

СОФИЙСКИ УНИВЕРСИТЕТ „СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ”

Геолого-географски факултет

Катедра „Климатология, хидрология и геоморфология”



Соня Стоянова Стоянова

**ФЛУВИАЛНА МОРФОЛИТОДИНАМИКА
ВЪВ ВИСОКОПЛАНИНСКИЯ ПОЯС
НА ПИРИН ПЛАНИНА**

АВТОРЕФЕРАТ

на дисертационен труд за присъждане на образователна и научна степен
„доктор”

СОФИЯ

2019

Дисертационният труд е обсъден на катедрен съвет и разширено заседание на катедра „Климатология, хидрология и геоморфология“ при Геолого-географски факултет на Софийски университет „Свети Климент Охридски“.

ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА

Дисертационният труд е в обем 196 страници текст, разделени в 7 глави, включително Заключение и основни изводи. Дисертационният труд е онагледен със 73 броя фигури и 53 таблици. Използваната литература е в обем 10 страници с 201 заглавия, от които 86 на кирилица и 115 на латиница.

Уводът (Глава I) съдържа два раздела – Актуалност на научния труд (2 стр.) и Обект, цел и задачи на изследването (1 стр.). В глава II е разгледано Състояние на научните изследвания на територията на Пирин планина – 7 стр. Глава III. Методологични основи на изследването включва Подходи на работа, Материал и методика на изследването, Ключови участъци (общо 14 стр. с фигури и таблици). Морфохидрографската характеристика (глава IV) е 24 стр., в които са анализирани основни морфометрични параметри на релефа и речно-ерозионната мрежа. В глава V са разгледани Условия и фактори за протичането на флувиалните процеси във високопланинския пояс на Пирин – 51 стр. В глава VI, Резултати от геоморфоложките изследвания във високопланинския пояс на Пирин, е представен анализ на получените данни от наблюденията в обем от 71 стр. Глава VII Заключение и основни изводи е развита в 8 стр. Приложенията са в обем от 4 стр.

Защитата на дисертационният труд ще се състои на2019 г. от часа в зала № на Софийския университет “Свети Климент Охридски” на заседание на специализирано научно жури в състав:

- Външни членове: проф. дгн Иван Чолеев, проф. дгн Георги Алексиев, доц. д-р Красимир Стоянов
- Вътрешни членове: проф. д-р Росица Кендерова, проф. д-р Георги Рачев

Материалите по защитата са на разположение на интересуващите се в Деканат на Геолого–географски факултет, каб. 254, ет. II (северно крило) на Ректорат на Софийски университет „Свети Климент Охридски“.

СОФИЙСКИ УНИВЕРСИТЕТ „СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ”

Геолого-географски факултет

Катедра „Климатология, хидрология и геоморфология”



Соня Стоянова Стоянова

**ФЛУВИАЛНА МОРФОЛИТОДИНАМИКА
ВЪВ ВИСОКОПЛАНИНСКИЯ ПОЯС
НА ПИРИН ПЛАНИНА**

АВТОРЕФЕРАТ

на дисертационен труд за присъждане на образователна и научна степен
„доктор”

Професионално направление „Науки за Земята” – 4.4

Специалност 01.08.03 Геоморфология и палеогеография

Научен ръководител:

проф. д-р Росица Михаилова Кендерова

СОФИЯ

2019

Благодарности:

Авторът изказва своята благодарност и признателност на научния си ръководител проф. д-р Р. Кендерова. Благодаря за доверието, помощта, съветите и методическите указания при цялостното разработване на дисертационни труд.

Благодаря на проф. д-р Г. Рачев, доц. д-р А. Балтакова, доц. д-р А. Сарафов, гл. ас. д-р Д. Кренчев и д-р П. Божков за отзивчивостта и помощта им при провеждането на част от изследванията и теренните наблюдения.

Изказвам благодарност на преподавателите от Катедра „Климатология, Хидрология и Геоморфология”, ГГФ за ценните съвети и методически насоки през годините.

Благодаря на своето семейство за моралната подкрепа, която получих. Благодаря на Денис Филипов за търпението, подкрепата и насърчението през цялото време на обучението ми, както и при провеждането на част от теренните измервания.

I. Увод

1. Актуалност на научния труд

През последните няколко десетилетия погледите на научната общественост са насочени към високите планини, тъй като те се оказват „индикаторни територии” (Viviroli, Weingartner, 2004) за глобалните промени в природната среда. Планините са смятани за подходящи при откриване и проучване на ефектите от изменението на климата, тъй като до голяма степен те все още са слабо засегнати от човешката дейност. Едновременно с това, процесите, контролиращи състоянието на средата в планините, са много по-слабо изучени, в сравнение с извънпланинските териториите.

Промените в климата, регистрирани в Алпите, Андите, Хималаите и други планински територии на Земята, показват, че планинските ледници се оттеглят – тенденция, която се очаква да се ускори през следващите няколко десетилетия, поради антропогенното изменение на климата (Beniston, 2003). В някои райони се очаква ледниците напълно да изчезнат, а площта на замръзналите почва и наслаги (пермафрост), както и съотношението на снега към валежите от дъжд, да намалее. Това ще повлияе на режима и количеството на максималния и минималния воден отток върху големи площи от континентите, а ако тенденцията продължи – ще има резонанс в глобален мащаб. От своя страна, промените в характеристиките на оттока ще дадат отражение върху скоростта на ерозията, транспорта на седименти и хранителни вещества, температурата и биохимичните параметри на реките и езерата.

Промените в хидроклиматичните условия на планините ще засегнат околните ниски територии в каскада от ефекти с последици за човешкото общество. В това отношение, високите планини на България, включително и Пирин, не са изключение. Най-скорошният пример е от ноември 2016 г., когато интензивни валежи в Пирин повишиха значително нивата на реките Пиринска и Санданска Бистрица, а реките Глазне и Туфча излязоха от коритата си и нанесоха сериозни материални щети. Съвременното състояние на природната среда оказва пряко влияние на водоснабдяването на селищата и туристическите центрове в подножието на Пирин. Отговорът и измерението на флукуациите обаче остават непредвидими, поради „високата метеорологична променливост и сложното взаимодействие между климата, криосферата и хидроложките процеси” (Ragettli et al., 2016). Това налага не само сериозен научен подход, а и непрекъснато наблюдение на природната среда.

В този смисъл Пирин планина е слабо изучена. Досегашните научни публикации за територията на планината засягат конкретни проблеми или изследвания, свързани с отделните компоненти на природната среда. Системни геоморфоложки проучвания и мониторинг на екзогенните процеси се провеждат едва от няколко години (Кендерова и др., 2013, 2014; Рачев и др., 2014; Kenderova et al., 2015; Кренчев, 2016; Baltakova et al., 2016; Рачев и др., 2016; Baltakova et al., 2017; Kenderova et al., 2018). Още по-малко са комплексните (в смисъл на физикогеографски) изследвания в най-високите части на Пирин (Рачев и др., 2016; Кренчев и др., 2018).

Високите части на Пирин представляват пространство с динамични геоморфоложки процеси. Тяхното развитие налага системно изучаване както на влиянието им върху цялата геосистема, така и върху инфраструктурата и антропогенната дейност на територията на планината. Проследяването на динамиката и промените на процесите във високопланинския пояс на Пирин ще даде възможност да се регистрират връзките (веригите): склон – река, високопланински – низинен пояс, природна среда – антропогенна дейност. Това ще допълни както разбирането ни за режима и хода на процесите, така и създадената базата данни (геоморфоложки, климатични, хидроложки) за природната среда в Пирин. За актуалността на темата допринасят и новите данни за флувиални и склонови процеси, както и за климатичните елементи температура (на въздуха и почвата) и валежи, за хидроложките параметри на изследваните реки в обхвата на високопланинския пояс на Пирин.

Подобни изследвания изискват емпирични данни, което, от своя страна, налага гъста мрежа от хидрометеорологични станции и геоморфоложки площадки. За съжаление, такъв мониторинг във високопланинския пояс на Пирин липсва – достъпни климатични и хидроложки данни има само за подножието му. От една страна, липсата на данни за високата част на Пирин мотивира написването на настоящия дисертационен труд, но от друга – подобно изследване е предизвикателство за всеки изследовател. Поради това изследването налага аргументирана теза, подход и методика.

2. Обект, цел и задачи на изследването

Обект на настоящото изследване е високопланинският пояс в Пирин планина, която е разположена в Югозападна България и е част от Рило-Родопската морфоструктурна зона (по класификацията на Канев, 1989). Този хипсометричен пояс – над 1600 m н.в. (по Гълъбов, 1966), обхваща около 26% от площта на планината.

Предмет на изследването са флувиалните процеси, форми и наслаги във високопланинския пояс на Пирин.

Основната **цел** е да се проследи динамиката на флувиалните процеси във високопланинския пояс на Пирин и да се изясни ролята на водещия фактор за протичането им.

За постигането на тази цел бяха поставени следните **задачи**:

- Анализ на морфометричните и морфогенетичните особености на релефа, които са предпоставка за проявата на конкретни процеси във високопланинския пояс;
- Анализ на факторите и условията по отношение влиянието им за протичането и интензитета на флувиалните процеси;
- Мониторинг и характеристика на флувиалните и склоновите процеси, форми и наслаги във високопланинския пояс при различна експозиция и литоложка основа;
- Допълване съществуващата до момента база-данни за наблюдение на екзогенни процеси във високопланинския пояс на Пирин.

В настоящото изследване са разгледани условията и факторите на природната среда от гледна точка на ролята им за протичането на склоновите и флувиалните процеси. Последователно са анализирани данните за режим, скорост и разпространение на процесите, получени на базата на мониторингови и експериментални изследвания. В заключителната част е направено обобщение на получените резултати и изводи за динамиката на склоновите и флувиалните процеси във високопланинския пояс на Пирин.

II. Състояние на научните изследвания на територията на Пирин планина

Пирин планина е била обект на изследване в редица научни трудове, монографии и публикации с физикогеографска насоченост. Те се отнасят към геоложкия строеж и петрографията, морфоложките особености на релефа и хидро-климатичните условия, растителността и биоразнообразието в района. В геоморфоложко отношение са провеждани изследвания с описателен характер или на отделни територии от Пирин. Комплексните и мониторингови геоморфоложки изследвания са изключително малко на брой, особено в хипсометричния пояс над 1600 m н.в. Съществуващите публикации за скорост, режим и разпространение на екзогенните процеси от последните няколко години (Кендерова и др., 2013, 2014; Рачев

и др., 2014; Kenderova et al., 2015; Baltakova et al. 2016; Рачев и др., 2016; Baltakova et al., 2017; Kenderova et al., 2018 и др.) са съвсем нови за територията на Пирин и нямат база за сравнение с предишни или настоящи такива.

III. Методологични основи на изследването

1. Подходи на работа

Теренните изследвания, лабораторните анализи и обработката на данните са базирани на два подхода: морфолитодинамичен и т.нар. седиментен бюджет. Първият от тях е базисен в настоящото изследване, защото неговата същност („анализ на комплекса от процеси, образуващи екзогенни форми и неспоени наслаги”, Симонов, 2005) обединява в себе си дефинициите за *морфодинамика* („образуване и развитие на земеповърхни форми в резултат от екзогенни процеси”) и *литогенез* („преместване на вещества в хода на процеса на екзогенно образуване на релефа”) (Ананъев, Симонов, Спиридонов, 1992).

Седиментният бюджет се характеризира чрез изброяване и локализиране на източниците на наслаги и проследяване движението на седиментите от мястото им на произход до мястото на отлагането им (Reid, Dunne, 1996). Във високите части на планините съществуват следните системи на пренос на седименти (Caine, 1974; Slaymaker et al., 2003; Otto, Dikau, 2004; Owens, Slaymaker, 2004):

- 1) Система от едрокъсови седименти (блокове, валуни, чакъли): В нея склоновите процеси създават съответните форми и движат наслагите.
- 2) Система от дребнокъсови седименти (гравел, пясък, глина): В нея доминират флувиалните процеси, които придвижват материалите от подхранващата провинция, а изветрянето, почвената ерозия и еоловата дейност осигуряват финозърнести седименти.
- 3) Геохимична система: транспорт на разтворени вещества чрез изветрянето, нивацията и флувиалните процеси.

Флувиалната морфолитодинамика е динамично съчетание на геоморфоложката среда, която се характеризира с нелинейност в поведението си, има различна стабилност по отношение на външните смущения и различна памет за миналото (Симонов, 2005). Това важи особено за високопланинските територии, където взаимодействието между геоложката основа, водния режим, растителността и

топографските условия, съчетани с климата и количеството на валежите, правят геоморфоложкия отговор на процесите непредвидим.

2. Материал и методика на изследването

Двата подхода налагат използването на *мониторинга* като основен метод за получаване на данни. Той се основава на регулярни теренни наблюдения и измервания, които дават възможност да се проследи как физическите различия влияят върху поведението на процесите при идентичен климат (Jencso, McGlynn, 2011). Като основен критерий за различията се явява експозицията на склоновете. Това предполага проявата на едни и същи екзогенни процеси в обхвата на високопланинския пояс, но с подчертани различия в техния режим.

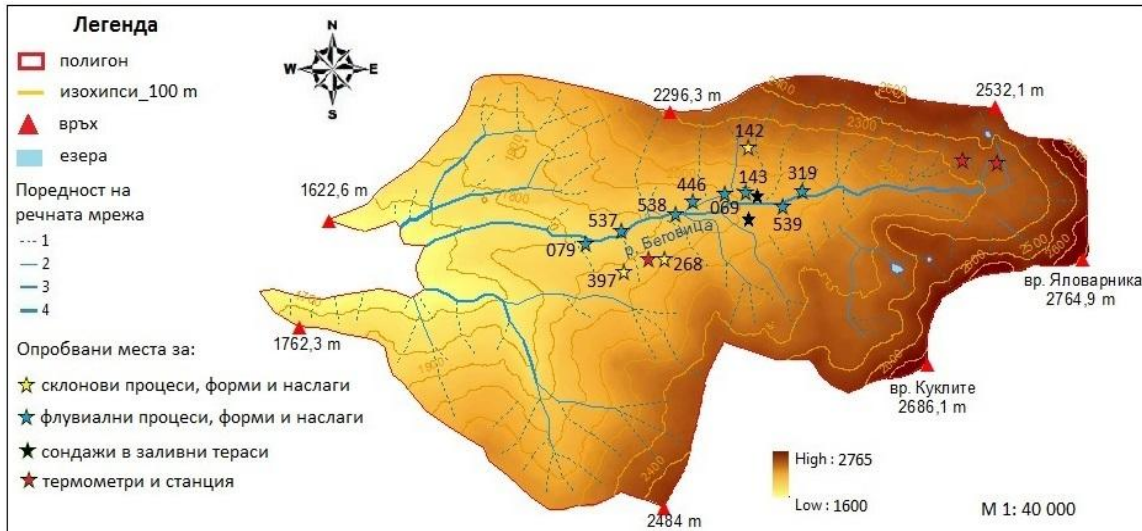
Мониторинговите наблюдения не изключват етапите на класическите геоморфоложки изследвания (Вапцаров, Маринова, Филипов, 1995), които са:

- **Подготвителен етап** – включва предварителни проучвания, подбор на ключови участъци, запознаване с предишни изследвания, набавяне на необходимия картен материал и софтуерни продукти;
- **Полеви (експедиционен) етап** – провеждане на рекогносцировъчни маршрути и теренни измервания;
- **Аналитичен (камерален) етап** – лабораторни анализи, изграждане на пространствена база-данни, геоморфоложки анализ на цифровия модел на релефа, обработка и интерпретация на резултатите.

