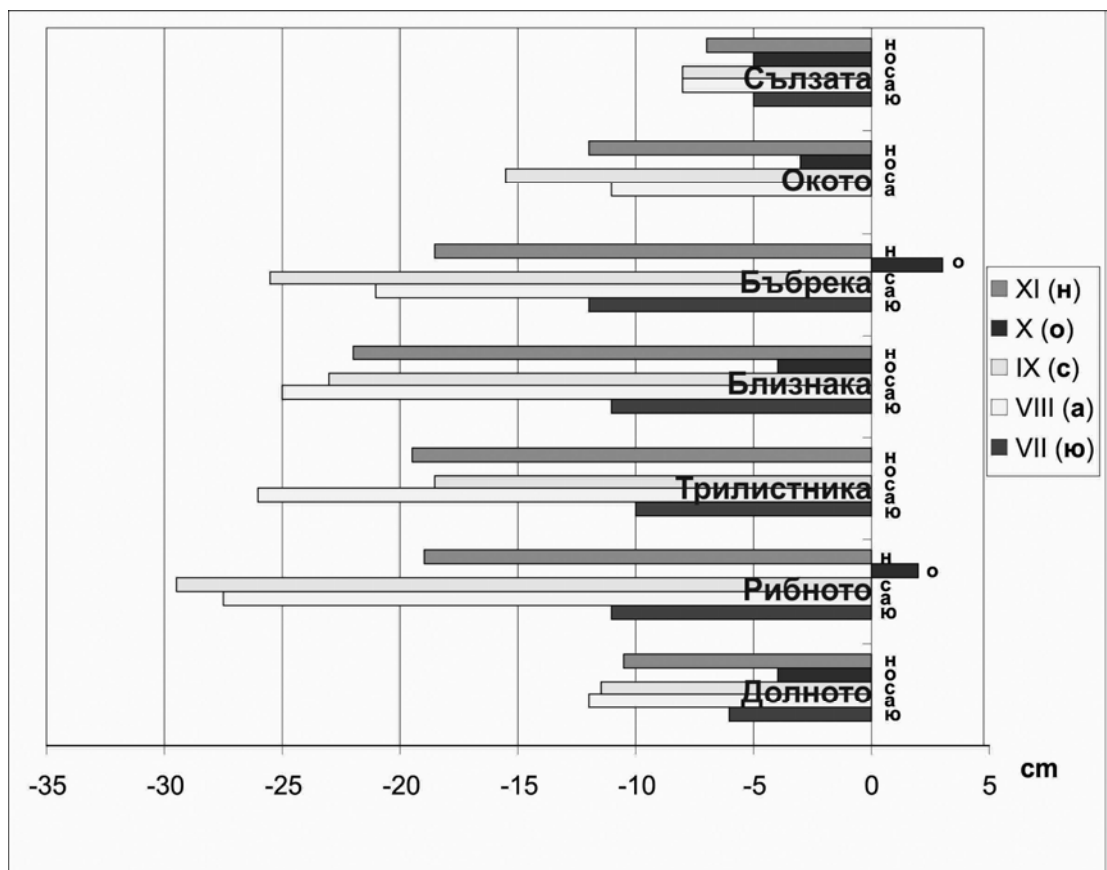
Фиг. 5. Температура на езерната вода (2004-2012 г.)

Тези данни не са представителни достатъчно за да се изгради сериозен анализ върху тях, но те са интересни дотолкова, доколкото отразяват измервания, които са правени паралелно с измерванията на температурата на водата в трите езера. Както личи от Фиг. 5, и тя показва ясен тренд на покачване през този 12 годишен период, а коефициента на корелация за стойностите на температурите на въздуха и водата в езерата представени в Табл. 2, е висок и може да се приеме като индикация за това, че ако температурата на въздуха нараства по начина, по който предвиждат ГКМ и РКМ (виж Ножаров в този сборник), то това повишение ще доведе до бързо покачване на температурата и на езерните води, по-голямо изпарение, съчетано с намаляване на валежите и влошаване на състоянието на езерната екосистема по отношение на биоразнообразието, засилена еутрофикация в следствие и на антропогенното натоварване в района и сериозна заплаха за състоянието и дори за съществуването на някои от езерата към края на този век.

Табл. 2. Средна температура на въздуха и водата на езерата и коефициент на корелация между тях по данни за 2004-2012 г.

