

ПРОСЛЕДЯВАНЕ ПРОМЕНИТЕ НА ЗЕМНОТО ПОКРИТИЕ В РАЙОНА НА СЕДЕМТЕ ЕЗЕРА, РИЛА ПЛАНИНА ЗА ПЕРИОДА 1988 - 2010 г.

Александър Гиков, Петър Димитров

Институт за космически изследвания и технологии — Българска академия на науките
e-mail: gikov@space.bas.bg; petarkirilov@mail.bg

Ключови думи: *Земно покритие, Динамика на ландшафтите, Аероснимки, Рила планина*

Резюме: *В доклада са представени резултатите от проучване на измененията на земното покритие в представителен ключов участък с площ 32,6 km², разположен по северния макросклон на Северозападна Рила. За установяването на измененията са използвани орторектифицирани аероснимки, направени с разлика от 22 години между заснеманията. Дискутирани са причините за наблюдаваните промени.*

LAND COVER CHANGES IN THE SEVEN LAKES AREA, RILA MOUNTAIN FOR THE PERIOD 1988-2010

Alexander Gikov, Petar Dimitrov

Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: gikov@space.bas.bg; petarkirilov@mail.bg

Keywords: *Land cover, Landscape dynamics, Aerophotographs, Rila mountain*

Abstract: *This paper presents the results of a study of land cover changes in a representative test site with area 32.6 km², situated on the northern slope of Northwestern Rila Mountain. For the study two datasets of orthorectified aerial photographs with difference of 22 years between the acquisitions are used. The causes for land cover changes are discussed.*

Въведение

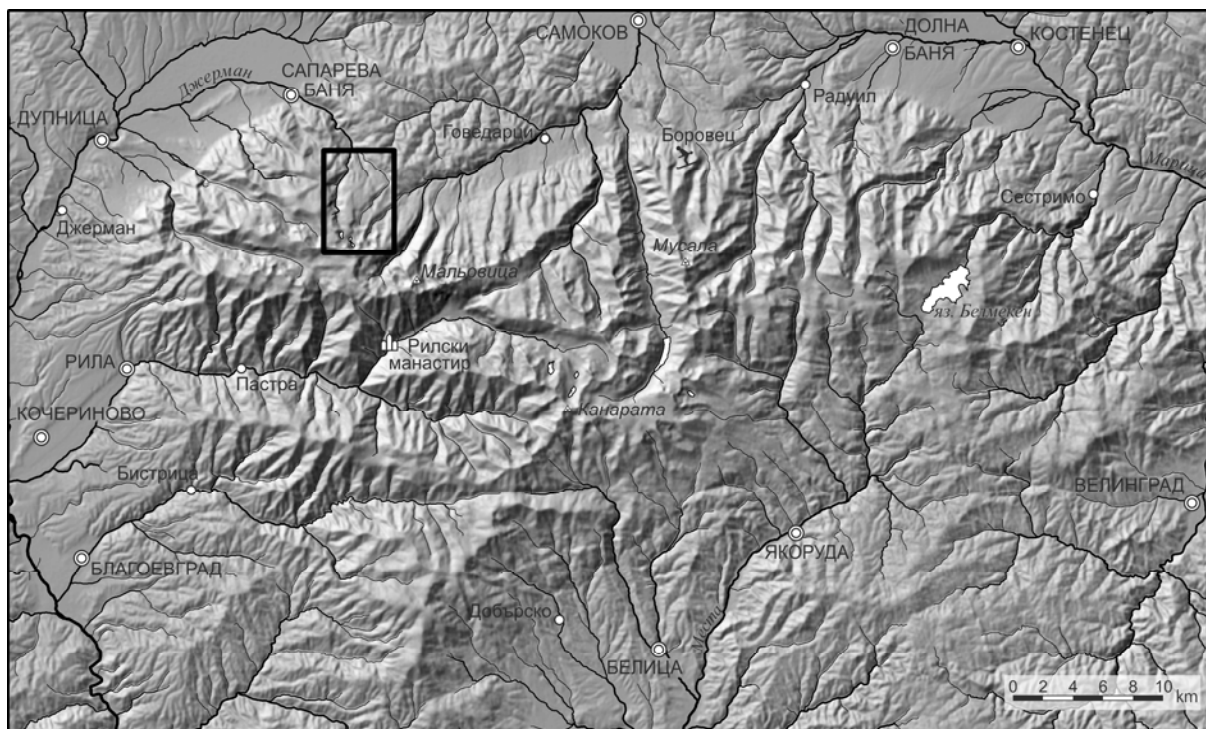
Динамиката в развитието на ландшафтите често се изразява в промените, които настъпват в тяхното земеползване. Типът земеползване на дадена територия има водеща роля за формирането на определен тип земно покритие на нея. В този смисъл чрез картографиране на типовете на земното покритие и промените, които настъпват в него за даден период, може да се направят и изводи за настъпилите изменения в ландшафта за този период. Без съмнение най-подходящото средство за изследване на промените на земното покритие са дистанционните методи [1, 2]. Може да се каже, че в световен мащаб те са се наложили като основен метод при подобни изследвания [3, 4, 5, 6, 7]. У нас дистанционните методи също се прилагат с успех при изследвания на промените на растителната покривка [8, 9], земното покритие [10], динамиката на водни обекти [11, 12] и др.