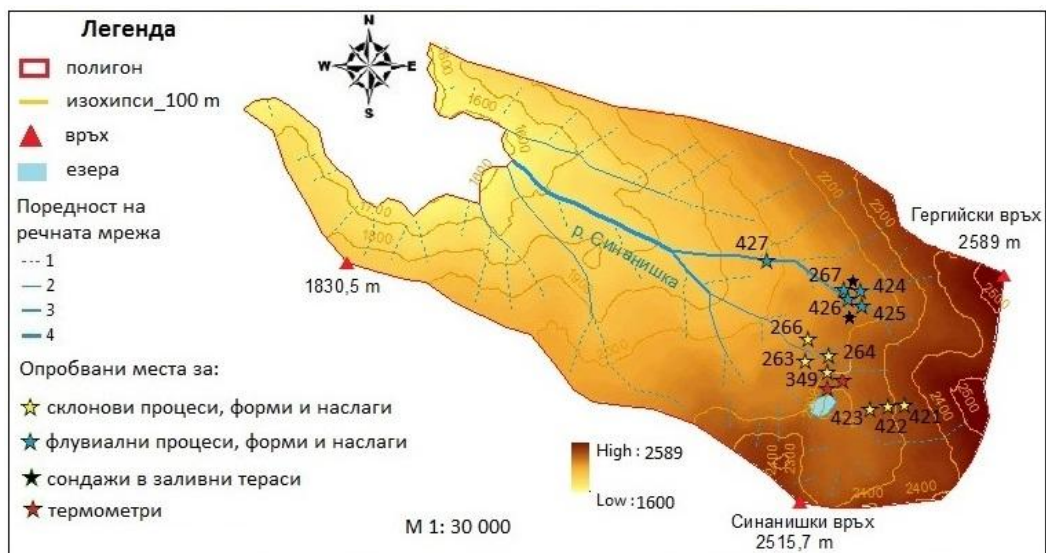
3. Ключови участъци

Високопланинските части на водосборите на реките Беговица, Синанишка, Бъндерица и Демиркапийска се оформиха като ключови участъци. Характеристиката им е направена на основата на водосборите, които възприемаме като фундаментална геоморфна единица при изследването на склонови и флувиални процеси. Ключовите участъци представляват конкретна площ от територията на високопланинския пояс на Пирин (по Толстых, Клюкин, 1987) (фиг. 1-4, табл. 1). В по-голямата си част границите им съвпадат с вододелните линии на басейните, а една по-малка част от тях е условна и съответства на прехода между средно- и високопланинския пояс, т.е. проследява 1600-метровата изохипса (по Гълъбов, 1966 г.). Освен по надморска височина, изборът на

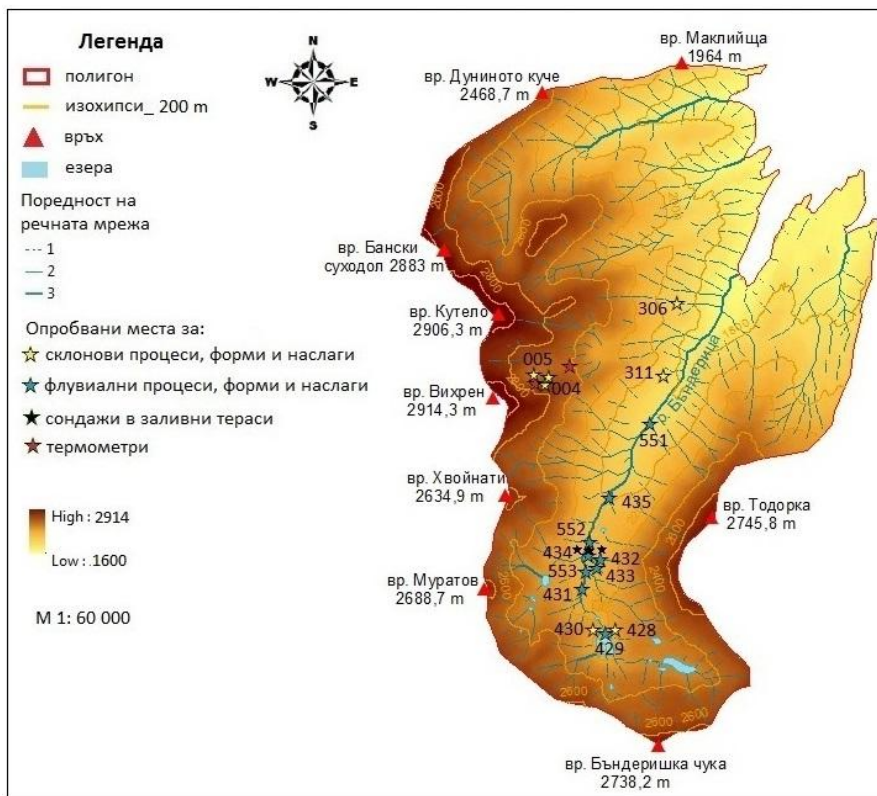
ключови участъци е направен и според тяхната експозиция и достъпност във връзка с проведения мониторинг. Във всеки един са наблюдавани места (точки) със склонови и флувиални процеси, описани са формите и са опробвани техните наслаги.



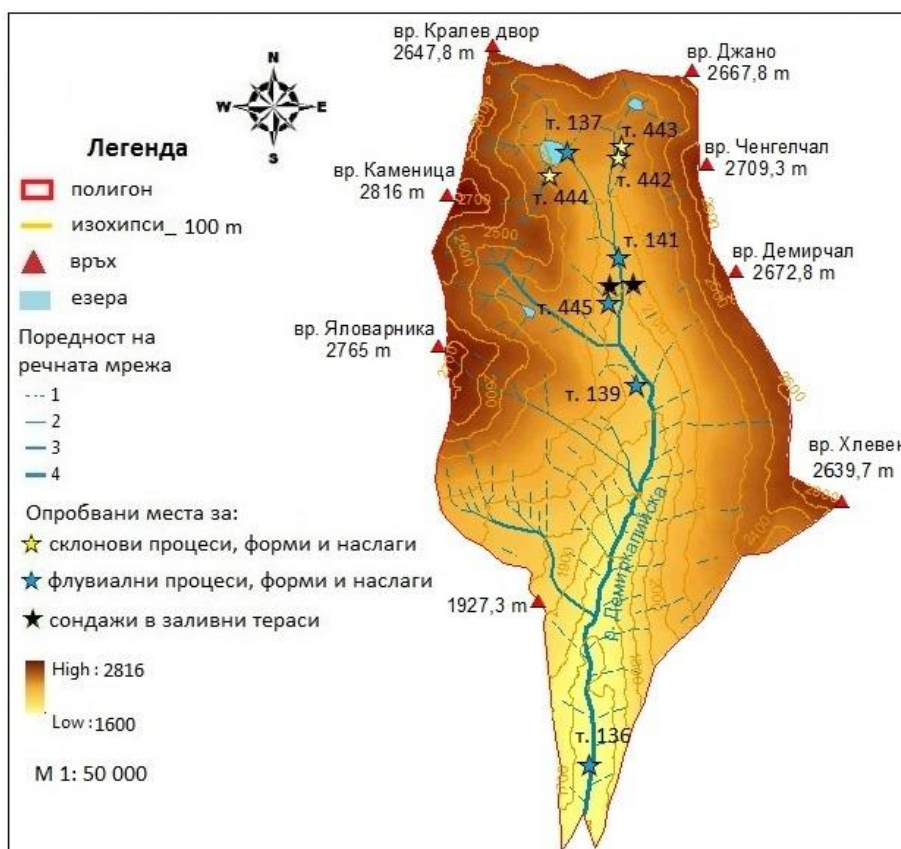
Фиг. 1. Карта на изучеността в ключов участък Беговица



Фиг. 2. Карта на изучеността в ключов участък Синанишка



Фиг. 3. Карта на изучеността в ключов участък Бъндерица



Фиг. 4. Карта на изучеността в ключов участък Демиркапийска

Обобщена таблица на извършените дейности

| Ключов участък | Беговица | Синанишка | Бъндерица | Демиркапийска | Общо |
|--------------------------------|----------|-----------|-----------|---------------|-----------|
| Общ брой GPS точки | 19 | 15 | 18 | 10 | 62 |
| Площадки за склонови процеси | 3 | 8 | 7 | 5 | 23 |
| Площадки за флувиални процеси | 4 | 5 | 3 | 2 | 14 |
| Руслови проби – главни реки | 4 | 0 | 6 | 3 | 13 |
| Морфоскопски анализ (бр.) | 11 | 16 | 17 | 12 | 56 |
| Гранулометричен анализ (бр.) | 16 | 8 | 22 | 8 | 54 |
| Сондажи (бр.) | 2 | 2 | 3 | 2 | 9 |
| Лито-минераложки анализ (бр.) | 5 | 3 | 10 | 5 | 23 |
| Анализ на кварца (бр.) | 5 | 3 | 10 | 5 | 23 |
| pH (на брой проби) | 3 | 2 | 4 | 3 | 12 |
| Чук на Шмид (брой площадки) | 1 | 1 | 1 | 0 | 3 |
| Датчици за t° на въздуха (бр.) | 1 | 1 | 1 | 0 | 3 |
| Датчици за t° на почвата (бр.) | 1 | 1 | 1 | 0 | 3 |
| Метеостанция (бр.) | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Тръба на Пито (брой профили) | 3 | 0 | 3 | 0 | 6 |

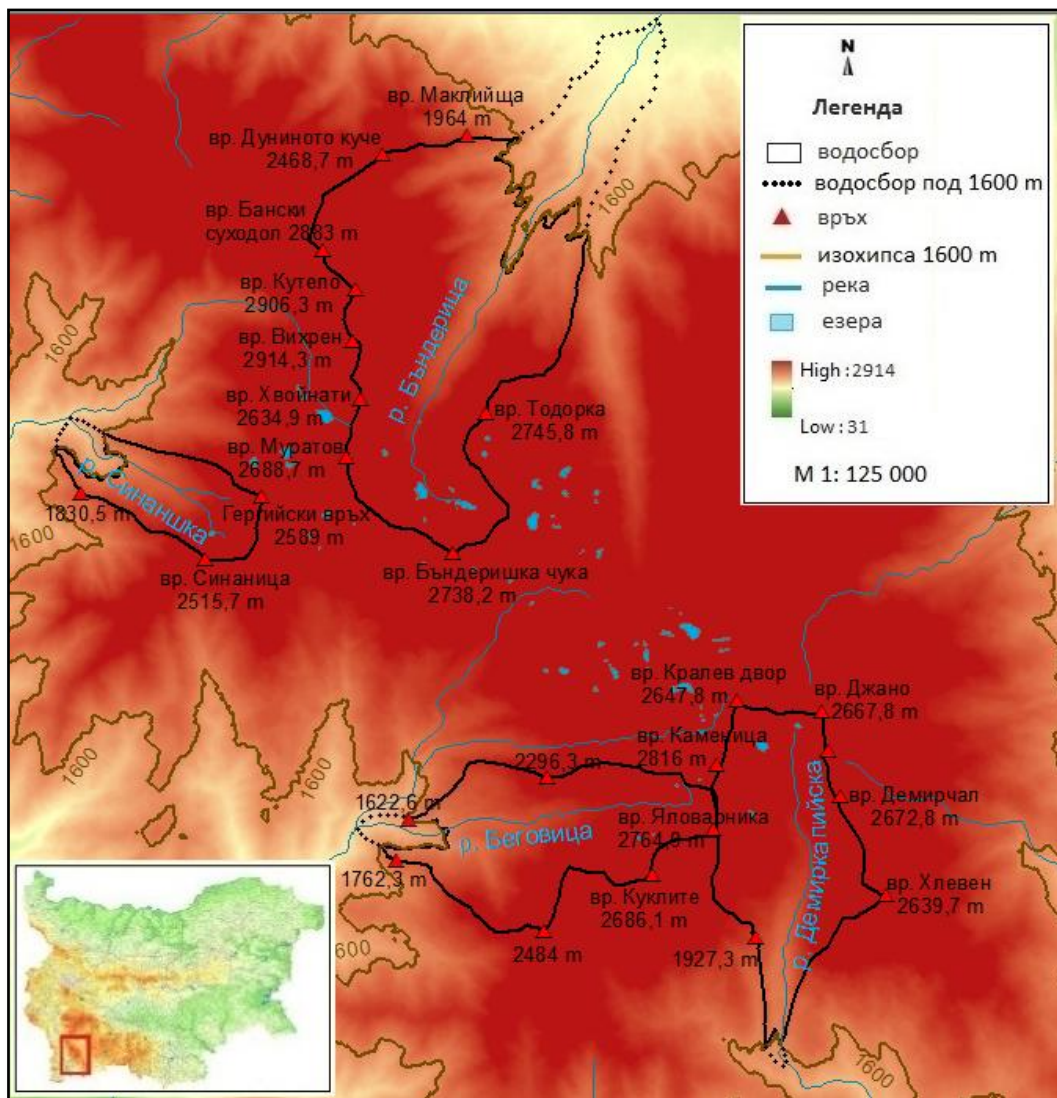
Наблюденията, получените данни и анализът на резултатите, изложени в дисертационни труд, са извършени от автора и представят последните направления в теренните изследвания, обсъждани и предлагани от International Association of Geomorphologists. Получените резултати допълниха базата-данни от хидроклиматична информация, както и тази за динамика на склонови и флувиални процеси.

IV. Морфохидрографска характеристика

Количественият морфохидрографски анализ на ключовите участъци Беговица, Синанишка, Бъндерица и Демиркапийска е направен въз основа изчисленията по отношение на териториалния и линейния аспект, както и характера на прилежащия релеф на еквивалентните им водосбори над 1600 m н.в. Възприемайки ги като геоморфна единица, тези водосбори са съставна част от територията на Пирин и обхващат 14% (или 64,67 km²) от високопланинския му пояс (фиг. 5).

Долината на **р. Беговица** е разположена по западния макросклон на Пирин (фиг. 5) и е ляв приток на р. Санданска Бистрица. Площта на Беговишкия водосбор е 19,5 km², като изследваната част от него е 14,51 km² между 1600-2816 m н. в. Средната надморска височина в този обхват е 2110 m, дължината на долината е 5,82 km, а широчината ѝ е между 1,05 и 3,86 km. Северната граница се проследява по безименни

върхове, продължава към вр. Каменица (2816 m) и завива рязко на юг към вр. Яловарника (2764,9 m). От него се насочва на югозапад към вр. Куклите (2686,1 m) и в направление юг-югозапад достига западната граница, очертана от 1600-метровата изохипса. Река Беговица формира своя отток от едноименния циркус на около 2400 m. Високопланинската част от реката е с дължина 5,98 km.



Фиг. 5. Местоположение на изследваните водосбори в тяхната високопланинска част

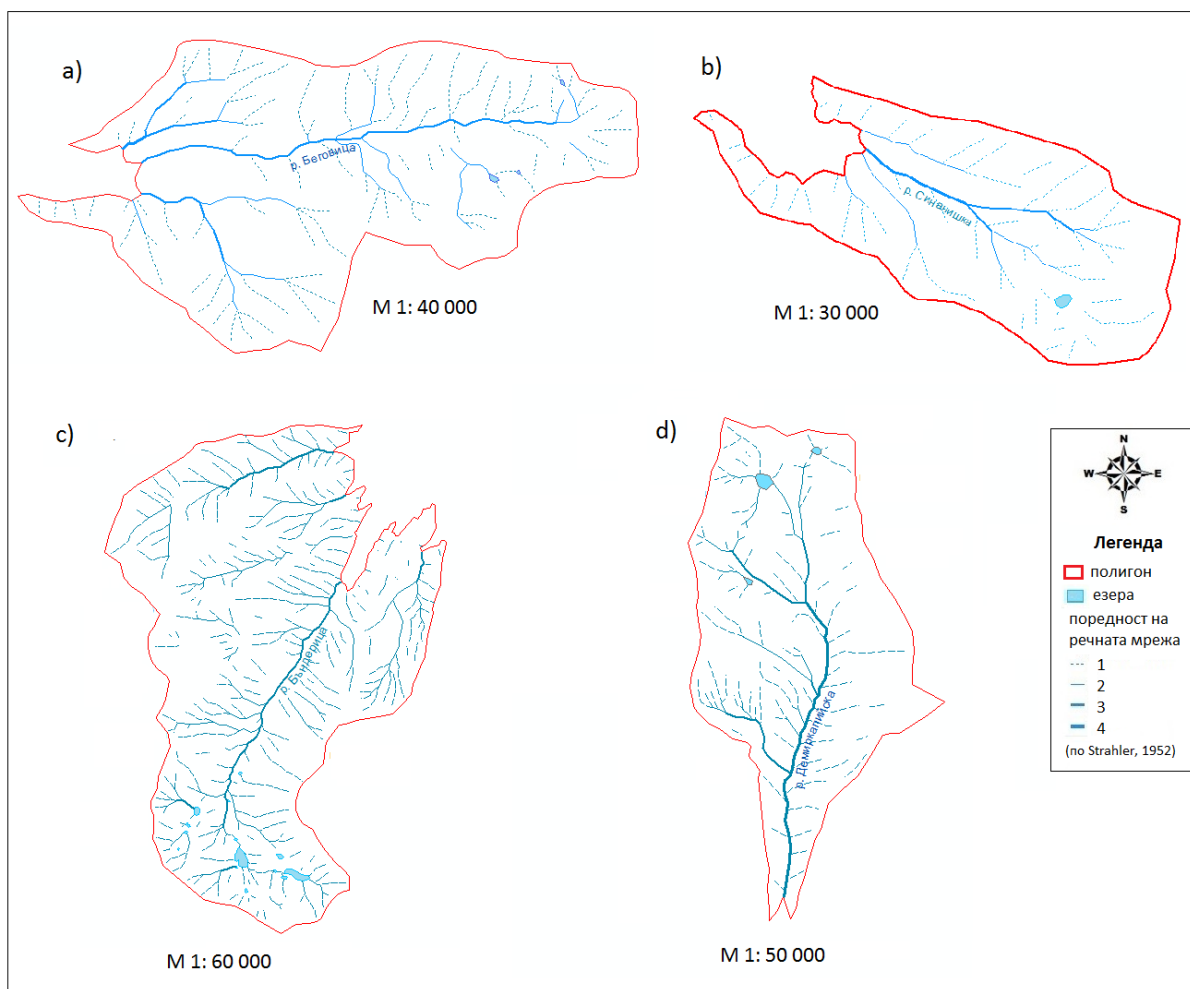
Водосборът на **Синанишка река** има северозападна макроекспозиция и е ляв приток на р. Влахинска (фиг. 5). Река Синанишка дренира територия с площ на водосбора 7,14 km², от която е изследвана 5,64 km², разположена между 1600 и 2589 m н.в. Средната надморска височина е 2022 m, а най-високите върхове са Синаница (2515,7 m) и Гергийски (2589 m). Дължината на долината е 3,27 km, а широчината ѝ е

между 1,39 и 2,13 km. Реката води началото си от едноименния циркус на 2181 m н.в. и е с дължина 3,34 km.