Езеро	Средна температура на въздуха (2004-2012)	Средна температура на водата (2004-2012)	Коефициент на корелация
Сълзата	14	9,7	0,758282
Рибното	14,8	12,8	0,810979
Долното	15,9	14,5	0,814261

На Фиг. 6 е представена промяната в нивата на езерните води за периода юни – октомври, 2012. От нея личи ясно, че понижението на нивата е най-голямо през септември за Рибното, Бъбрека и Окоето, през август за Долното, Трилистника и Близнака и през двата месеца, август и септември за Сълзата, като максималните разлики се колебаят в границите на 25-30 см. Повишаването на нивото на Бъбрека и Рибното през октомври се дължи на обилно извлягане във водосбора два дни преди да се проведе измерването на 30 октомври 2012.



Фиг. 6. Промяна в нивата на езерата (юни-септември, 2012 г.)

Резултати от хидро-химичните наблюдения

Резултатите от физико-химичните анализи на пробите от езерните води на Сълзата, Рибното и Долното за температура, активна реакция, разтворен кислород, наситеност с кислород, електропроводимост, разтворени вещества, БПК₅, нитритен азот, фосфати, перманганатен индекс, азот (амониев), хлорофил А са ни предоставени от НП „Рила“ и са извършени от РИОСВ Благоевград за периода 2004-2012 г. В докладите се констатира, че всички проби отговарят на нормите за I категория води по Наредба № 7/1986 г. (ДВ бр. 96/12.1986).

Малко по-различни са резултатите от анализа на пробите от, анализирани от нас. Някои тенденции от анализа на тези води дават индикации за причините за бързата еутрофикация на някои от езерата. По време на извършеното теренно проучване са взети проби от Седемте Рилски езера (Долно, Бъбрека, Окото, Сълзата, Трилистника, Близнака и Рибно езеро) и изкуствена влажна зона до хижата. От групата на езерата най-високи са показателите при Долното езеро (0,20 mg/l), което обаче е значително под нормата за води първа категория, която за желязото е 0,5 mg/l.

Забележимо високи показатели, над нормата първа категория води за *нитрити* (NO₂ и NaNO₂) се отчитат при езерата Сълзата, Близнака, Рибното и Долното, съответно 6, 3, 2-3 и 5 mg/l при норма за първа категория 0,002 mg/l. Само при изкуственото, „осмо“ езеро се установяват концентрации на *нитратен азот* (NO₃) от 7.30 mg/l при норма от 5 mg/l, а тази на нитритен азот е 2 mg/l. NO₂ е токсичен газ и високо реактивен оксидант и корозив.

Най-високи стойности на *амоняк* (NH₃) се откриват в определени участъци на Рибното езеро от страната на старата хижа, докато в други участъци с висока поточност не се наблюдават такива. *Фосфорните и фосфатни концентрации* са най-високи при езерата Трилистника, Близнака и Рибно. При същите езера се откриват и високите концентрации на *мед и цинк*. Особено ясно изразена е тази тенденция при концентрацията на цинк, съответно 0,97, 1,18 и 1,10 mg/l.

Тези резултати донякъде насочват към възможно обяснение на напредналите еутрофикационни процеси в долната група езера – Трилистника, Близнака, Рибно и Долно, но имайки предвид заключенията на РИОСВ за състоянието на езерните води през последните 12 години, и факта, че горните данни са от еднократно опробване, считаме, че е наложително по-

често опробване и анализи на езерните води за тези показатели за да се направят по-аргументирани заключения.

Важен индикатор за процесите свързани с глобалното затопляне във високопланинските региони на света е съдържанието на CO₂ в езерните води. Известно е, че с повишаване на температурата на водата езерата емитират въглероден диоксид в атмосферата и обратно, с понижаване на температурата го поглъщат от въздуха.