Целта на доклада е да се направи сравнителен анализ на промените в земното покритие за период от 22 години на територията на избран представителен ключов участък по северния макросклон на Рила. За целта са картографирани класовете земното покритие чрез визуална интерпретация на аероснимки, заснети в началото и края на изследвания период.

Изследвана територия

Обектът на изследване представлява ключов участък с дължина 6,9 km и ширина 4,7 km, разположен на северния макросклон на Рила планина (фиг. 1). Размерите са му

достатъчни (32,6 km²), за да обхване няколко от височинните пояси в планината. Във вертикалния обхват на изследваната територия попадат изцяло субалпийският безлесен и иглолистният горски пояс, а също и части от буковия горски и алпийския пояс на планината.



Фиг. 1. Местоположение на изследвания ключов участък в Рила планина.

Изборът на този район на изследване не е случаен. След пускането в експлоатация на седалковия лифт през 2009 г., районът на Седемте рилски езера се превърна в една от най-масово посещаваните части на планината. Най-много посетители се струпват през месец август, когато са и традиционните сбирки на дъновистите. По данни от Дирекцията на НП “Рила” броят на туристите, посетили района на Седемте езера през месец август 2009 г. е нараснал 4 пъти в сравнение с броя им през същия месец на предходната година [13]. В този смисъл напоследък той е подложен на все по-голям антропогенен натиск. От друга страна в района на проучване се намира деривацията „Джерман-Скакавица“, която доби обществена популярност преди двайсетина години, във връзка с яростните протести на местните жители и екоактивисти. По-назад във времето горите в изследваната територия са били подложени на промишлен дърводобив, като са провеждани и голи сечи.

Характерният ледников релеф, развит главно над 2100 – 2200 m н.в., става обект на специализирани геоморфоложки проучвания още в края на XIX в. от сръбския учен Цвийч [14]. По-късно с изследвания в района се занимават главно български изследователи. Релефът е проучван последователно от Радев [15], Иванов [16], Балтаков [17], Велчев и др. [18], а също и от авторите [19]. В средата на XX в. се провеждат редица проучвания, свързани с изследване на езерата и езерната флора и фауна от Вълканов [20], Воденичаров [21], Иванов [22], както и на колектив от тогавашния институт по хидрология и метеорология при БАН [23]. Особено подробни палинологични изследвания, свързани с детайлно изучаване и датиране на седиментите в езерата Трилистника и Долното езеро са извършени от екип под ръководството на Божилова и Тонков [24, 25]. Формирането и съвременната структура на ландшафтите в горното поречие на р. Джерман е обект на изследване от колектив от Геолого-географския факултет на Софийския университет [26, 27]. Досега изследване на земното покритие и промените в него не е правено.

Въз основа на тези изследвания може да се даде следната кратка характеристика. Ключовият участък обхваща най-високата част на водосбора на р. Джерман и изворната област на р. Черни Искър, като надморската височина е от 1100 m до 2700 m. Скалите са представени основно от аплитоидно-пегматоидни гранити и различни метаморфити – най-вече биотитови гнайси и амфиболити. Характерни са няколко малки тела от серпентинизиран дунит. Североизточният край на участъка е зает от високо издигнати палеогенски седименти [28-30]. Върху тази скална основа през кватернера са отложени на големи площи ледникови и колувиални наслаги [26, 27]. Широко развити в района са две заравнени повърхнини – на 2500-

2600 m н.в. (билна) и на 2300-2400 m н.в. (първо склоново ниво) [26]. Климатичните особености, почвените типове и растителността се изменят във височина като обуславят височинния спектър на ландшафтите. В най-високата част са Алпийските ливадни ландшафти и Субалпийските храстови и ливадни ландшафти [26]. Надолу по склона следват Високопланинските горски (бялборови и мурови), редколесни и храстови ландшафти, а под тях Среднопланинските горски иглолистни (смърчови и елови) ландшафти [27].