Басейнът на **река Бъндерица** е развит по североизточния макросклон на Пирин и има североизточна ориентация (фиг. 5). Площта на водосбора е 36,64 km², а изследваната част от него е 30,66 km² (между 1600 и 2914,3 m н.в.) със средната височина 2172 m. Високопланинска част на водосбора е с дължина 7,08 km, а широчината му е между 1,63 и 6,04 km. Границите на изследваната територия се проследяват на североизток-югозапад по върховете Маклийща (1964 m), Дуниното куче (2468,7 m), Бански суходол (2883 m), Кутело (2906,3 m) и най-високият връх в Пирин – Вихрен (2914,3 m). В южна посока следват върховете Хвойнати (2634,9 m) и Муратов (2688,7 m). Границата продължава на югоизток към вр. Бъндеришка чука (2738,2 m) и оттам на североизток към вр. Тодорка (2745,8 m). Реката изтича от Горно Бъндеришко езеро на 2310 m н.в. и е с дължина от 7,39 km.

Водосборът на **река Демиркапийска**, наричана още Голема или Третата (по Чолеев, 1984 и топографски карти в М 1: 50 000) има южна макроекспозиция и се приема (Чолеев, 1984; Христова, 2012) за начален приток на р. Пиринска Бистрица (фиг. 5). Източната граница на водосбора ѝ се проследява по билото на Дебелия рид, върховете Хлевен (2639,7 m), Демирчал (2672,8 m) и Ченгелчал (2709,3 m). На север границата достига върховете Джано (2667,8 m) и Кралев двор (2647,8 m), а на запад вододела минава по върховете Каменица (2816 m), Яловарника (2764,9 m) и Башмандренския рид. Водосборът на р. Демиркапийска е с площ 15,31 km², а изследваната част от него е 13,86 km² (между 1600 и 2764,9 m н.в.). Средната надморска височина е 2239 m, дължината на водосбора е 6,64 km, а широчината му е между 0,53 и 3,29 km. Реката е 7,56 km дълга и изтича от Аргировото езеро на 2365 m н.в.

Водосборите на реките Беговица, Синанишка и Демиркапийска се характеризират с удължена (елипсовидна) форма на басейните си (R_f) – 0,43 и 1,04, а басейнът на р. Бъндерица е развит в доста по-кръгла форма (2,16). Гъстотата на речно-ерозионната мрежа се колебае между 3,18 и 3,68 km/km², а честотата на потоците е между 8,08 бр./km² и 12,06 бр./km². Ерозионните форми от I-ва поредност са многобройни, къси и често се вливат директно в главните реки, и то под почти прав ъгъл (фиг. 6). Ъгълът на вливане на потоците е важен индикатор за проявата на тектонски процеси, за особеностите в литологията и промяната в общия наклон на изследваните територии и се явява резултат от водното количество.

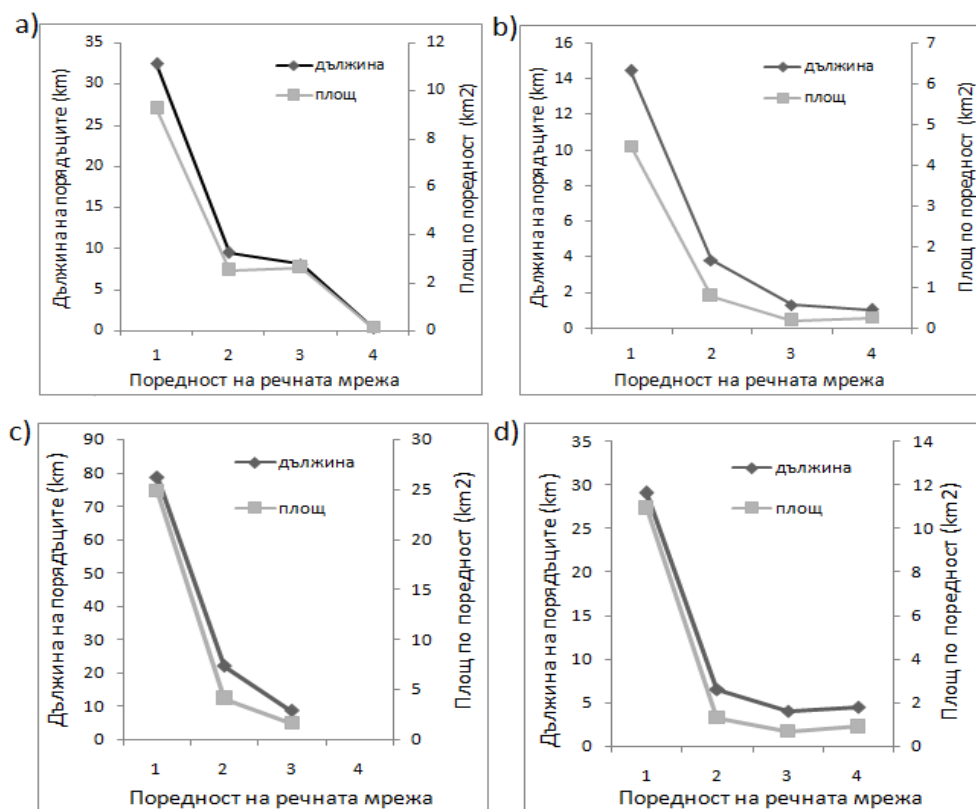


Фиг. 6. Карти на поредността на речната мрежа във водосборите над 1600 m н.в.

a – р. Беговица; b – р. Синанишка; c – р. Бъндерица; d – р. Демиркапийска

Потоците от I-ва поредност доминират като процент от общия брой (68,8% за Беговица; 78% за Синанишка; 79,6% за Бъндерица и 80,2% за Демиркапийска) и се проявяват в хипсометричния пояс над 2000 m н.в. Броят на притоците от II-ра и III-та поредност в разглежданите басейни рязко намалява спрямо I-вата поредност, а тези от IV-та поредност са около и под 1% от общия брой. Стойностите на бифуркационното отношение (Rbm) за всеки от водосборите са: 4,83 за Беговица, 2,95 за Синанишка, 9,56 за Бъндерица и 3,57 за Демиркапийска.

Площта на водосборите е морфометричен елемент, който може да бъде изчислен както за целия водосбор, така и за всеки един от потоците в него (фиг. 7).

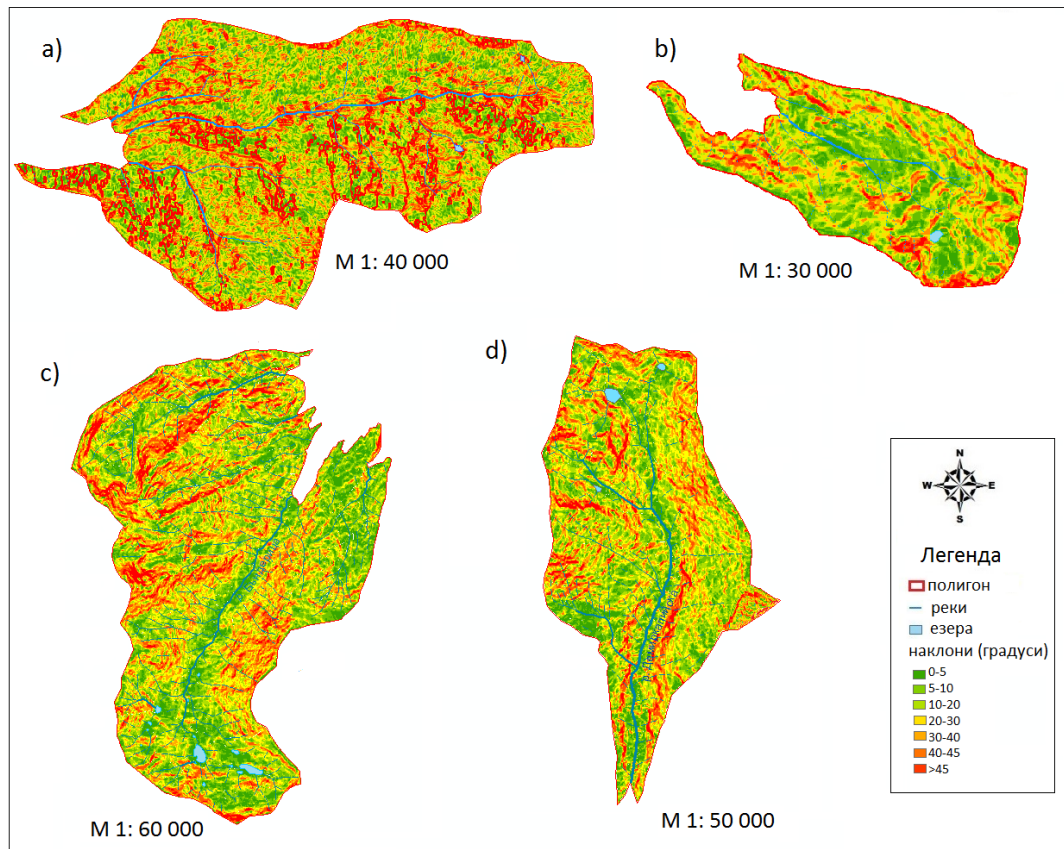


Фиг. 7. Площ и дължина по поредност на речната мрежа в изследваните водосбори
a – р. Беговица; b – р. Синанишка; c – р. Бъндерица; d – р. Демиркапийска

Прилежащата площ към потоците от I-ва поредност във високопланинските части на басейните заема от 64% (Беговица) до 79-81% (Синаница, Бъндерица и Демиркапийска) от общата изследвана територия. Разпределението на останалата площ между потоците от II-ри, III-ти и IV-ти ранг е в зависимост от тяхната дължина и надморската височина, при която преминават в по-висока поредност. Последното е следствие от положителните вертикални издигания по различно време в района, от характера на литоложката основа и климатичните условия.

Разпределението на площите по хипсометрични пояси в басейните показва, че около и над половината от тях заемат територии над 2200 m н.в. Индексът на релефа (R_h) варира от минимум 0,158 за водосбора на р. Демиркапийска до максимум 0,276 за водосбора на р. Синанишка, т.е. последният е по-податлив на ерозия, в сравнение с останалите изследвани водосбори.

Анализът на наклоните на склоновете (фиг. 8), разгледан спрямо прилежащите площи на потоците от различна поредност, дава възможност не само за характеристика на морфологията на водосборите, а и за динамиката на процесите в тях.



Фиг. 8. Карти на наклоните на склоновете в изследваните водосбори над 1600 m н.в.
a – р. Беговица; b – р. Синанишка; c – р. Бъндерица; d – р. Демиркапийска

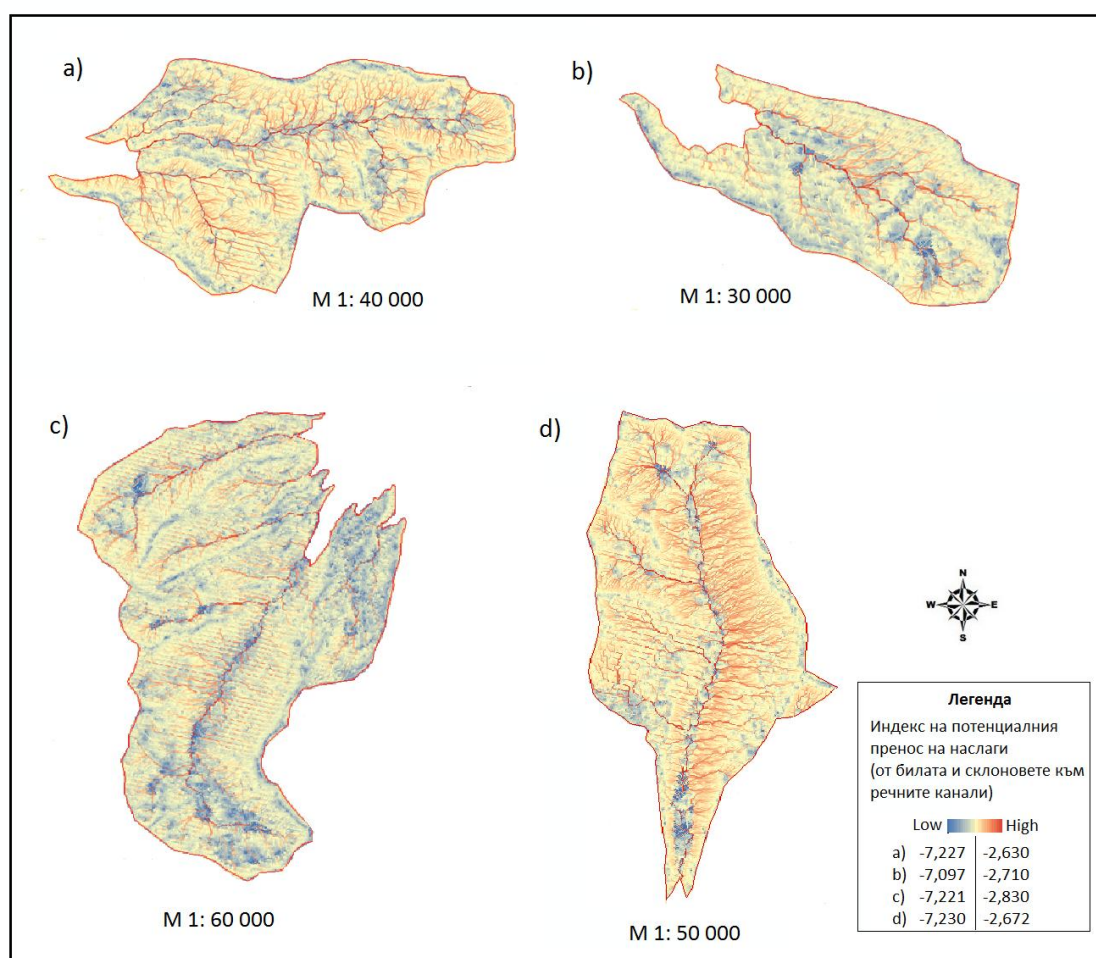
Териториите, отводнявани от потоци от I-ва поредност се характеризират с най-високите средни наклони. В ареалите със средни наклони над 20° (площи от I-ви и II-ри ранг) се наблюдават ембрионални ерозионни форми, склонови откоси, сипеи и срутища. Тези площи от водосборите, които са прилежащи на потоци от III-ти и IV-ти ранг, имат средни наклони под 20° и също са стръмни, но в тях по-добре изразено е всичането на потоците, преобладава транспорта на седименти и тяхната акумулация.

Експозицията на склоновете във водосборите на реките Беговица, Синанишка, Бъндерица и Демиркапийска се отличава с две основни направления: с ориентация запад-югозапад-юг-югоизток са 46,42% от общата площ на изследваните басейни, а в посока северозапад-север-североизток са експонирани 43,05%. Изложението на басейните е продиктувано от направлението на главното орографско било на Пирин планина – от север-северозапад на юг-югоизток.

Анализът на изходните данни за вертикалната разчлененост показва, че релефът на водосборните басейни е силно разчленен, като най-високите стойности откриваме в изворните части, по долинните склонове и в посока талвега на главните поречия.

Средните стойности на вертикалното разчленение имат сходно превишение – от 320 m/km² за долината на Беговица, 330 m/km² за Синанишка и Бъндерица, до 360 m/km² за басейна на р. Демиркапийска. Средните стойности на хоризонталното разчленение на релефа се увеличават от периферията на водосборите към талвезите на главните реки, с увеличаване поредността на потоците – за Беговица 2,6 km/km², за Синанишка 2,7 km/km², Бъндерица 1,9 km/km² и Демиркапийска 1,8 km/km².