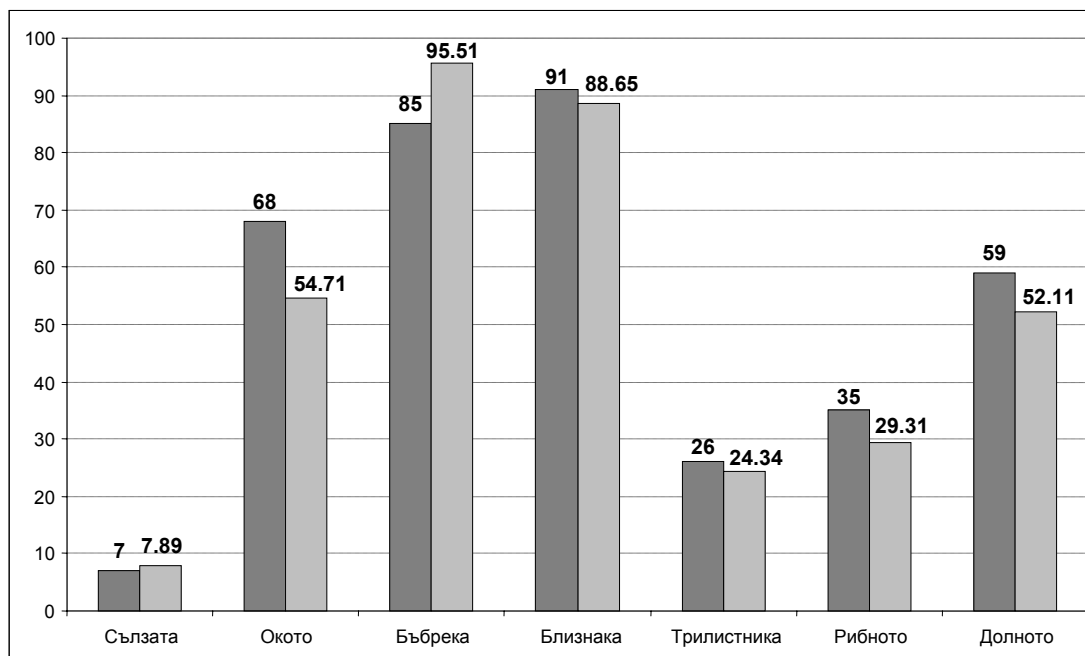
В рамките на това изследване бяха опробвани еднократно през ноември водите на езерата за съдържание на CO₂ (mg/dm³) и резултатите са следните: Сълзата 4,8, Окото 4,0, Бъбрека 4,0, Близнака 9,2, Рибното 4,0, Трилистника 4,0, Долното 4,8. Не можем да направим, разбира се, изводи за връзката между климатичните промени и тези резултати, но считаме, че е важно тези измервания да се правят системно за да се създаде нужната информация за анализ на тези процеси в бъдеще.

Резултати от приложението на геоинформационни технологии

В изследването са използвани възможностите на съвременните геоинформационни технологии, включително, използването на дистанционни методи, измерването на координати на обекти с GPS апаратура и организирането и управлението на цялата пространствена информация в географска информационна система (ГИС). Като източници на първична информация за района на Седемте езера са използвани както карти в различен мащаб, така и самолетни и сателитни снимки.

За съвременното състояние на района на Седемте езера са използвани части от ортофотоплана на България, заснемане 2006 г. и заснемане 2010 г. Първият е с размер на пиксела 50 см, а вторият 40 см. За осигуряване на допълнителна информация от интернет (<http://0.stl.prd.lbsp.navteq.com/satellite>) е изтеглено сателитно изображение от сензора WorldView-2. Заснето е на 21 ноември 2011 г и са визуализирани само каналите във видимата зона на ЕМС.

По време на теренните наблюдения е извършено и GPS трасиране на бреговите линии на езерата. От една страна целта е да се направи по-точна картировка на бреговите линии и така да се изчисли по-точно площта на езерата. От друга страна линиите могат да се използват за визуален контрол на точността на орторектификацията на аероснимки. Трасирането е извършено с едночестотен GPS апарат Magellan Mobile Mapper 6 и последваща обработка на суровите данни.



Фиг. 7. Площта на езерата в декари по данни на на Трудове на ИХМ т.16 „Езерата в България”, 1964 и площта изчислена върху ортофотоплана от 2010 г. и данни от теренните наблюдения

Изчислените площи на езерата се различават в известна степен с площите, публикувани в т.16 на трудове на ИХМ, които засега се използват за официални (Фиг. 7). При това разликите не са само в едната посока. Езерата Сълзата и Бъбрека имат площ, която е по-голяма от приетата досега, докато останалите пет езера имат площ, която е по-малка от

установената преди години (Трудове..., 1964). Въпросът е дали това се дължи на някакви промени в площта им или се дължи на неточните методи на измерване преди. Засега е трудно да се даде категорично мнение по този въпрос, но по-вероятна е втората теза.

Освен това, се установиха значителни промени в състоянието на Рибното езеро, което на аероснимка от 20 октомври 1977 г. е съвсем прозрачно и се вижда дъното на езерото, докато на изображение от 23 септември 2010 г. се вижда ясно, че почти половината от езерното огледало вече е еутрофицирано (Фиг. 8).

Считаме, че тези промени се дължат на отражението на глобалните промени върху тази чувствителна високопланинска екосистема. Оказва влияние и увеличения поток на туристи в следствие на все по-голямата мобилност на гражданите, в т.ч. и от страна на чуждестранните туристи, както и нарасналия антропогенен натиск върху малкия водосбор на езерната система. Същевременно, върху състоянието на околната среда най-вероятно влияят и наблюдаваните промени в климата в тази част на Европа. Ето защо считаме, че обезпечаването на работата по доизграждане на мониторинга и осигуряване на устойчивост на наблюденията в района на Седемте Рилски езера е важно и необходимо.