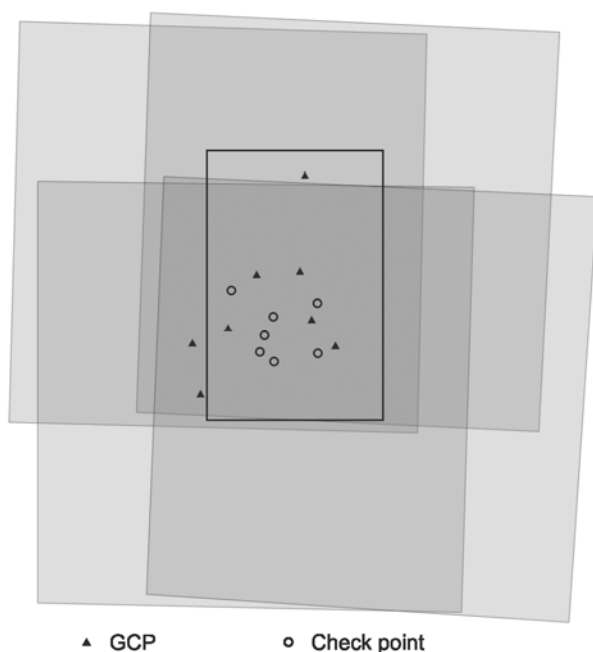
Използвани данни и методи

За визуална интерпретация и съставяне на картите с класовете земно покритие са използвани самолетни снимки. Причината е, че самолетните снимки предоставят достатъчно висока пространствена разделителна способност (ПРС) за да се разпознаят и оконтурят детайлно класовете земно покритие. Съвременните сателитни снимки също притежават такава ПРС, но за картографиране на земното покритие в началото на изследвания период няма как да се осигурят такива изображения. За тази цел са обработени черно-бели аероснимки, заснети през лятото на 1988 г. За отразяване на съвременното състояние на земното покритие са използвани обработени аероснимки от 2010 г.

Чернобелите аероснимки са част от архива на секция Дистанционни изследвания и ГИС към ИКИТ – БАН и са заснети на 8 юли 1988 г. с рамковата камера Wild RC-10. Фокусното разстояние на камерата е 152,77 mm, а размерът на кадъра е 23x23 cm. При обработката на снимките за района на изследване е съставен малък фотограметричен блок от четири кадъра. Два от тях са от северната ивица на заснемане и два са от южната (фиг.2). Двете ивици имат взаимно застъпване 37-40%, а застъпването между всеки два съседни кадъра от тях е около 60%. Северната ивица е заснета при височина на полета около 7500 m н.в. или около 5,5-6 km над терена и снимките имат мащаб, който варира в границите от 1:35 000 до към 1:40 000. Южната ивица е заснета от близо 8000 m н.в. тъй като обхваща билните части на Северозападна Рила, където надморската височина достига и дори на места надминава 2500 m и по този начин мащабът се запазва в същите граници.

За да могат да се използват като база за сравнение на дългосрочните изменения на земното покритие, тези архивни аероснимки трябва да се обработят. Обработката включва тяхното сканиране, орторектифициране и мозайкиране.

Сканирането е извършено с А3 скенер Microtek ScanMaker 9800XL с резолюция 1200 dpi. При тази резолюция на сканиране размерът на пиксела е около 90 cm. При фотограметричната обработка за предпочитане е да се сканира директно негативът, но в архива на секцията се пазят само контактните копия.



Фиг. 2. Разположение на четирите кадъра от фотограметричния блок, опорните точки (GCP) и точките за проверка на точността на аеротриангулацията в него (Check points). Правоъгълникът с черна рамка показва местоположението на изследвания ключов участък в блока.

Орторектификацията е задължителен етап от обработката на аероснимките, тъй като при нея аероснимките се трансформират от централна проекция към ортогонална и се

редуцира влиянието на релефа. По този начин всички кадри се привеждат към единна проекция и стават съпоставими в пространството с други снимки, заснети на същото място, но по друго време. Четирите кадъра, образуващи малък фотограметричен блок, са обработени чрез съвместно снопово-блоково изравнение при триангулацията в софтуерния пакет LPS 9.1 на ERDAS Imagine. Камерата Wild RC-10 е дефинирана в този софтуер, но тъй като не разполагаме с точните калибровъчни данни на тази конкретна камера, за отстоянията на четирите рамкови марки от централната точка на кадъра са използвани фабричните параметри (+/-106 mm). Поради това, а и заради използването на сканирани хартиени копия, а не негативи, средната грешка при вътрешното ориентиране е голяма – между 3,8 и 5,8 пиксела.

За осигуряване на абсолютната ориентация на кадрите от блока са използвани 8 опорни точки (GCP). Доколкото това е възможно в планинска територия със силно разчленен релеф, те са разположени относително равномерно, главно в обхвата на изследвания ключов участък. Координатите им са снети по време на теренните проучвания с GPS приемник Topcon GRS-1 с двучестотна антена PG-A1. Поради планинския релеф обикновено връзката с GSM мрежите не е добра и рядко има възможност за използване на GPS апарата в RTK режим. В местата, където не може да се получават корекции в реално време, за осигуряване на сантиметрова точност е приложена последваща обработка на GPS данните. Използвани са RINEX данни от перманентната EUREF станция SOFI (40 km) и от перманентната станция на фирма Навитек в Благоевград (30 km).

Точките, осигуряващи взаимното ориентиране на кадрите – т.нар. свързващи точки (Tie point) са с най-голям брой – общо 470. Първите 108 от тях са правени ръчно, чрез едновременното им разпознаване върху съседни кадри. Останалите са генерирани автоматично при две последователни итерации. Автоматичните също са проверени, тъй като някои от тях са разположени не на правилното място, което води до значително увеличаване на средната грешка от триангулацията. Причина за това е силно разчленения планински релеф. Грешните точки са разположени главно между двете редици. След коригирането на местоположението им средната грешка се редуцира няколко пъти.