Индексът на потенциалния пренос на материал („connectivity index”) отразява транспортирането на седиментите от даден склон към мястото на отлагането им (фиг. 9). Стойностите и за четирите басейна са отрицателни и близки.



Фиг. 9. Карти на потенциалния пренос на наслаги във водосборите над 1600 m н.в.

a – р. Беговица; b – р. Синанишка; c – р. Бъндерица; d – р. Демиркапийска

Съпоставката между цифровия модел на потенциален пренос на седименти с теренните измервания потвърждава, от една страна, по-слабия транспорт на едрофракционен материал в посока от склоновете към водните потоци. От друга

страна, наблюденията регистрираха преобладаване на латералната ерозия в речните корита и придвижването на наслаги към тях чрез процеси на крийп, делювиален смив, суфозия и солифлукция. Масовото движение на материали по направлението склон-река е на такива с размер на фракциите от среден чакъл до псамит и пелит. Макар и обратно на очакванията ни, именно тези процеси са основен източник на материал в реките, което обяснява и отрицателните стойности на индекса.

В обобщение, в сравнително малкия обхват на водосборите съществуват условия и предпоставки за развитие на комплекси от склонови и флувиални процеси.

V. Условия и фактори за протичане на флувиалните процеси във високопланинския пояс на Пирин планина

1. Климатични условия

Климатът е едно от условията, които позволяват, възпрепятстват, забавят или ускоряват определени реакции в геоморфната среда (Wendland, 1996). Високопланинският пояс на Пирин се характеризира с типичен планински климат в обхвата на континентално-средиземноморската климатична област (по класификацията на Алисов: Топлийски, 2006; Рачев, Николова, 2009). Климатът и промените в многогодишния ход на неговите показатели оказват пряко влияние върху процесите, протичащи на земната повърхност (изветрителни, склонови, флувиални и др.).

1.1. Температура на въздуха

Климатът във високопланинския пояс на Пирин показва силна диференциация с прилежащите по-ниски в хипсометрично отношение територии. От геоморфоложка гледна точка, климатът има основен контрол върху пространственото и времевото разпределение на екзогенезата, а различията в микроклиматичното влияние в нашата страна са слабо изучени. Контрастиращият микроклимат между склонове с различна експозиция, наречен „топоклимат” (Thornthwaite, 1961), изяснява не само морфоложките разлики (например, асиметрията в речните долини и склонове), а и хода и режима на процесите (Melton, 1960; Churchill, 1981, 1982; Branson, Shown, 1989; Kirkby et al, 1990; Evans, Clague, 1994 и др.).

Сравнителният анализ на климатичните данни, получени и обработени за високопланинския пояс на Пирин, очертава ясна температурна диференциация, която е в зависимост от макроекспозицията на склоновете и субмеридионалното направление на главното орографско било (ССЗ-ЮЮИ). Резултатите показваха, че средната годишна температура на въздуха за разглежданите периоди по западния склон на планината е с около 1,3 °С по-висока, отколкото по източния склон. Тази разлика се увеличава при средните месечни минимални и максимални и средните от абсолютните месечни минимални и максимални температури. Това се отразява и върху стойностите на средногодишните температурни амплитуди (около 17 °С по западния и около 20 °С за източния макросклон), както и на продължителността на периода с максимални температури на въздуха под 0 °С. Тези резултати са следствие от средиземноморското влияние, което се усеща по-силно по западния склон на Пирин. Данните ни дават основание да твърдим по-ранна активизация на геоморфоложките (флувиални, химическо изветряне, крийп) процеси по западния макросклон – края на април и началото на май, докато по източния забавянето е с около 2-3 седмици.

1.2. Температура на почвата

Температурата на почвата е един от основните фактори, които влияят върху режима, хода и скоростта на екзогенните процеси. Преходите на температурата на почвата през 0 °С и тяхната продължителност са важно условие за протичане на криогенните процеси във високопланинския пояс на Пирин. Резултатите от обобщението на метеорологичните данни за температура на почвата показваха, че средногодишните стойности при всички термометри са положителни. В сравнение с останалите термометри, двата термометъра в Голям Казан отчитат най-ниски стойности, съответно 2,5 °С за Т1 и 3,9 °С за Т2. Тази разлика се дължи на експозицията, която се отразява и на броя месеци с отчетена отрицателна температура – от ноември до април за Т1 (северна експозиция) и от декември до март за Т2 (южна експозиция).

Данните за температура на почвата са основа за изчисляване средногодишния брой дни с максимална температура под 0 °С. Те са показателни за режима и хода на процесите на масово движение на наслаги по склоновете (например, крийп и солифлукция). Средният брой на тези дни е най-висок при Т1 в Голям Казан, като периодът започва през октомври и продължава през май. Наблюдават се единични

случаи дори и през месец юни. Три пъти по-малък е този период в циркус Беговица – от ноември до март. Тези резултати са вследствие от надморската височина, експозицията и очевидно специфичните микроклиматични условия при относително еднакъв характер на топографската основа (циркуси).

Анализът на наличните редици с данни за температура на почвата установи неочаквано нисък брой дни с преходи през 0 °С, с изключение на тези за района на циркус Беговица (табл. 2).

Таблица 2

Среден брой дни с преходи на температурата на почвата през 0 °С
за съответните периоди на отчитане

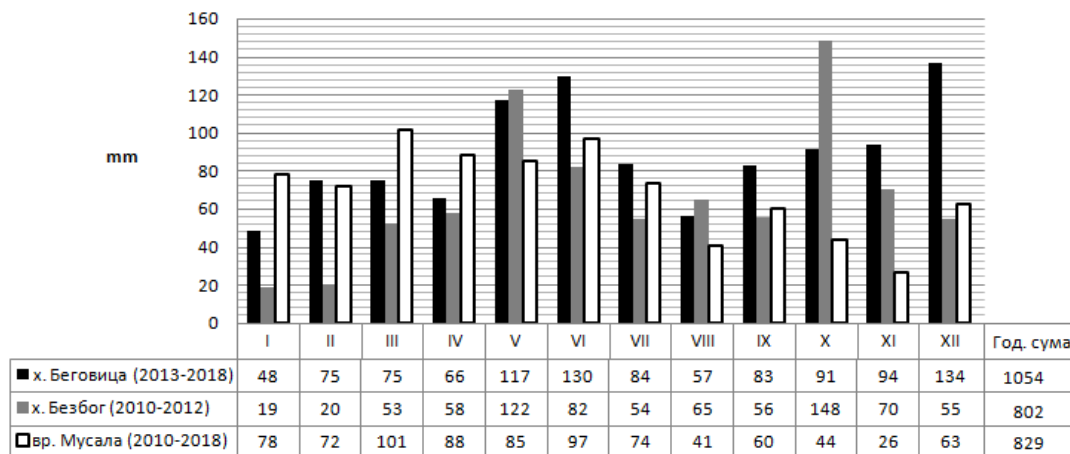
| Термометър/ Период | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | Средно за периода |
|-------------------------------|---|----|-----|----|---|----|-----|------|----|---|----|-----|----------------------|
| Голям Казан_T1 (2011-2017) | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1 | 0 | 6 |
| Голям Казан_T2 (2011-2017) | 0 | 0 | 1 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 4 | 0 | 9 |
| Синаница (2012-2017) | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 4 | 0 | 7 |
| Беговица (2015-2017) | 0 | 0 | 1 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 11 | 18 |

Броят на дните с температурни колебания през 0 °С от края на март до началото на юни съответстват на прехода между студения и топлия период от годината. Той се случва два пъти по-бързо, отколкото прехода от летния към зимния период – от 1 до 10 дни. Следователно, през този период интензитетът на речната ерозия, химическото изветряне, хигрогенния крийп, солифлукцията, суфозията, плоскостния смив, срутищно-сипените процеси е най-висок. От друга страна, броят на дните с колебания през 0 °С на прехода между летния и зимния период (октомври и ноември, а за Беговица и декември) е по-висок и не толкова рязък, т.е. случва се в рамките от 4 до 23 дни. В този период активни са криогенният и температурният крийп, десквамацията, физическото изветряне, по-малко срутищните и в минимална степен флувиалните процеси.

1.3. Валежи

Годишните суми и сезонното разпределение на валежите оказват влияние върху проявата и скоростта на процесите във високопланинския пояс на Пирин и водния баланс на реките. Месечното разпределение на валежите и годишният им режим

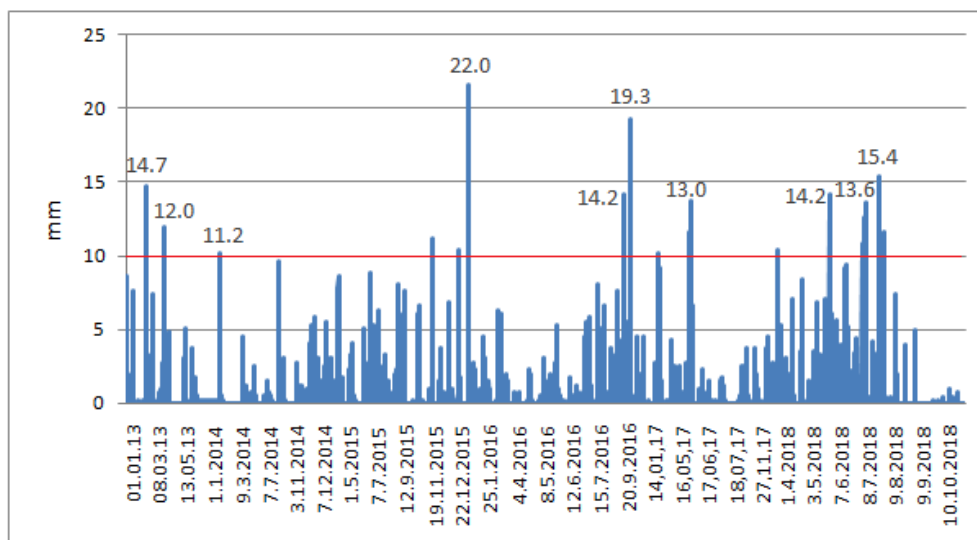
показват типични за високопланинския (бореален) климат стойности. Във вътрешногодишното разпределение на валежите се открояват два максимума и два минимума (фиг. 10).



Фиг. 10. Средна месечна и годишна сума на валежите за х. Беговица (Катедра „Климатология, Хидрология и Геоморфология”, ГГФ), х. Безбог (www.stringmeteo.com) и вр. Мусала (www.stringmeteo.com)

Резултатите от станции х. Беговица и х. Безбог имат известно несъответствие във времето проявление на вторичния максимум, спрямо едната и другата станция. Първичният максимум за станция х. Беговица е през месец декември, а вторичният – през юни. Първичният и вторичният минимум при Беговица са, съответно, през януари и август. При станция х. Безбог първичният максимум е през октомври, а вторичният – през май. Минимумите на валежите са през януари/ февруари (първичен) и септември (вторичен). Като цяло, валежните суми показват висока вариабилност в месечното и годишното им разпределение.

От геоморфоложка гледна точка, значение има установяването на режима и пространственото разпределение на интензивните валежи. За долна граница на интензивните валежи от дъжд Рачев (1990, 2018) приема над 0,18 mm/min (фиг. 11). За района на х. Беговица, където е позиционирана метеорологичната станция, данните показва (фиг. 11), че валежи със продължителност 60 min и количество над 10 mm имат интензивност 0,167 mm/min, а при количество 22 mm/ 60 min – тя е 0,367 mm/min. Следователно, тези валежи имат релефообразуващо значение и са условие за рязката активизация на речната ерозия, крийпа, делувиялния смив, сипеите, химическото изветряне.



Фиг. 11. Ежедневни валежни количества при станция х. Беговица за периода 01.01.2013 – 09.11.2018 г.

Климатичните данни потвърждават три периода на активност на екзогенните процеси (по Рачев, Кендерова и др., 2017): *студено полугодие* (декември-февруари), *топло полугодие* (юли-септември) и *преход* между двете полугодия. Най-висока скорост на екзогенните процеси се установява на прехода между студеното и топлото полугодие (март-юни).

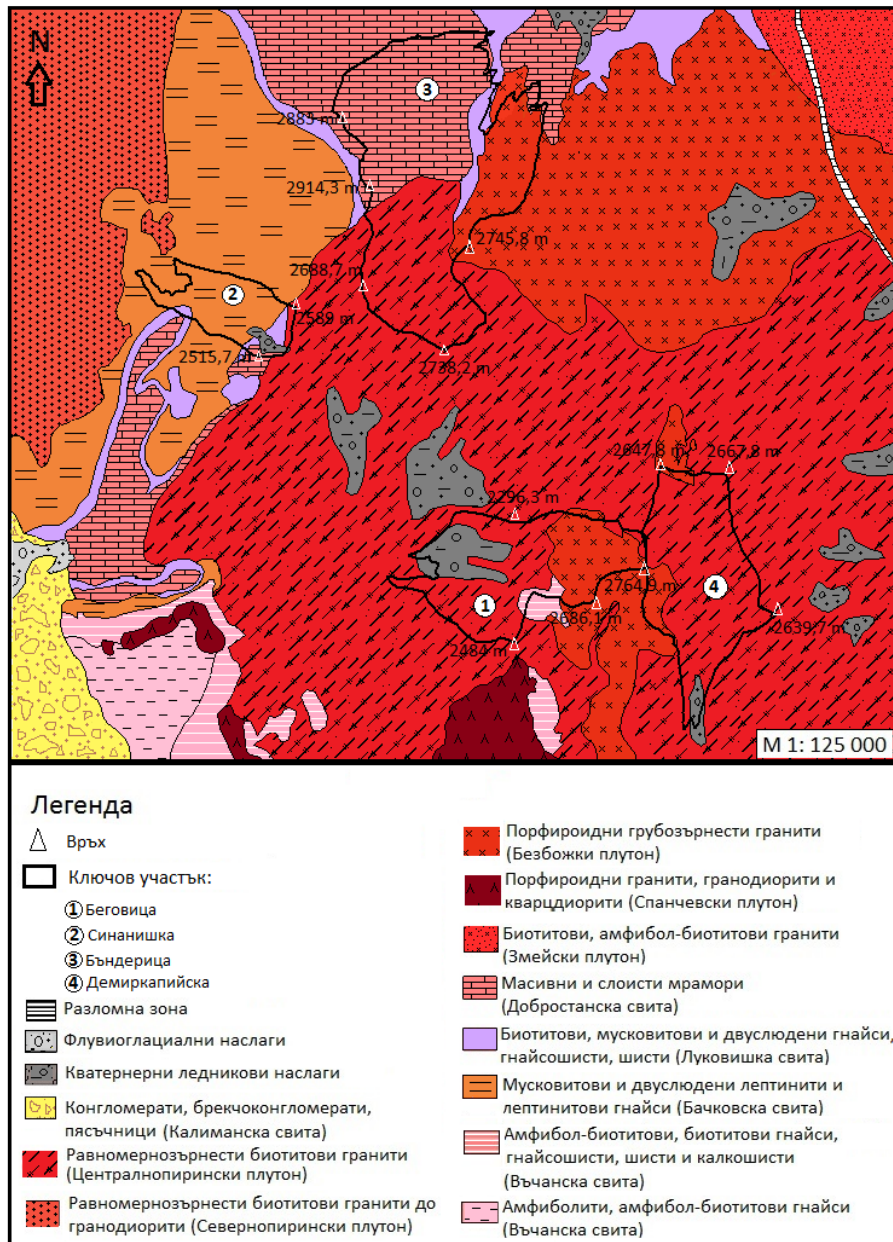
2. Литолого-тектонски условия

Литолого-тектонските условия определят проявите, динамиката и разпространението на екзогенните процеси във високопланинския пояс на Пирин. От една страна, петрографските видове оказват влияние чрез своята устойчивост/податливост на изветряне и ерозия. От друга страна, тектонските процеси имат съществено отражение върху флувиалните процеси и образуването на ерозионни форми. Разломите могат да определят местоположението на руслата на реките, а диаклазите в изворните части могат да дадат началото на даден поток, съответно на дадена река.

2.1. Магмени и метаморфни комплекси на територията на изследваните ключови участъци

В границите на изследваните ключови участъци на територията на Пирин над 1600 m н.в. се срещат два основни скални типа – магмени и метаморфни (фиг. 12).

Магмените скали заемат най-голяма площ в три от ключовите участъци. Равномернозърнестите биотитови (Централнопирински плутон) и порфиroidните грубозърнести гранити (Безбожки плутон) заемат 80,8% от територията на ключов участък Беговица, в този на Бъндерица те се разкриват на 50,9% площ, а 97,3% от участък Демиркапийска е разположена в гранитоиди централнопирински тип.