Фиг. 8. Еутрофикация на Рибното езеро. На първата снимка от 20 октомври 1977 г. се вижда, че южната част на езерото е плитка, но не е заета от водорасли. На втората, заснета на 23 септември, 2010 г. се забелязва, че цялата плитководна част е обхваната от водна растителност

Заклучение

Предварителните резултати от изследването поставят необходимостта от изясняване на някои въпроси. Например, на какво се дължи видимата еутрофикация на езерата? Възможните отговори са: 1) На туризма и замърсяването на езерата и на района около тях; 2) На повишаването на температурата на въздуха и на водата; 3) На комбинираното действие на горните две причини.

Друг въпрос, който възниква, е, можем ли на базата на моделите за климатичните промени в тази част на страната да симулираме как ще се променя езерната екосистема и при какви условия ще достигне критичната си точка? За да се доближим до правилните отговори на тези въпроси е много важно да се доизгради и поддържа мониторинга в района на Седемте Рилски езера и да се търси партньорството на всички заинтересовани страни, както на тези, които се грижат за опазването на природата в района, така и на стопанските и управленски субекти, развиващи своята дейност там.

Благодарности

Изследването е проведено в рамките на научно-изследователски проект на тема „Обследване на глобалните промени във високите планини: на примера на езерните райони в Рила в България и Юлийските Алпи в Словения”, финансиран от Фонд „Научни изследвания” МОМН.

Литература:

1. Балтаков, Г. Глациална морфогенеза във високопланинския пояс на България, свързана с куполен тип ледници. Проблеми на географията, кн. 1-2, 71-79. 2004.
2. Велчев, А. Плейстоценските залежавания в българските планини. *Год. на СУ, ГГФ, кн. 2 – география, т. 87*, 53-65. 1995.
3. Велчев, А. Глациален и криогенен релеф в част от Мусаленския дял на Рила. *Год. на СУ, ГГФ, кн. 2 – география, т. 89*, 7-21. 1999.
4. Воденичаров, Д. Хидроботанични ситуации върху високопланинските езера в България. Изв. на Ботан. Инст. – БАН. т. VII. 279-291. 1960.
5. Вълканов, А. Рилските и пиринските езера. Риб. преглед, год. 7, №2. 22-24. . 1932.
6. Вълканов, А. Хидробиологични проучвания върху някои рилски езера. Год. на СУ, ФМФ, т. 34. 101-145. 1938.
7. Гловня, М. Геоморфоложки проучвания в югозападния дял на Рила планина. *Год. на СУ, БГГФ, кн. 3 – география, т. 51*, 66-174. 1958.
8. Гловня, М. Проучвания на глациалната морфоскулптура в източния дял на Рила планина. *Год. на СУ, БГГФ, кн. 3 – география, т. 55*, 1-47. 1962.
9. Гловня, М. Глациален и периглациален релеф в южния дял на Средна Рила. *Год. на СУ, ГГФ, кн. 2 – география, т. 61*, 37-66. 1968.
10. Иванов, И. Геоморфоложки проучвания в западната част на Северозападна Рила. *Изв. на отд. за хим., геол. и геогр. науки, БАН.*, 1954, т. 2. 7-89. 1954.
11. Иванов, К. Температурни и хидрохимични проучвания на Смардливото езеро в Рила през лятото. *Хидрология и метеорология*, кн. 6. 1959.
12. Иванов, К. Температурен режим на езерата в Рила през лятото. *Природа*, кн. 4. 1964.
13. Цанков, К. Анализ, оценка и прогноза на състоянието на обкръжаващата среда в регионален и глобален мащаб. Научен отчет по тема в проблем XII. София. 1985.
14. Grunewald, K., J. Scheithauer, J.-M. Monget, D. Brown. Characterisation of contemporary local climate change in the mountains of southwest Bulgaria. *Climatic Change*, Springer. 2008.
15. Nojarov, P., Air temperature variability and change at peak Musala for the period 1933-2007, *Geography* 21, 14-19, Sofia (in Bulgarian).
16. Геоложка карта на България в М 1:100 000 (к. л. Благоевград) и обяснителна записка към нея, 1989.
17. Трудове на Института по хидрология и метеорология. Езерата в България. Том XVI, ДИ “НИ”, София, 1964.
18. Бюлетин на НИМХ, юли 2012.