За проверка на точността на аеротриангулацията са използвани 7 точки (Check point), чиито координати също са свалени по време на теренните работи със същия GPS приемник.

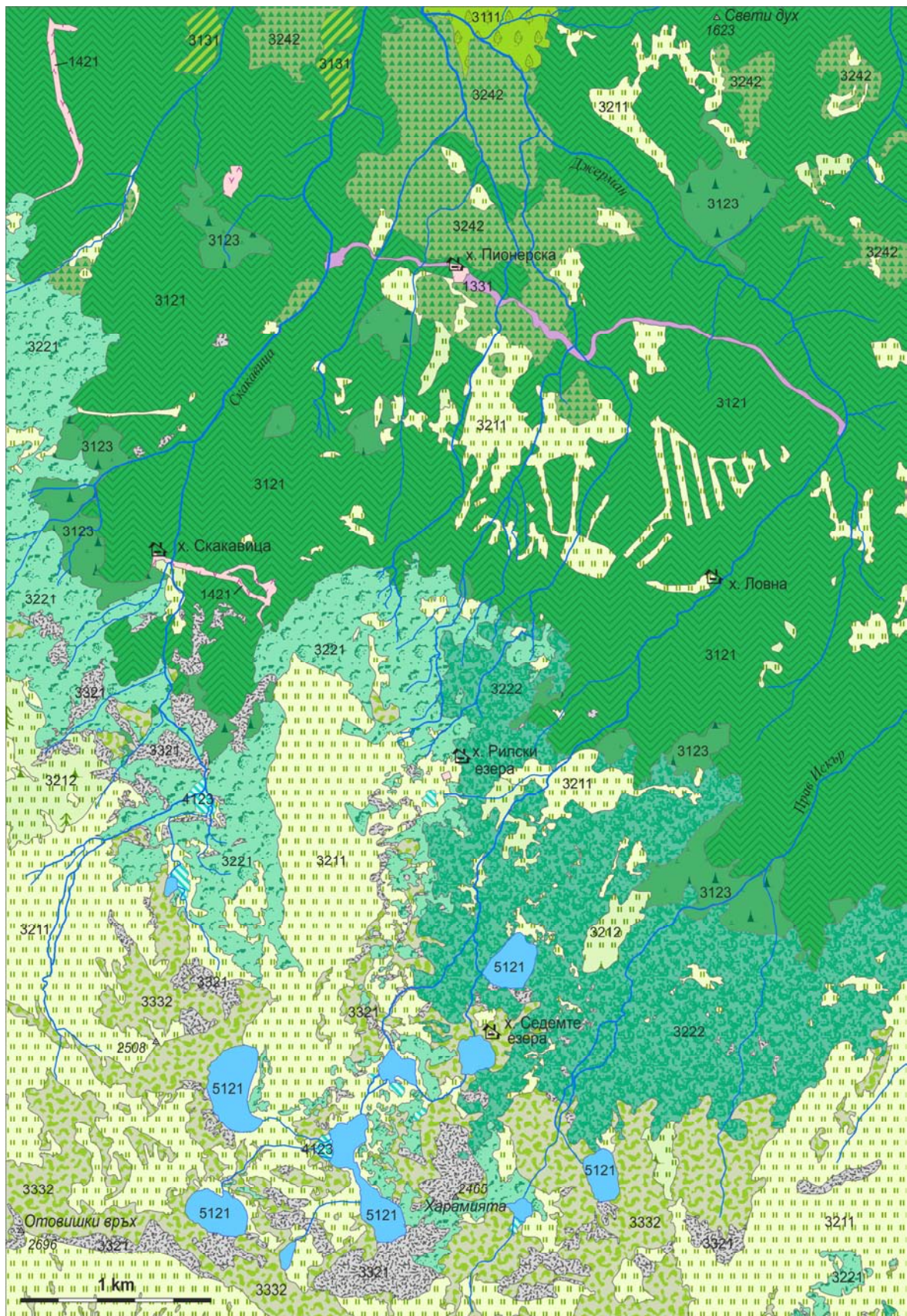
Резултатите от съвместното снопово-блоково изравнение при триангулацията са добри. Средната квадратична грешка е 1,1 m. Средната грешка по *X* от точките за проверка на точността (Check points) е 1,8 m, по *Y* 2,0 m, а по *Z* е 6,1 m.