Фиг. 12. Отрязък от геоложката карта, в чийто обхват се намират изследваните ключови участъци (по Геоложки карти..., Маринова, Загорчев, 1990; Кожухаров, Маринова, 1991; Маринова, Кацков, 1990; Загорчев, Динкова, 1989)

Метаморфните скали са представени от гнайсите на Вьчанската, Бачковската, Луковишката свита и дебелослойните мрамори на Добростанската свита (фиг. 12). Като комплекс, свитите се проявяват в ключов участък Синанишка и обхващат 89,9% от неговата площ. Преобладават двуслюдените лептитоидни гнайси на Бачковската свита (78,2%). В участък Бьндерица магмените и метаморфните скали са равномерно разпределени (50,9% : 49,1%). На СЗ-С-СИ от Централнопиринския и Безбожкия плутон в долината на р. Бьндерица метаморфният комплекс е представен от мраморите на Добростанската свита. На места те са прослоени от двуслюдените гнайси на Луковишката свита. Метаморфитите имат слабо участие в петрографския състав на участък Беговица (2,9% Вьчанска свита) и отсъстват в участък Демиркапийска.

2.2. Устойчивост на петрографските видове

Изветрителните продукти, които образуват различни форми в ключовите участъци (изветрителни кори, конуси, шлейфове и др.) до голяма степен са „функция” на минераложкия състав, структурата и напукаността на скалите. В границите на три от ключови участъци (Беговица, Синаница и Бьндерица) са изградени площадки върху скални разкрития за наблюдение на изветрителни процеси. Площадките имат различен петрографски състав и топографски условия. Те са опробвани с чук на Шмид за определяне на тяхната твърдост и, съответно, степен на изветряне на скалите (Goodie, 2006; Viles et al., 2011). Изследванията показваха, че гнайсите са най-устойчиви на изветряне (средно 51,5 R), в сравнение с гранитите и мраморите.

2.3. Тектонски условия

Взаимодействието между тектониката и повърхностните земни процеси има основен контрол върху деформацията на литосферата, динамиката и еволюцията на релефа (Burbank, Anderson, 2001). Според тектонското си положение Пиринският хорст е причисляван към Родопския масив (Боянов и др., 1969; Вонсев, 1966), от една страна, а от друга – изтъква се принадлежността му към Краищидно-Вардаридния линеамент (Бончев, 1951; Вонсев, 1970). В съвременната тектонска схема на България (Георгиев, Дабовски, 1997; Dabovski et al., 2002) Пирин е част от Пиринско-Пангеонската литотектонска единица на Моравско-Родопската зона, разкриваща се на територията на България и Гърция (Zagorchev, 2001; Georgiev et al., 2010; Zagorchev et al., 2017).

Главната причина за сегашния облик на Пирин са тектонските неогенски прояви, които имат подчертано блоково-разломен характер и повсеместно развитие, като засягат всички видове скали (Бояджиев, 1959).

3. Почвено-растителна покривка

Почвите са резултат от протичането на изветрителните процеси и имат важна роля при развитието на склоновете и флувиалните процеси. Чрез своята структура и механичен състав те могат да ускорят или да ограничат процесите. Лекият до среден механичен състав на почвите, тяхната добра водопропускливост, в съчетание с количеството на валежите в условията на планински климат, създават предпоставка за делувиален смив, образуване на ембрионални ерозионни форми, крийп, суфозия, солифлукция. От своя страна, растителността, с видовия си състав и характер, има функцията на защитно покритие, което намалява скоростта на процесите. Именно поради нейното наличие, се наблюдават нахълмявания по склона и по-рядко нейното разкъсването при придвижване на повърхностния почвен хоризонт в посока наклона на склона (почвен крийп).

Разпределението на NDVI индекса във високопланинските части на изследваните басейни доказва влиянието на почвено-растителната покривка за разпространението на екзогенните процеси, нещо, което се потвърждава и от теренните изследвания. От 1600 m до около 2200 m н.в. в ключовите участъци се наблюдават предпоставки и условия за протичането на делувиален смив, масово движение на наслагите и по-малко срутищно-сипейни процеси. На височина около и над 2200 m до 2500 m преобладават срутищно-сипейните процеси, форми и наслагите, солифлукцията и криогенния крийп. В този обхват са разположени стартовите зони на лавинните улеи, на ембрионалните ерозионни форми от нисък порядък, на скалните разкрития и откоси, които дават началото на срутищата и сипеите. В териториите над 2500 m н.в. и по билните заравнености доминират изветрителните процеси и наслагите.

4. Хидроложки условия

Според хидроложката подялба на България територията на Пирин планина е част от Рило-Пиринския район и се класифицира като подобласт със значително снежно подхранване на оттока (География на България, 2002). Отличителни

характеристики на речния режим във високопланинските басейни са: проявата на пролетно-лятно пълноводие (април-юли), повишения на оттока през ноември и декември, лятно-есенно (август-октомври) и зимно (януари-март) маловодие (Христова, 2003, 2006).

4.1.Реки и речни системи

Хидроложките процеси във високопланинските водосбори (респ., ключовите участъци) на реките Беговица, Синанишка, Бъндерица и Демиркапийска са анализирани чрез водосбори-аналог (по примера на Рачев, Христова и др., 2017). Използването на този подход се налага, тъй като малкото на брой хидрометрични станции на пиринските реки са разположени в ниските хипсометрични пояси. Басейните на реките са анализирани чрез водосборите на р. Санданска Бистрица (при с. Лиляново), р. Влахинска (при с. Влахи), р. Демяница (при гр. Банско) и р. Пиринска Бистрица (при с. Горно Спанчево). Станциите са избрани поради сходство в отточните условия и наличието на хидрометрична информация. Сравнението между водосборите дава възможност да се проследи влиянието на физическите различия върху поведението на процесите при идентичен планински климат.

Липсата на хидрометрични станции и информация за скоростта и обема на водното количество се оформиха като проблем при анализа на хидроложките условия в изследваните високопланински водосбори. За неговото решаване екип от Катедра „Климатология, Хидрология и Геоморфология”, ГГФ, СУ стартира през 2018 г. теренни измервания (по методиката на Калинова и др., 1994), които са свързани с изследвания на реки във високопланинските части на Пирин. Тези изследвания допринесоха за характеристиката на основните морфо- и хидродинамични особености на главните течения на реките Беговица и Бъндерица. Основен недостатък на получените резултати е, че те характеризират моментни и еднократни измервания. От друга страна обаче, те са добра основа за бъдещи сравнения.

VI. Резултати от геоморфоложките изследвания във високопланинския пояс на Пирин

1. Склонови процеси, форми и наслаги

Склоновете са неразделна част от морфолитодинамичната система, които доставят вода и неспоени наслаги в посока към долинното дъно. Съществуват множество дефиниции за понятието „склон” в зависимост от концепцията и методологията на изследване. В настоящото изследване се придържаме към тезата, че склоновите процеси оказват влияние върху повърхности с наклон над 3-5°, разположени между вододелите и долинните дъна.

Склоновите процеси, форми и наслаги в ключови участъци Беговица, Синанишка, Бъндерица и Демиркапийска са изследвани в площадки за мониторинг, посочени в таблица 3 и по алгоритъма процес-форма-наслаги.

Таблица 3

Площадки за изследване на склонови процеси, форми и наслаги в ключови участъци Беговица, Синанишка, Бъндерица и Демиркапийска

| Ключов участък | Заложени площадки преди 2016 г. | Заложени площадки след 2016 г. |
|----------------|--|---|
| Беговица | <u>т.268, т.397</u> | т.142 |
| Синанишка | т.263, т.264, т.266, <u>т.349, т.400</u> | т.263-рестарт, т.421, т.422, т.423 |
| Бъндерица | <u>т.306, т.311, т.004, т. 005</u> | <u>т.428, т.430</u> |
| Демиркапийска | - | т.441.1, т.441.2, т.441.3, т.442, т.443 |

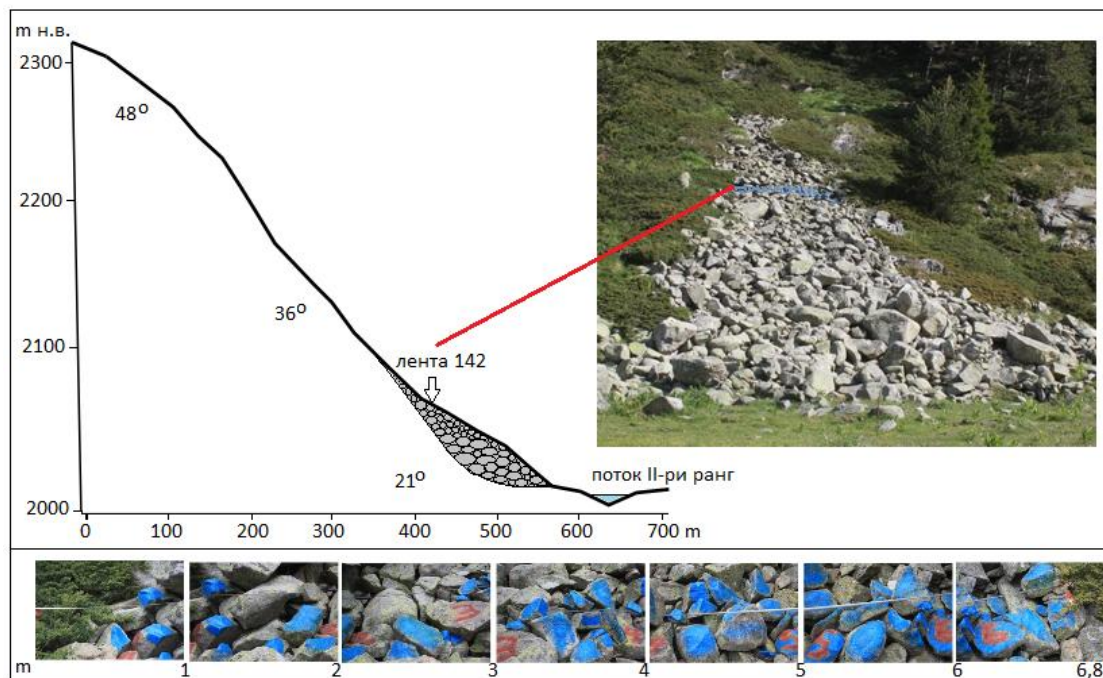
точка – срутищно-сипейни; точка – криип и солифлукция

1.1. Срутищно-сипейни процеси

Във високите части на Пирин при наклони над 30°, в отсъствието на растителна покривка и температурни преходи през 0 °С (ноември-декември и април-май) преобладават (освен механичното изветряне) срутищно-сипейните процеси. Наблюденията ни показаха, че тези процеси са активни в периода април-май. Процесите затихват през зимата (декември-март, и до април в зависимост от експозицията) и лятото (юли-септември, а в по-сухи години и октомври).

Изградената площадка за мониторинг по десния склон на р. Беговица е разположена върху гранитите на Централнопиринския плутон (т. 142; 2043 m н.в.) при

юг-югозападна експозиция (фиг. 13). Данните за растително покритие показват, че срутището е реликтно – между 0,17 и 0,48. В основата на конуса отделни късове надхвърлят 2 m^3 , а материалът изветря “in situ”. Наблюдава се характерна псевдосортировка.



Фиг. 13. Срутище в ключов участък Беговица (надлъжен профил и опробвана лента)

Таблица 4

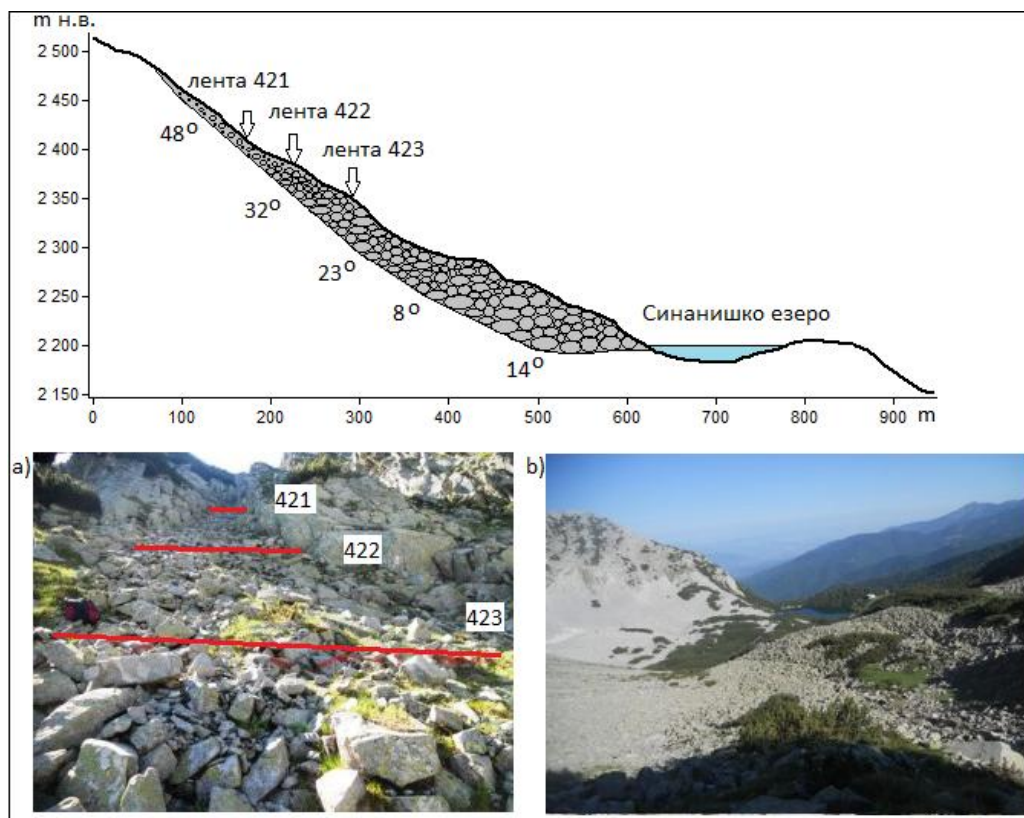
Движение на късове по срутищен конус (т.142) за периода 2016-2018 г. (754 дни)

| Период на наблюдение | Привнесени късове (брой) | | Общи размери на късовете по оси "a, b, c" (cm) | | Обем (m^3) $V=a \times b \times c$ | | Изминато разст. изнесени късове (общо m) |
|-----------------------|--------------------------|----------|--|-----------|--|----------|--|
| | Привнесени | Изнесени | Привнесени | Изнесени | Привнесени | Изнесени | |
| 05.06.2016-12.08.2017 | 1 | 2 | 35/17/15 | 81/59/48 | 0,00893 | 0,22939 | 0,99 |
| 12.08.2017-28.06.2018 | 9 | 4 | 170/131/64 | 139/85/65 | 1,42528 | 0,76798 | 1,70 |

Прави впечатление, че броят на привнесените късове е по-голям, но техните размери са от два до четири пъти по-малки, отколкото на изнесените надолу по склона (табл. 4). Това също доказва реликтността на срутището. Денудацията на материал в срутището за периода на наблюдение има скорост от $0,00323 \text{ m}^3/\text{day}$, а скоростта на придвижване на наслагите е $0,35676 \text{ cm}/\text{day}$.

В ключов участък Синанишка, на северозападната стена на Синанишкия циркус, са маркирани ленти (т. 421, 422 и 423) в улей, по който протича срутищно-сипеен

процес (фиг. 14). В района се наблюдава контакт между Централнопиринския плутон, гнайсите на Луковишката свита и мраморите от Добростанската свита. Изследваният улей е слабо залесен с тревисти растения в денудационната и транспортната зона (-0,15 NDVI index), докато в периферията на акумулационната част тревната покривка се съгъства и се наблюдават формации от клек (0,28). Това показва затихване на срутищно-сипейните процеси, особено в акумулативната част и реликтността на материала в нея.



Фиг. 14. Склон със сипейно-срутищни процеси в циркус Синаница (надлъжен профил)
a – поглед към лентите и откоса; b – поглед от лента 423 към езерото

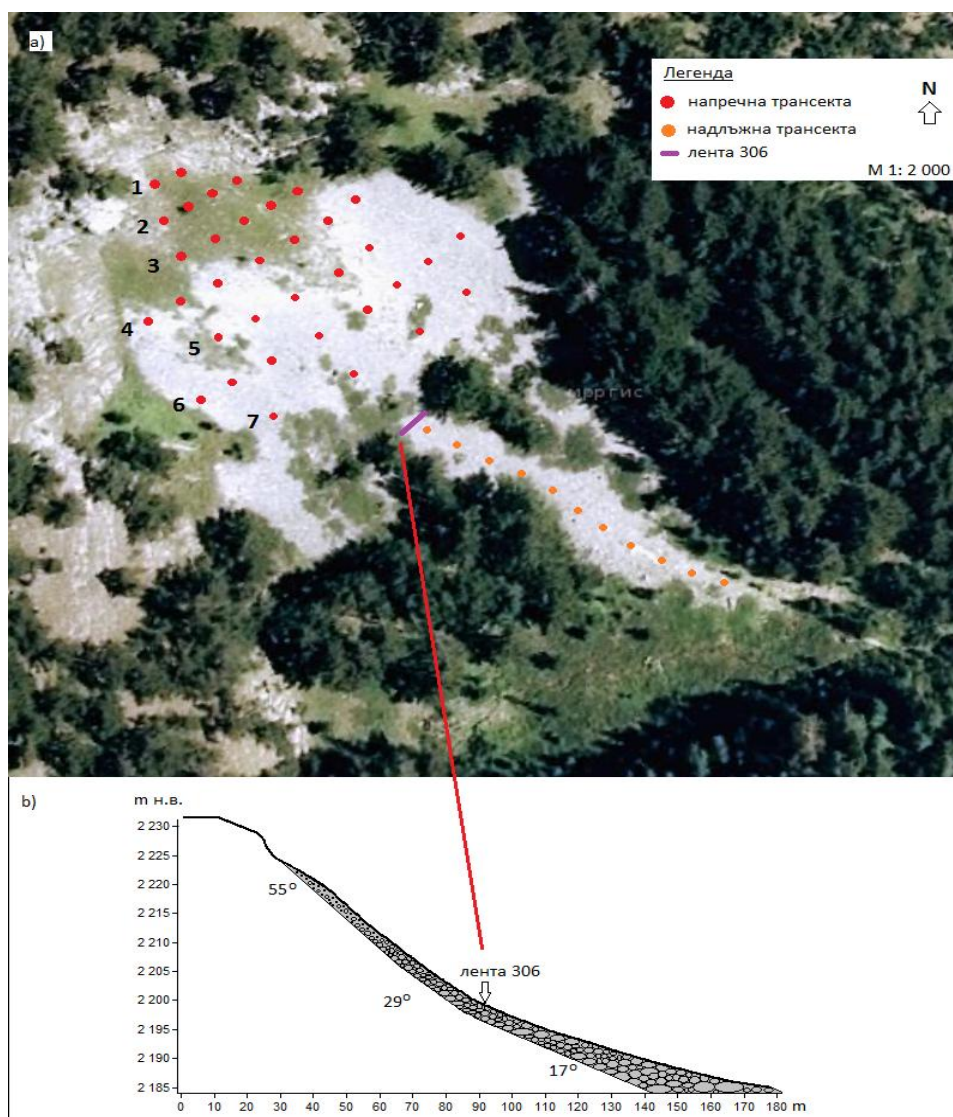
В денудационната част на улея (421) преобладава изнасянето на късове. Тези, които са се придвижили надолу от лента 421 имат по-малки размери (табл. 5), а идващите от горната част са поне два пъти по-големи. При лента 422 тази тенденция се запазва, а при лента 423, маркирана в конуса, ситуацията е обратната – привнесеният материал е по-дребнен от придвижвания се надолу. Скоростта на денудация на материала в улея е $0,0029 \text{ m}^3/\text{day}$, а тази на придвижването му е $1,25644 \text{ cm}/\text{day}$.

Таблица 5

Движение на материал по ленти 421, 422, 423 за периода 2016-2018 г. (776 дни)

| Период на наблюдение 03.07.2016- 18.08.2018 | Придвижени късове (брой) | | Общи размери на късовете по оси "a, b, c" (cm) | | Обем (m ³) V=a x b x c | | Изминато разст. изнесени късове (общо m) |
|---|-----------------------------|----------|---|-----------------|---------------------------------------|----------|--|
| | Привнесени | Изнесени | Привнесени | Изнесени | Привнесени | Изнесени | |
| Лента 421 | 5 | 24 | 80,5/52,5/31,6 | 157,1/89,6/44,1 | 0,13355 | 0,62076 | 8,66 |
| Лента 422 | 3 | 4 | 170/131/64 | 29,5/22,5/16 | 1,42528 | 0,01062 | 0,40 |
| Лента 423 | 3 | 5 | 9,8/5,2/2,8 | 26,3/23,5/9,6 | 0,00014 | 0,00593 | 0,69 |

В ключов участък Бъндерица, под циркус Малък Казан, е образувано значително по размери (дължина 180 m и ширина между 20 и 100 m) активно срутище в мраморите на Добростанската свита на склон с югоизточна експозиция (фиг. 15).



Фиг. 15. Срутище в ключов участък Бъндерица

По самия склон се забелязват отделни островчета от тревно-храстова растителност и единични дървета, което е признак за затихнал срутищен процес, който преминава в криип. В периферните части на срутището дървесната растителност се съгъства, а индексът на растителното покритие се колебае между 0,18 и 0,54.

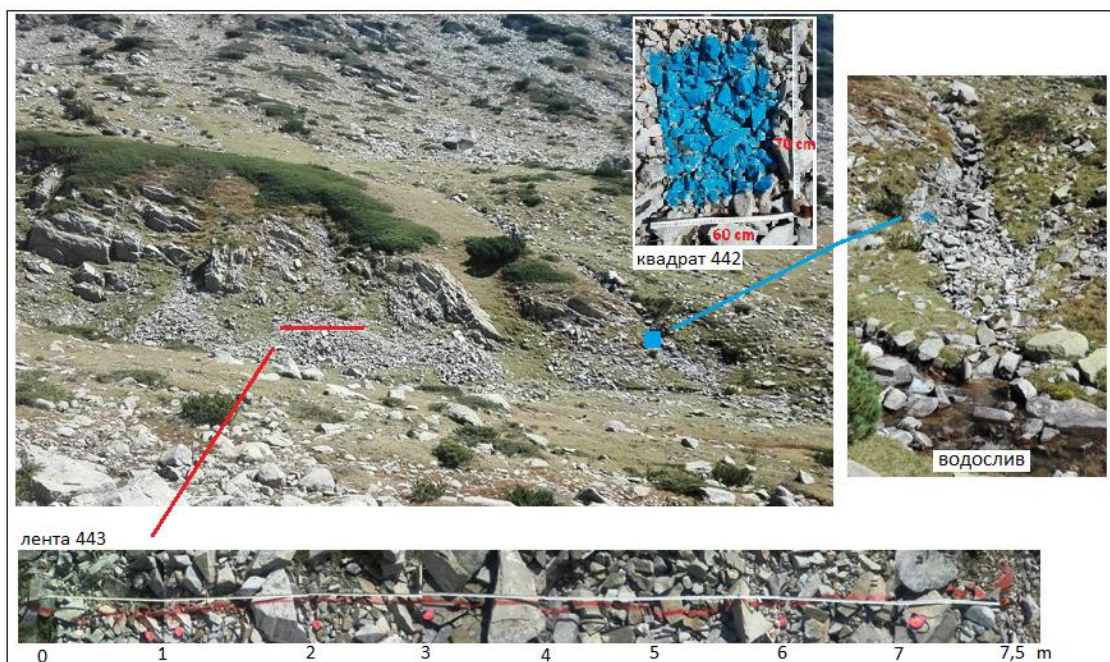
Скоростта на денудация на наслагите в лента 306 е $0,00481 \text{ m}^3/\text{day}$, а тази на придвижването им е $0,27046 \text{ cm}/\text{day}$.

Таблица 6

Движение на наслагите при лента 306 за периода 2014-2018 г. (1405 дни)

| Период на наблюдение | Придвижени късове (брой) | | Общи размери на късовете по оси "a, b, c" (cm) | | Обем (m^3) $V=a \times b \times c$ | | Изминато разст. изнесени късове (общо m) |
|-----------------------|--------------------------|----------|--|-----------------|--|----------|--|
| | Привнесени | Изнесени | Привнесени | Изнесени | Привнесени | Изнесени | |
| 05.09.2014-01.09.2015 | 3 | 5 | 82,9/61,7/35,6 | 137,4/97,1/71,4 | 0,18109 | 0,95259 | 0,84 |
| 01.09.2015-01.09.2016 | 10 | 5 | 307/153,5/98 | 87/50/26 | 4,61820 | 0,11310 | 0,44 |
| 01.09.2016-20.07.2017 | 4 | 4 | 34/24/12 | 57/37/14,5 | 0,00979 | 0,03058 | 0,26 |
| 20.07.2017-12.07.2018 | 7 | 4 | 141/93/64,4 | 15,8/11,7/5,6 | 0,84447 | 0,00103 | 2,26 |

В ключов участък Демиркапийска, по левия долинен склон на р. Демиркапийска и в подножието на вр. Ченгелчал (2709,3 m), са изградени две площадки за наблюдение на ортогравитационни процеси (фиг. 16).



Фиг. 16. Срутищно-сипейни процеси по левия долинен склон на р. Демиркапийска

Едната площадка е в т. 442 (2220 m н.в.; наклон 22 °) в улей, по който материалът се движи като сипеен. При валежи улеят се превръща в ерозионна бразда, вливаща се отляво на реката, която изтича от Аргировото езеро. Другата площадка е лента 443 (2225 m н.в.; наклон 27°) в срутищно-сипеен конус. И двете места имат запад-югозападна микроекспозиция.

В състава на наслагите от ерозионната бразда значително участие имат гравелът и пясъкът (табл. 7). Гранулометричният анализ показва, че материалът по склоновете и в руслото на ембрионалната форма не се различава.

Таблица 7

Гранулометричен анализ на наслаги от склона при квадрат 442 и от руслото при водослива на ерозионната бразда

| | 20-10 mm чакъл | 10-2 mm гравел | 2-0,1 mm пясък | 0,1-0,02 mm глина | Цвят по Munsell |
|-------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------------|--------------------|
| Квадрат 442 | 2,61 | 56,05 | 39,2 | 2,2 | 10YR 5/3 brown |
| Водослив | 0 | 52,81 | 44,5 | 2,7 | 10YR 5/3 brown |

Таблица 8

Движение на наслаги в квадрат 442 за периода 2016-2018 г. (668 дни)

| Период на наблюдение | Придвижени късове (брой) | | Общи размери на късовете по оси "a, b, c" (cm) | | Обем (m ³) V=a x b x c | | Изминато разст. изнесени късове (общо m) |
|-----------------------|--------------------------|----------|--|--------------|---------------------------------------|----------|--|
| | Привнесени | Изнесени | Привнесени | Изнесени | Привнесени | Изнесени | |
| 23.09.2016-11.08.2017 | 36 | 19 | 262/179,2/109,6 | 177/102,5/70 | 5,14576 | 1,26997 | 17,48 |
| 11.08.2017-21.07.2018 | - | - | - | - | - | - | - |

Обемът на привнесения материал е четири пъти по-голям от този на изнесения.. Скоростта на денудация на наслагите в квадрат 442 е 0,00961 m³/day, а тази на придвижването им е 2,61677 cm/day.

На около 30 m северно от квадрат 442 е маркирана лента 443 за наблюдение на склонови процеси в срутищен конус (фиг. 16). Срутищният конус опира в руслото на потока, изтичащ от Аргировото езеро, като изгражда заливна тераса отляво. Скоростта на денудация на наслагите по лентата е 0,00082 m³/day, а тази на придвижване е 0,00239 cm/day.

Анализираните данни ни дават основание да заключим, че сипейните процеси са активни и постоянно проявяващи се в периода май-ноември (особено при топенето на

снега и при валежи), докато срутищните са с епизодичен характер, с еднократна или без проява в течение на годината. В срутищните конуси се наблюдава „наместване” на материала чрез завъртане по оси „a” или „b”, което най-вероятно се случва при снеготопенето, когато наслагите се „освобождават” от тежестта на снега и водата задвижва ситнозема, който освобождава място. Това се явява признак за еволюцията на конусите (и шлейфовете), която е свързана с развитието им като каменни морета и/или реки.

Количествените данни, получени от теренните изследвания за срутищно-сипейните процеси, форми и наслаги са съпоставими с картите на потенциалния пренос на наслаги в ключовите участъци. Както индексът на свързаността на седиментите („connectivity index”), така и теренните данни регистрираха слаба връзка между склоновете и реките, по отношение транспорта на ортогравитационен материал. В 80% от наблюдаваните площадки за срутищно-сипейни процеси едрофракционният материал не осъществява контакт с воден поток. В местата, където има такава връзка (т.е. където реките размиват склонов материал от конуси и шлейфове), става смесване на наслагите и в руслата преобладава микстративен алувий.

1.2. Крийп и солифлукция

Данните за крийп процеси (скорост, режим, наслаги) са много малко в страната ни и се отнасят до установяването им чрез описание на формите, които образуват (Гловня, 1959; Попов, 1962; Gachev et al., 2009). Недостатъчна е информацията и за наслагите, които изграждат тези форми, както и за скоростта на процесите (Grunewald et al., 2008, 2010; Kenderova et al., 2015; Рачев и др., 2017; Kenderova et al., 2018; Кренчев и др., 2019). Липсват публикации за скоростта на солифлукцията и нейните наслаги, а тези за образуваните форми са много малко.

Крийпът е широко разпространен на територията на Пирин планина, а солифлукцията е характерна за субалпийския пояс, т.е. над горната граница на гората (над 2000-2200 m н.в.). Ние възприемаме тезата, че двата процеса са аквално-гравитационни и че именно промяната в обема на наслагите води до приплъзването им надолу по склона.

Процесите на крийп и солифлукция са изследвани в ключови участъци Бъндерица, Синанишка и Беговица. Площадките са разположени в циркусите Голям Казан (на 2428 m и 2461 m н.в.), Бъндеришки (2201 m и 2195 m н.в.) и Синаница (на

2242 m и 2151 m н.в.), както и в района на хижите Беговица (1781 m) и Бъндерица (1800 m). Избраните територии с надморска височина около и над 2200 m са представителни за зоната със сезонно замръзване на повърхностния слой, където движението на наслагите е силно повлияно от циклите на замръзване и размръзване (ноември/ декември – април/ май) (Kenderova et al., 2015, 2018; Рачев и др., 2017). Поради това приемаме, че там протича процесът солифлукция. В районите на площадките са образувани тераси с хоризонтални повърхности и откоси между тях. В площадките при х. Беговица и х. Бъндерица наслагите не замръзват, като тяхното придвижване се осъществява в условията на променяща се влажност и температура, т.е. там протича хидрогенен крийп. Специализирани изследвания на формите обаче не са правени, поради това двата процеса са условно поделени.

Анализът на данните за различните площадки потвърди протичането на солифлукция (над 2200 m) и хидрогенен крийп (под 2200 m) във високопланинския пояс на Пирин планина. Скоростта и режимът им зависят от влажността на наслагите и наклона на склона. Данните от реперите в Голям Казан показваха, че на северния склон, където наслагите замръзват за по-дълъг период (Kenderova et al., 2015; Baltakova, 2017; Кренчев, 2019), скоростта е по-висока, а на южен склон, където замръзването е с близо месец по-кратко, солифлукцията е с 3 пъти по-ниска скорост. При западна микроекспозиция на реперите в циркус Синаница данните показваха близки стойности до тези при северна ориентираност в Голям Казан.

Получените обобщени скорости на денудация и акумулация в площадките, отразяващи промените в повърхностната морфология на изследваните склонове са най-високи в т. 311 Бъндерица (денудация – 3,68 cm/ 1958 дни; акумулация – 6,02 cm/ 1958 дни). Около 2 пъти по-ниски са тези стойности в т. 268 Беговица (денудация – 2,18 cm/ 2180 дни; акумулация – 2,94 cm/ 2180 дни). Сравнението между скоростта на крийп и количеството на падналите валежи показва разминаване в максимумите. Ако максималните валежи са през май/юни, то максималните скорости на крийп са през юли. Това е резултат от хода на всички екзогенни процеси, които реагират с известна инерция на промените в хода на климатичните елементи. В случая, крийпът се забавя с около един месец.

Климатичните елементи определят режима, скоростта и разпространението на процесите на масово движение на наслагите. В зависимост тях и от топографските условия, получените данни за високопланинския пояс на Пирин са сравними с такива за

други територии в страната – планините Милевска и Кървав камък (Кендерова и др., 2012) и района на Земенския пролом (Божков, 2018).

2. Флувиални процеси, форми и наслаги

Морфологията и динамиката на високопланинските речни долини се различават значително от по-ниско разположените им в хипсометрично отношение части. Динамиката и режимът на флувиалните процеси се влияе от няколко фактора и условия, включително климат и годишен ход на метеорологичните елементи, геоложка основа и наклон на склоновете, честота на събитията с голяма амплитуда (интензивни валежи, високи вълни), растителност и вътрешна динамика на прилежащите склонове.

2.1. Речна ерозия и характеристика на алувиални наслаги

Изследванията на флувиални процеси, форми и наслаги в ключови участъци Беговица, Синанишка, Бъндерица и Демиркапийска са в периода 2016-2018 г. (табл. 9).