Мозайкирането осигурява интеграцията на отделните аерофотоснимки в едно цялостно орторектифицирано изображение. При тази операция обикновено се използват само тези части от отделните кадри, които се намират най-близо до надира (most nadir) и по този начин в крайния продукт влизат тези части от снимките, където резултатите от орторектификацията са най-добри. Мозайкирането е извършено с инструмента "MosaicPro" на ERDAS Imagine 9.1. Свързващите шевове са прокарани първо автоматично чрез използване на „most nadir“, а после са коригирани ръчно където е необходимо. Например при Долното и при Скакавишкото езеро шевове са коригирани така, че да не пресичат езерата. За да може да се получи цялостно изображение с еднакъв фототон е приложена опцията "Use Image Dodging" от менюто „Color Corrections“. За замаскиране на линията на съединяване е приложена функцията "Smoothing" с разстояние от нея 5 m и "Smoothing filter" 3x3, а опцията за "Feathering" е настроена на 3 m от шева.

Резултатът от орторектификацията и мозайкирането на снимките от 1988 г. е ортофотоплан, обхващащ билото и част от северните склонове на Северозападна Рила (110 km²), в проекция UTM зона 34 и с размер на пиксела 1 m.

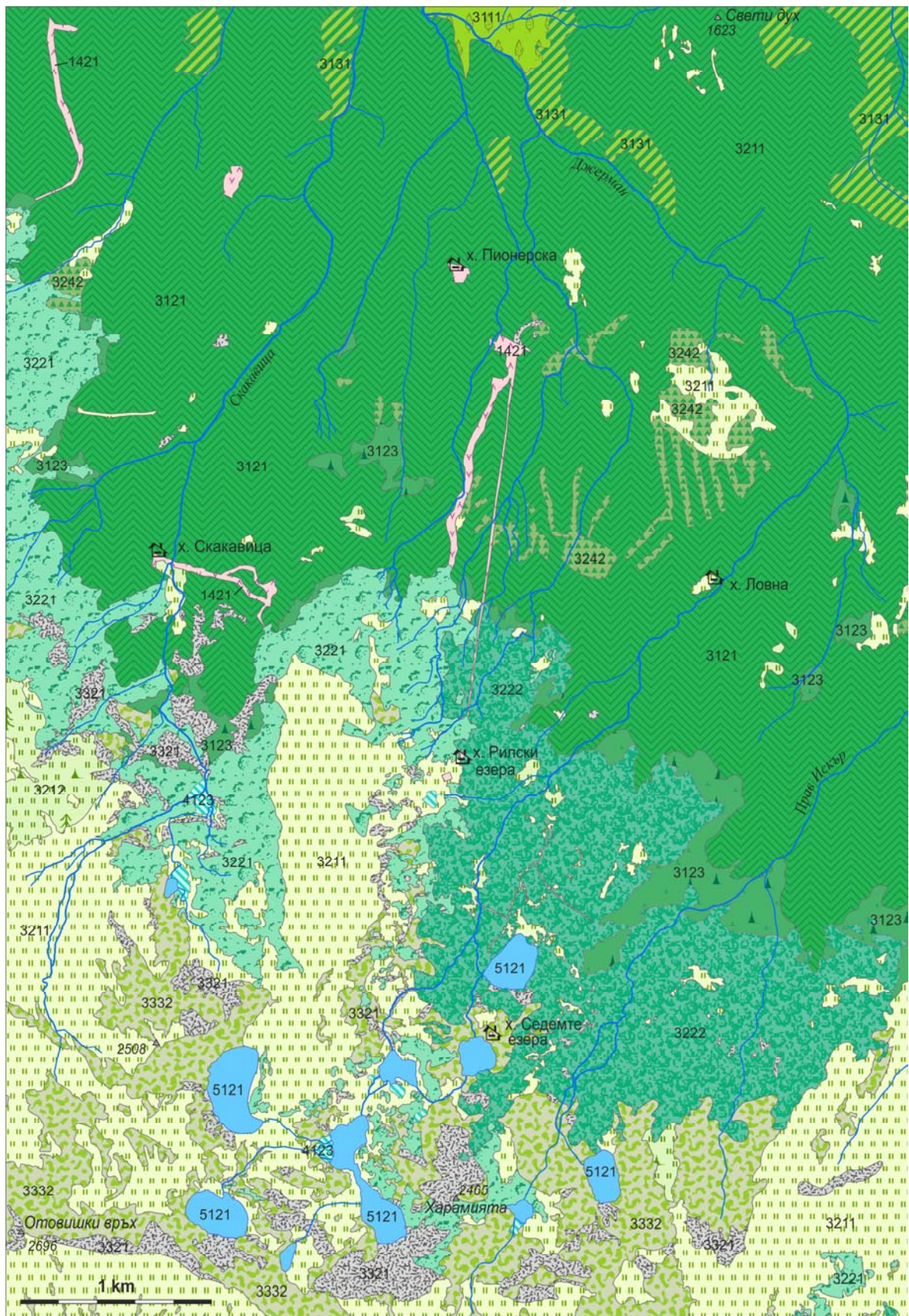
За отразяване а съвременното състояние на земното покритие в района на изследване са използвани шест картни листа (B2-9, B2-10, C2-204, C2-205, C2-219 и C2-220) от ортофотоплана на България, заснет 2010-2011 г. Конкретно в тази част на страната заснемането е извършено на 23 август 2010 г. Аероснимките са направени с дигитална камера, което осигурява високо качество на снимките. Ортофотопланът има размер на пиксела 0,4 m и е в проекция UTM зона 35, така че единствената необходима обработка на изображенията от 2010 г., за съвместяването с ортофотоплана от 1988 г., е трансформацията им в зона 34 и съединяването на картните листи в общо изображение.

Картографирането на земното покритие за 1988 г. и 2010 г. е направено чрез визуална интерпретация на ортофотоплановите за съответните години. Приложена е класификацията на CORINE за земно покритие, но тъй като снимките позволяват значителна детайлност са използвани класовете земно покритие на 4-то ниво, разработени от Feranec и Otahel [31]. Резултатите от картографирането на земното покритие са представени на фиг.3 и фиг.4.



Фиг. 3. Карта на земното покритие през 1988 г.

Кодове на класовете земно покритие по CORINE Land cover четвърто ниво: **1331** – строителни обекти; **1421** – спортни съоръжения (ски писти); **3111** – широколистни гори с непрекъснато покритие; **3121** – иглолистни гори с непрекъснато покритие; **3123** – иглолистни гори с прекъснато покритие (преходна зона);



Фиг. 4. Карта на земното покритие през 2010 г.

3131 – смесени гори с непрекъснато покритие; **3211** – естествени тревни площи без дървета и храсти; **3212** – естествени тревни площи с дървета и храсти; **3221** – ниски храсти (хвойна); **3222** – клек; **3242** – естествено възобновена млада гора; **3321** – голи скали; **3332** – рядка растителност върху скали; **4123** – заблатени и мочурливи терени; **5121** – естествени водни тела (гляциални езера)

Резултати

При анализа на двете карти се установяват значителни изменения в някои части на ключовия участък през периода 1988 – 2010 г. По-съществени са промените в иглолистния горски пояс. Така например в района около х. Пионерска през 1988 г. широко разпространение (133,5 ha) има класът 3242 (Естествено възобновена млада гора), докато през 2010 г. площта му е трансформирана предимно в клас 3121 (иглолистни гори с непрекъснато покритие), а по-малки площи са превърнати в клас 3131 (смесени широколистно-иглолистни гори с непрекъснато покритие). С тенденция към уплътняване на склопа и формиране на горски клас земно покритие са промените в територията южно от в. Сведи дух, където класовете 3123 (иглолистни гори с прекъснато покритие), 3242 и по-голямата част от безлесния клас 3211 (естествени тревни площи без дървета и храсти) са заменени с класовете 3121 и 3131. През 1988 г. над х. Пионерска безлесният клас 3211 заема площ от 49 ha, но в резултат на възобновяването на гората през 2010 г. тази площ е заета главно от клас 3121 (38 ha) и 3242 (11 ha).

Макар и на по-малки площи се наблюдават и обратните изменения. На около един километър северно от х. Ловна на площ от около 24 ha иглолистните гори (клас 3121) са изсечени и на тяхно място през 2010 г. са разпространени класовете с млада гора (3242 – 9,6 ha) и пасищата (3211 – 14 ha).

Напълно изчезнал от картата на земното покритие е клас 1331. С този код е картографирана територията, която през 1988 г. е била засегната от строителството на деривацията „Джерман-Скакавица“. Изкопите и насипите постепенно са се залесили и на снимката от 2010 г. единствено се забелязва черният път, който се намира над канала на деривацията, но поради малката си ширина той не е отделен като самостоятелен клас. По тази причина в по-голямата си част от клас 1331 в картата на земното покритие през 2010 г. е заменен с клас 3121.

По-високо към горната граница на гората и субалпийския пояс също се установява промяна на класовете с тревна (3211) и преобладаващо тревна растителност (3212) към класове със значително участие на дървесна или клекова растителност. Източно от х. Рилски езера на територия с площ 28,4 ha, която през 1988 г. е била заета с класовете 3211 и 3212, през 2010 г. се намират класовете 3222 (клек – 22,9 ha) и 3123 (Иглолистни гори с прекъснато покритие – 5,5 ha).

На някои места се забелязва и леко повишаване на горната граница на гората – главно западно от х. Скакавица и в най-източната част на ключовия участък. Поради неголемия период на наблюдение преместването не е значително, но потвърждава тенденция установена и в други части на Рила [10, 32].

Във връзка с развитието на туризма в района се наблюдава почти двойно увеличаване на площта на класа спортни съоръжения (1421). Въпреки това този клас продължава да заема под 1% от територията (табл. 1).

Табл. 1. Планиметрични площи и относителен дял на типовете земно покритие през 1988 и 2010 г.