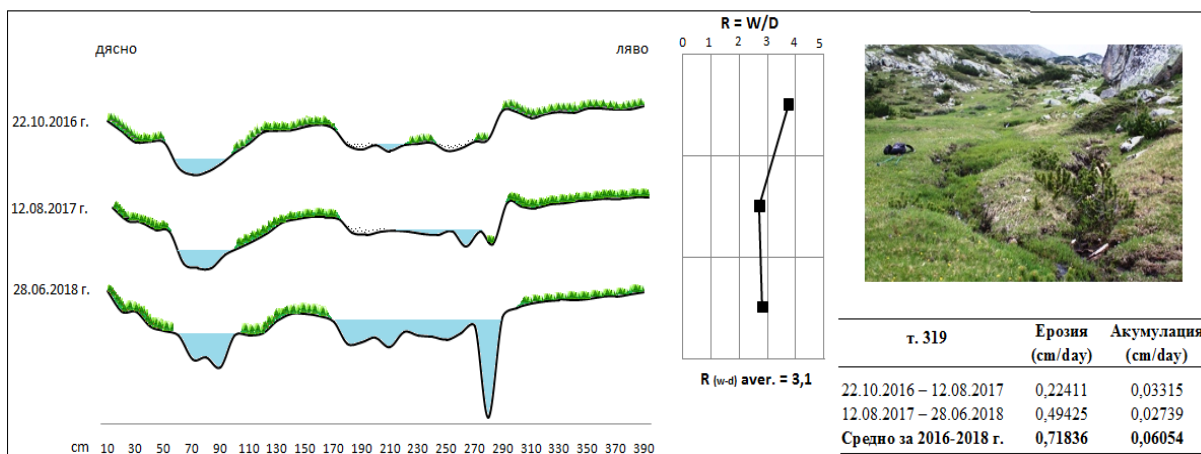
Таблица 9

Площадки за изследване на флувиални процеси, форми и наслаги

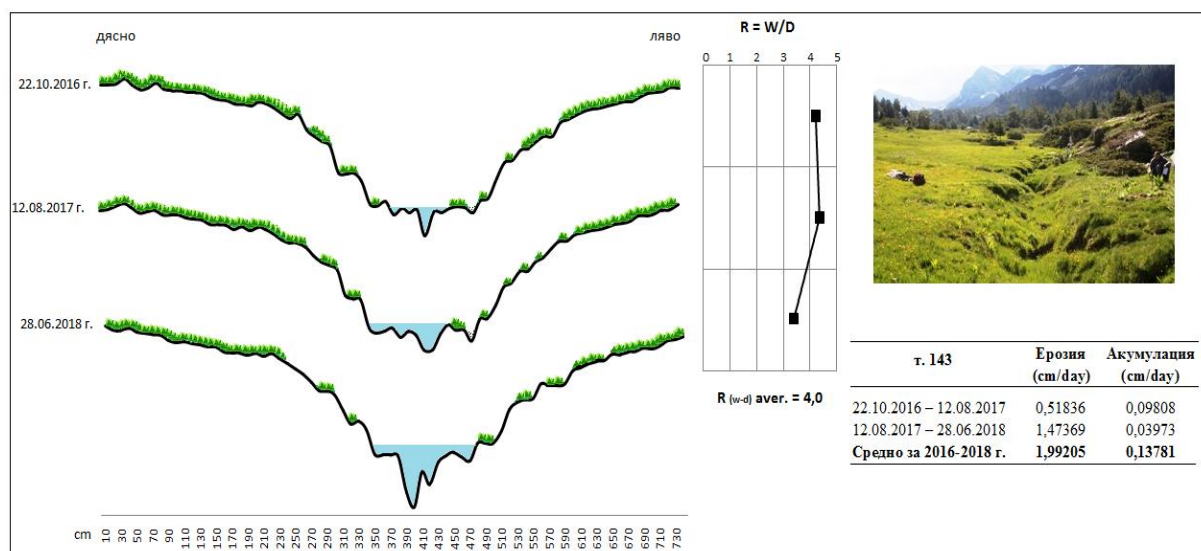
| Ключов участък | Напречни профили и проби – потоци нисък порядък | Проби руслови наслаги – главни реки |
|----------------|---|--|
| Беговица | т. 319, т. 143, т. 069, т. 446 | т. 539, т. 538, т. 537, т. 079 |
| Синанишка | т. 267, т.424, т.425, т. 426, т. 427 | - |
| Бъндерица | т. 432, т. 433, т. 434 | т. 429, т. 431, т. 553, т. 552, т. 435, т. 551 |
| Демиркапийска | т. 445, т. 139 | т. 137, т. 141, т. 136 |

В ключов участък Беговица са изградени четири площадки за наблюдение на речна ерозия – две на потоци от I-ва поредност (т. 319 и т. 143) и други две на поток от II-ра поредност (т. 069 и т. 446). Изследваните потоци са десни притоци на главната река и протичат през слабо наклонени ($5-10^{\circ}$), плътно затревени, с процеси на торфообразуване, участъци от долината.

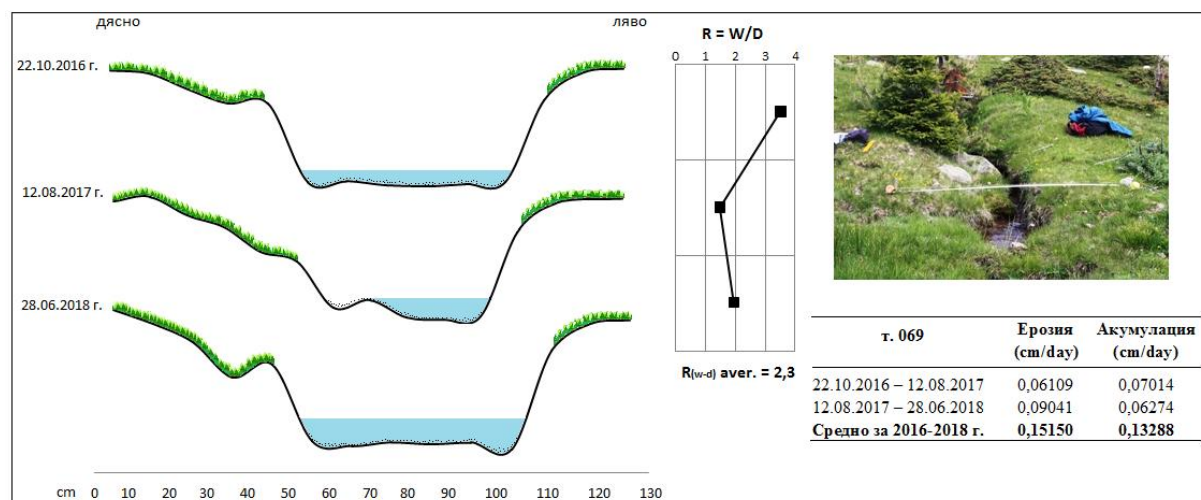
Измерванията през 2018 г. регистрират съществени изменения в руслата. Това наблюдение съвпада с максимума на валежите (172 mm за м. юни и 22,6 mm денонощен валеж в деня преди измерването, отчетени от станция Беговица).



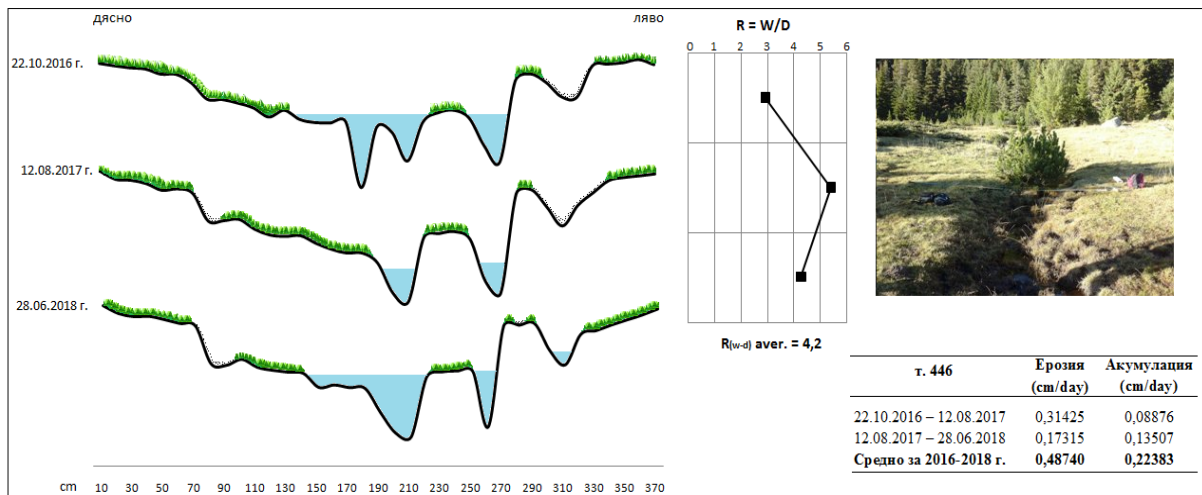
Фиг. 17. Промени в речното легло и параметрите на заливните тераси, скорост на ерозия и акумулация в т. 319



Фиг. 18. Промени в речното легло и параметрите на заливните тераси, скорост на ерозия и акумулация в т. 143



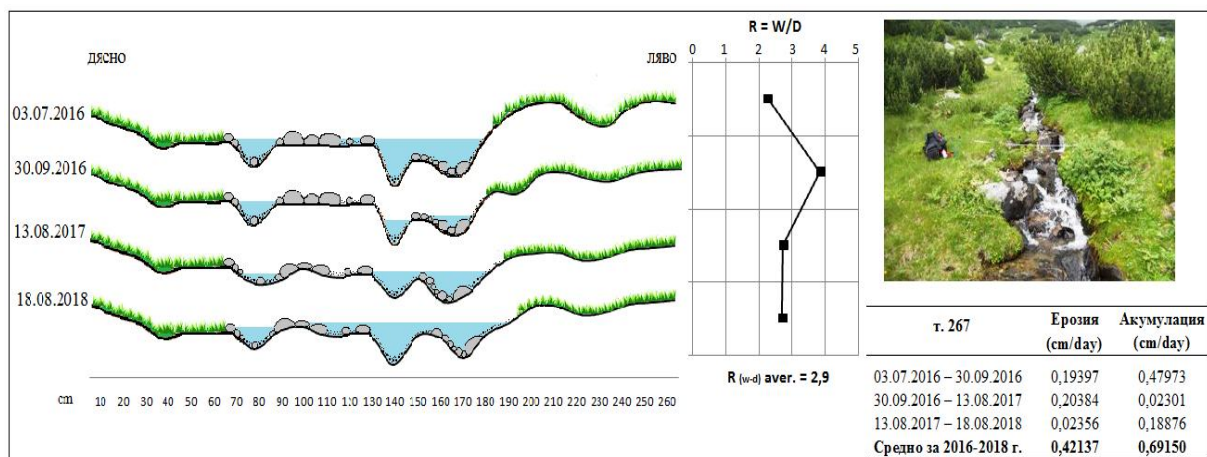
Фиг. 19. Промени в речното легло и параметрите на заливните тераси, скорост на ерозия и акумулация в т. 069



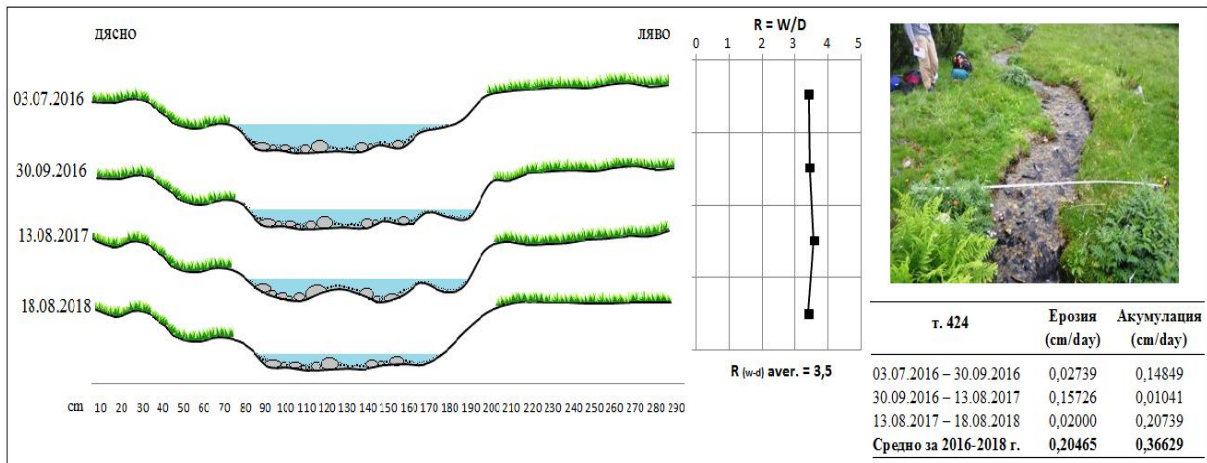
Фиг. 20. Промени в речното легло и параметрите на заливните тераси, скорост на ерозия и акумулация в т. 446

Анализът на дънните наслаги определи техния състав като разнофракционен (т. 319), двуфракционен (т. 143 и т. 069) и еднофракционен (т. 446), с лоша до умерена сортировка. Ситноземът с единичния чакъл потвърждават заливанията, а механичният състав – слабата транспортна енергия на потоците, резултат от наклона – между 5-10°.

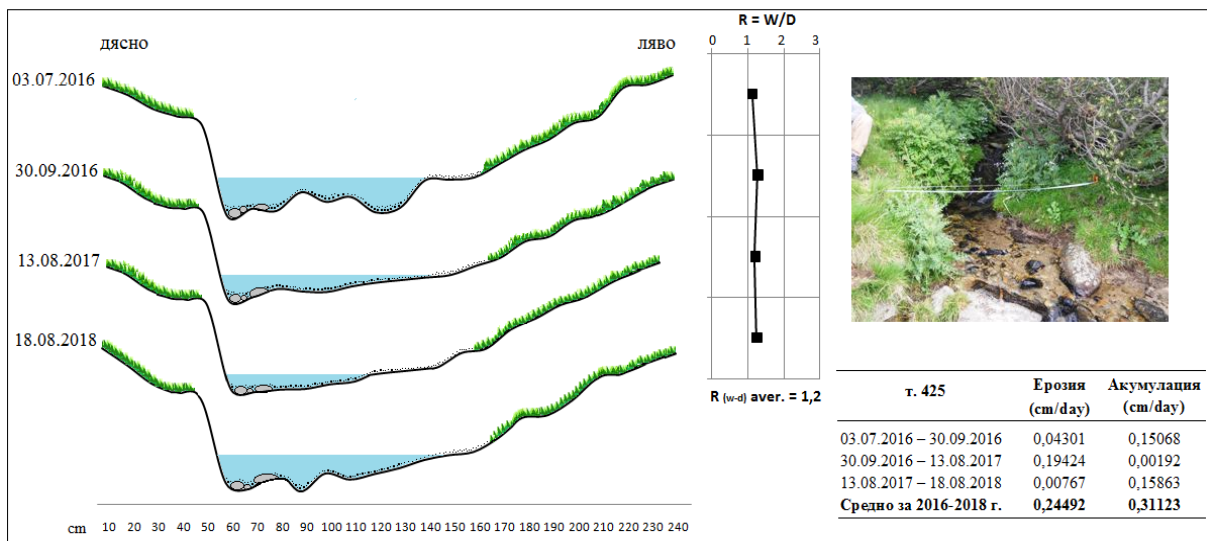
За проследяване промените в морфологията на речните русла в ключов участък Синанишка са изградени пет площадки за наблюдение на флувиални процеси. Четири от тях са на потоци от II-ра поредност (т. 267, т. 424 и т. 425, т. 426) и една на такъв от III-та поредност (т. 427). Изследваните потоци протичат през слабо наклонени (5-10°) и плътно затревени участъци.