Описание	Код	Площ 1988		Площ 2010	
		ha	%	ha	%
Строителни обекти	1331	9.0	0.3%	0.0	0.0%
Спортни съоръжения	1421	8.9	0.3%	17.1	0.5%
Широколистни гори с непрекъснато покритие	3111	13.8	0.4%	13.8	0.4%
Иглолистни гори с непрекъснато покритие	3121	1249.4	38.4%	1465.4	45.0%
Иглолистни гори с прекъснато покритие	3123	103.7	3.2%	78.5	2.4%
Смесени гори с прекъснато покритие	3131	13.1	0.4%	65.5	2.0%
Естествени тревни площи без дървета и храсти	3211	628.0	19.3%	528.6	16.2%
Естествени тревни площи с дървета и храсти	3212	52.9	1.6%	36.0	1.1%
Ниски храсти (хвойна)	3221	280.9	8.6%	263.8	8.1%
Клек	3222	312.0	9.6%	324.1	10.0%
Естествено възобновена млада гора	3242	164.1	5.0%	43.0	1.3%
Голи скали	3321	105.2	3.2%	104.9	3.2%
Рядка растителност върху скали	3332	268.0	8.2%	268.0	8.2%
Заблатени и мочурливи терени	4123	5.4	0.2%	5.4	0.2%
Естествени водни тела	5121	41.4	1.3%	41.4	1.3%

Заклучение

Районът на Седемте рилски езера в Северозападна Рила се характеризира с разнообразни по характер и посока изменения с антропогенен произход. Дърводобивът и строителството са основните причини за антропогенните изменения на облика на района, особено в горския пояс, а в по-ново време и масовият туризъм. Върху растителната покривка и нейното разпространение са оставили отпечатък и по-далечните исторически периоди, свързани с разчистването на площи за създаването на пасища. Растителността, като обобщаваща и физиономична характеристика на природните комплекси е най-удобният индикатор за настъпващи промени. Приложението на дистанционни методи позволява бързо и лесно да се картографират растителността и земното покритие и да се анализира разпространението, скоростта и степента на съвременните антропогенни промени.

За един относително кратък период от 22 години районът на изследване претърпява съществени изменения на земното покритие. По-значителни са те в иглолистния пояс, където се наблюдава възстановяване на горската растителност. Класът на иглолистните гори (3121) е увеличил относителния си дял с 6,6% – от 38,4 на 45%. Това увеличение в голяма степен е за сметка на клас 3242 (естествено възобновена млада гора). Този клас през 2010 г. заема с 3,7% по-малка площ, спрямо тази през 1988 г. Другият клас, който е намалил значително заеманата площ, е този на естествените пасища (3211) – от 19,3% през 1988 г. на 16,2% през 2010 г. Тези изменения са индикатор, че през изследвания период ландшафтите се развиват предимно под въздействието на естествени процеси, които са в посока на възстановяване на естествената зонална растителност.

Благодарности

Теренните работи са проведени по програмата на научно-изследователски проект „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

При измерването на координатите на опорните точки и точките за проверка на точността на триангулацията е използван GPS приемник, предоставен безвъзмездно от центъра за приложение на спътникови изображения ПЕСАК.

Ортофотоизображението от 2010 г. е предоставено от Министерството на земеделието и храните.

Литература:

1. Орлов, В. И. (1976). Анализ динамики природных условий и ресурсов. М. Наука, 275 с.
2. Виноградов, Б. В. (1984). Аэрокосмический мониторинг экосистем. М., Наука, 320 с.
3. Ihse, M. (1995). Swedish agricultural landscapes — patterns and changes during the last 50 years, studied by aerial photos. *Landscape and Urban Planning*, 31(1-3), 21–37
4. Miller, M. E. (1999). Use of Historic aerial Photography to Study Vegetation Change in the Negrito Creek Watershed, Southwestern New Mexico. *The Southwestern Naturalist*, 44(2), 121-137
5. Silapaswan, C.S., D.L. Verbyla, A.D. McGuire. (2001). Land cover change on the Seward Peninsula: the use of remote sensing to evaluate the potential influences of climate warming on historical vegetation dynamics. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 27(5), 542-554
6. Alados, C.L., Y. Pueyo, O. Barrantes, J. Escós, L. Giner, A.B. Robles. (2004). Variations in landscape patterns and vegetation cover between 1957 and 1994 in a semiarid Mediterranean ecosystem. *Landscape Ecology*, 19: 543–559
7. Ivanov, E., I. Manakos, J. M. Rey Benayas. (2007). Remote sensing evaluation of afforestation versus natural revegetation on abandoned croplands in central Spain. In: M.A. Gomarsca (ed.) *GeoInformation in Europe*, Millpress, Netherlands, 197-204
8. Гиков, А. (2000). Картографиране и анализ на развитието на растителността в ландшафтите чрез използване на разновременни аероснимки в ключов участък "Богдая" - Северозападна Рила. Сборник доклади "Международна научна сесия 50 години ГИ - БАН", С., 2000, с. 190-198
9. Naydenova, V., G. Jeleв, 2009, Forest Dynamics Study Using Aerial Photos and Satellite Images with Very High Spatial Resolution. *Proceedings of the 4th International Conference on Recent Advances in Space Technologies "Space in the Service of Society"–RAST 2009*, Istanbul, Turkey. 344-348
10. Гиков, А., П. Димитров. (2009). Приложение на геоинформационните технологии за оценка на щетите и последиците от големия пожар в района на х.Мальовица, Рила планина. В: Сб. Доклади от пета научна конференция с международно участие "Space, Ecology, Nanotechnology, Safety – SENS 2009" 2-4 ноември 2009 г София. с. 150-159
11. Христова, Н., Г. Железов. (2010). Антропогенни трансформации на Поморийската влажна зона. *Год. На СУ ГГФ*, кн2. т. 102, с. 5-12

12. Jelev G., E. Rumelina. (2001). Monitoring of the Studen Kladenets reservoir using air and space images. *Aerospace Research in Bulgaria*, 16, 97-106
13. Николова, М., С. Недков, Ю. Крумова, Е. Кирилова - Чорбаджийска (2013) Оценка на въздействието на туризма върху екосистемата на седемте рилски езера. В: Сб. Доклади от Осма научна конференция с международно участие "Space, Ecology, Safety – SES 2012", 4-6 декември 2012 г., София, с. 387-390
14. Цвијић, Ј. (1897). Трагови старих глечера на Рили пл. Гласник Срп. крал. акад. LIV, I Разред, 19
15. Радев, Ж. (1920). Природната скулптура по високите български планини. С. 132 с.
16. Иванов, И. (1954). Геоморфоложки проучвания в западния дял на Северозападна Рила. Изв. на ГИ-БАН, т. II, 1954, с. 7-89
17. Балтаков, Г. (1984). Долината на р.Джерман в Рила през късноледниково време. *Проблеми на географията*. 1984, 3, с. 47-51
18. Велчев, А., С. Тонков, Е. Божилова. (2011). Палеогеоморфолошко и палеоекологическо развитие на Северозападна Рила през плейстоцена и холоцена. *Проблеми на географията*, 2011, 3-4, с. 35-50
19. Гиков, А., П. Димитров. 2010. Идентификация и картографиране на реликтните каменни ледници в Рила планина чрез използване на аерокосмически изображения. В: Сб. Доклади от шеста научна конференция с международно участие "Space, Ecology, Safety – SES 2010" 2-4 ноември 2010 г София. с. 252-259
20. Вълканов, А. (1938). Хидробиологични проучвания върху някои рилски езера. Год. на СУ, ФМФ, т. 34. с. 101-145.
21. Воденичаров, Д. (1960). Хидробиологични ситуации върху високопланинските езера в България. Изв. на Ботан. Инст. – БАН. т. VII. 279-291
22. Иванов, К. (1964). Температурен режим на езерата в Рила през лятото. *Природа*, кн. 4. 1964.
23. Трудове на института по хидрология и метеорология. Езерата в България. Том XVI, ДИ "НИ", София, 1964
24. Bozilova, E., S. Tonkov. (2000). Pollen from Lake Sedmo Rilsko reveals southeast European postglacial vegetation in the highest mountain area of the Balkans. *New Phytologist* 148, 2000, 315-325
25. Tonkov, S., E. Bozilova, G. Possnert, A. Velčev (2008). A contribution to the postglacial vegetation history of the Rila Mountains, Bulgaria: the pollen record of Lake Trilistnika. – *Quaternary International*, 190, 2008, 58-70
26. Контева, М., Р. Пенин, Н. Тодоров, М. Контева. (2001). Субалпийски и алпийски ландшафти в басейна на р. Джерман – Северозападна Рила. *Год. на СУ, ГГФ, кн.2 – география*, т. 91, 2001, с. 129–147.
27. Велчев, А., Р. Пенин, А. Велчев, Н. Тодоров. (2003). Формиране и съвременна структура на студено-умерените хумидни ландшафти в басейна на р. Джерман – Северозападна Рила. *Год. на СУ, ГГФ, кн. 2 – география*, т. 93, 2003, 55–70.
28. Вълков, В., Н. Антова, К. Дончева. (1989). Гранитоиды Рило-Западно-Родопского батолита. *Geologica Balcanica*, 19, 2, с. 21-54
29. Димитрова, Ел. (1960). Петрология на кристалинния цокъл в Северозападна Рила планина. В: Трудове върху геологията на България, Серия геохимия и полезни изкопаеми, кн. 1, Геологически институт на БАН, София. с. 199-256
30. Желязкова-Панайотова, М. Здр. Илиев, Св. Петрусенко. (1972). Нови данни върху геологията на района на Седемте рилски езера. *Списание на Българското геологическо дружество*, т. XXXIII, 2, с. 133-152
31. Ferranec, J., Otahel, J. (1998). Final version of the 4th level CORINE land cover classes at scale 1:50 000 (Task 4.2). Technical Report. EEA Phare Topic Link on Land Cover. Bratislava (Institute of Geography, SAS)
32. Радков, И. (1961). Екологическа класификация на горите в Рила планина. С. Земиздат. 200 с.