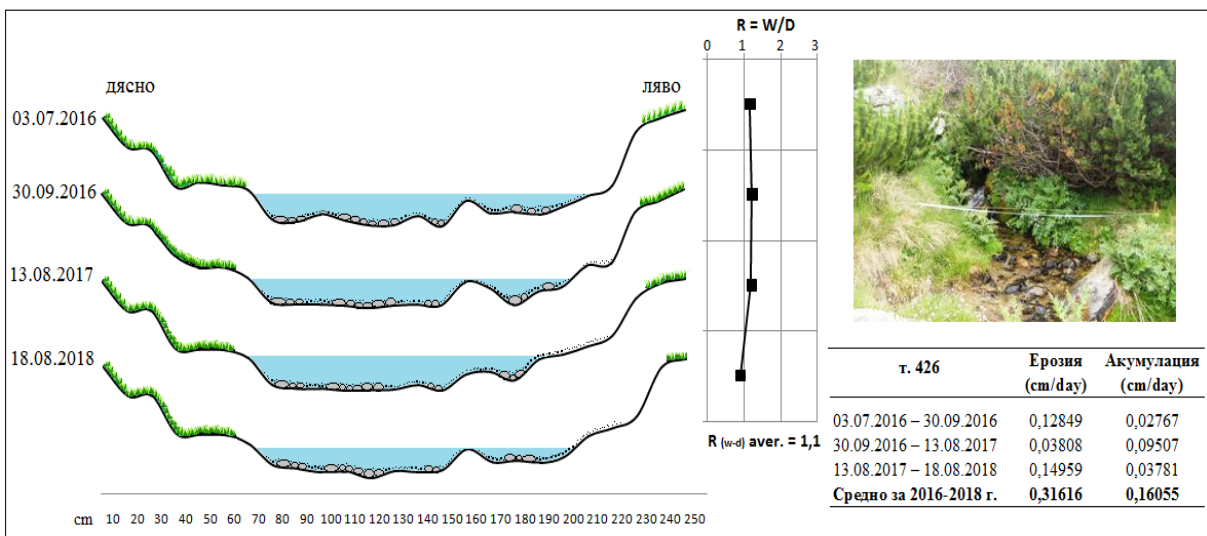
Фиг. 21. Промени в речното легло и параметрите на заливните тераси, скорост на ерозия и акумулация в т. 267



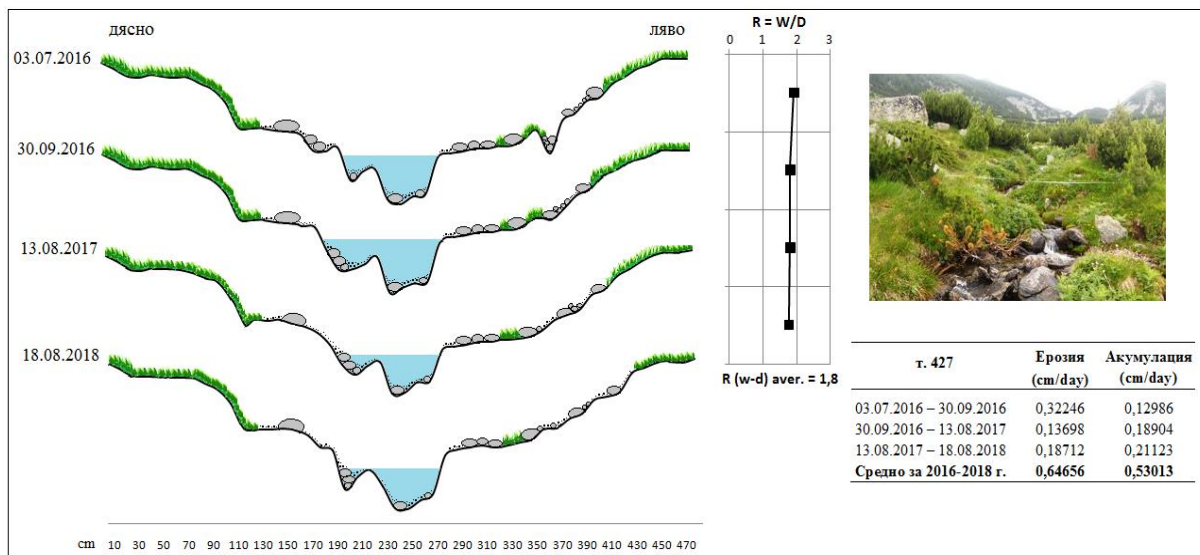
Фиг. 22. Промени в речното легло и параметрите на заливните тераси, скорост на ерозия и акумулация в т. 424



Фиг. 23. Промени в речното легло и параметрите на заливните тераси, скорост на ерозия и акумулация в т. 425



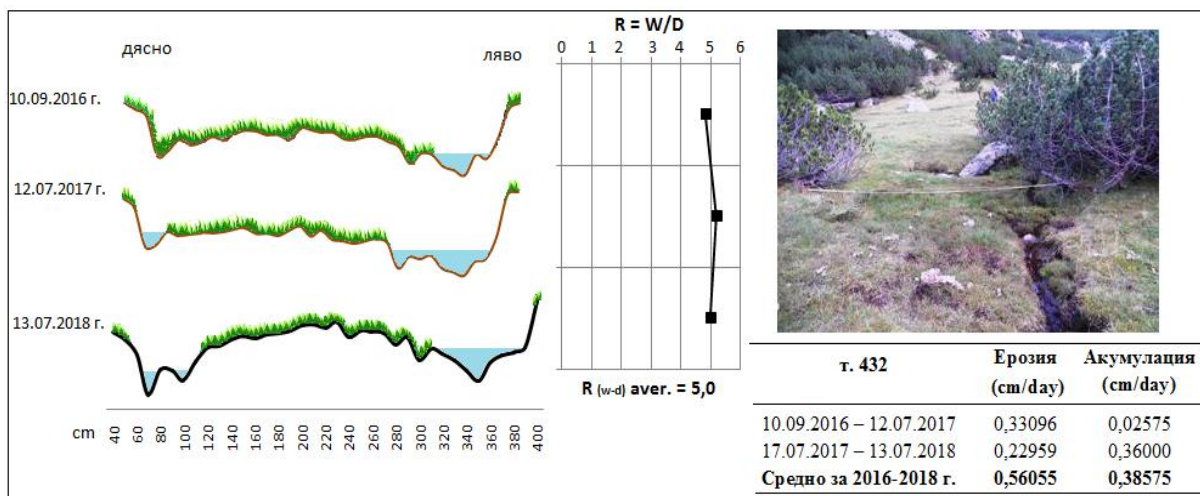
Фиг. 24. Промени в речното легло и параметрите на заливните тераси, скорост на ерозия и акумулация в т. 426



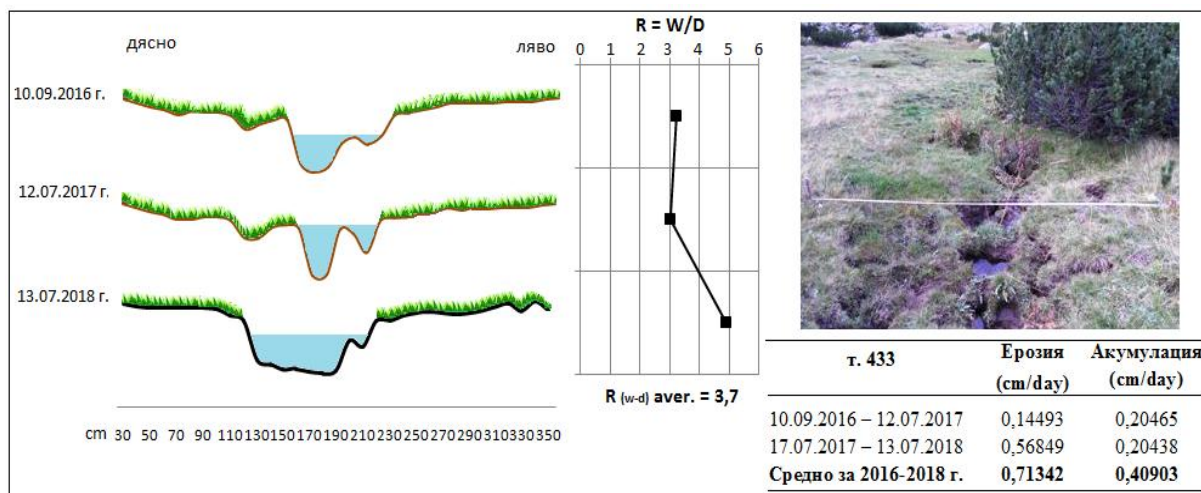
Фиг. 25. Промени в речното легло и параметрите на заливните тераси, скорост на ерозия и акумулация в т. 427

Изследванията показват, че в периода 2016-2018 г. най-големи са промените по профили 267, 426 от II-ра поредност и 427 от III-та поредност. Анализираните руслови проби от изследваните потоци маркират преобладаването на дребният чакъл и в трите потока. Общото е в размерите, петрографския вид и донякъде в участието на счупения чакъл и начина на транспорт. Разликите са в степента на огладеност и транспорта, което потвърждава правилото, че с повишаване поредността на потока, се повишава и огладеността на наслагите.

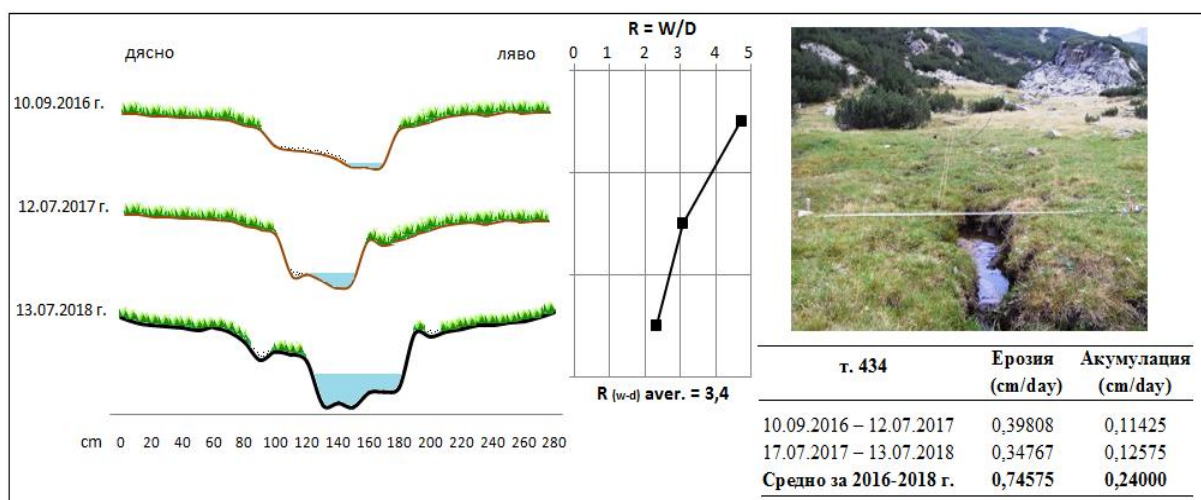
В ключов участък Бъндерица са регистрирани флукуациите на потоци от I-ва (т. 432 и т. 433) и II-ра (т. 434) поредност. Те са десни притоци на р. Бъндерица в района на м. Равнако (до 5° наклон).



Фиг. 26. Промени в речното легло и параметрите на заливните тераси, скорост на ерозия и акумулация в т. 432



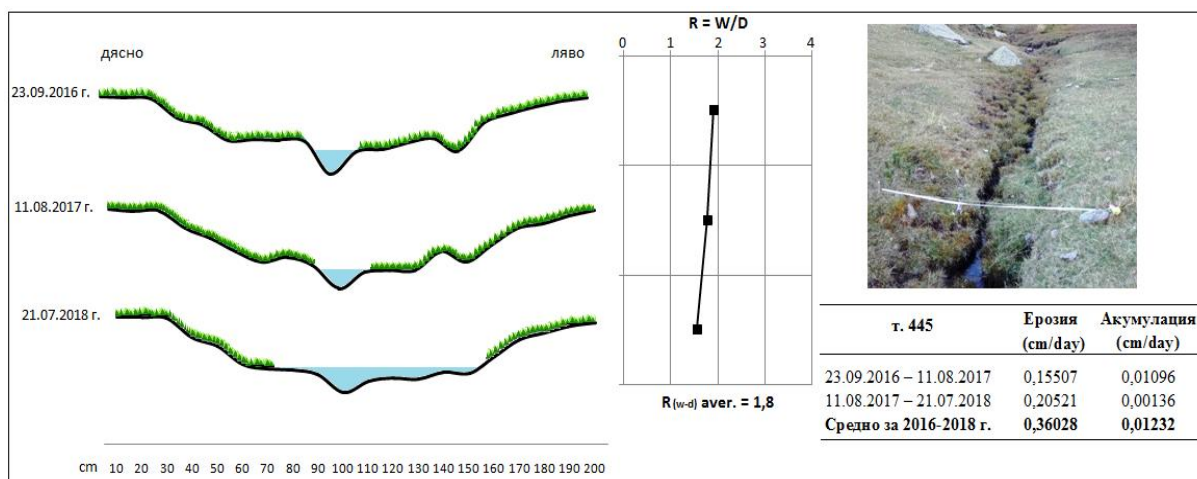
Фиг. 27. Промени в речното легло и параметрите на заливните тераси, скорост на ерозия и акумулация в т. 433



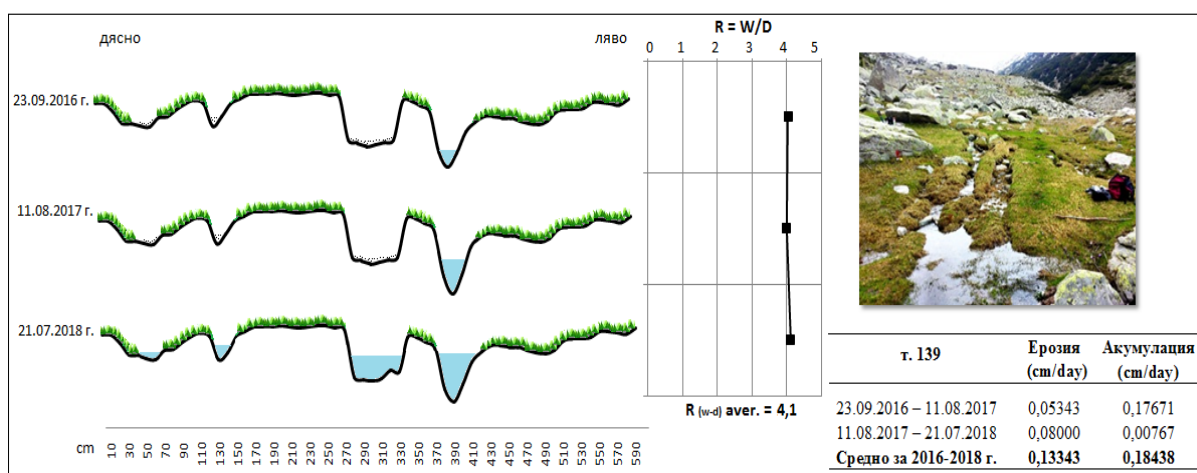
Фиг. 28. Промени в речното легло и параметрите на заливните тераси, скорост на ерозия и акумулация в т. 434

Гранулометричният анализ на пробите показва сходство в разпределението при потоците от I-ва поредност. Материалът е двуфракционен и с умерена сортировка. Наслагите от т. 434 са еднофракционни (95% пясък) с добра сортировка. И в трите проби се наблюдават единични включения от гравел.

В ключов участък Демиркапийска са наблюдавани руслови промени в две площадки на потоци от I-ва поредност (т. 445 и т. 139). Те са десни притоци на р. Демиркапийска.



Фиг. 29. Промени в речното легло и параметрите на заливните тераси, скорост на ерозия и акумулация в т. 445



Фиг. 30. Промени в речното легло и параметрите на заливните тераси, скорост на ерозия и акумулация в т. 139

В руслата на двата потока преобладава дребен чакъл. Петрографският състав на подхранващата провинция в тях е различна. Материалът в т. 445 е от равномерnozърнести биотитови гранити (Централнопирински плутон), а при т. 139 – от грубозърнестите, порфиرويدни гранити на Безбожкия плутон. Наблюдаваните потоци имат типичен пролувиален характер – ниска степен на огладеност, наличие на ступен чакъл и транспортиране предимно чрез салтация.

За периода на наблюдението най-значителни са промените в параметрите на заливните тераси и руслата в:

- т. 143 на поток от I-ва поредност в долината на р. Беговица, където дълбочината на дясната заливна тераса се е увеличила със 74 cm. Дълбочината на ерозионния срез на потока е 124,4 cm;

- т. 446 на поток от II-ра поредност в долината на р. Беговица, в който през 2017 г. широчината на заливните тераси се е увеличила общо със 60 cm;
- т. 267 на поток от II-ра поредност в долината на р. Синанишка, където дясната заливна тераса е общо с 32 cm по-тясна, а дълбочината ѝ се е увеличила с 9 cm;
- т. 427 на поток от III-та поредност в долината на р. Синанишка, чията дясна заливна тераса се е редуцирала с общо 20 cm, а лявата – с 13 cm. Дълбочината на ерозионния срез на потока е 124 cm;
- т.432 на поток от I-ва поредност в долината на р. Бъндерица, където през 2018 г. основният поток вдясно е разширил леглото си с 45 cm, а новообразуваният вляво е с 32 cm по-тесен;
- т. 434 на поток от II-ра поредност в долината на р. Бъндерица, чиято конфигурация е различна при всяко от измерванията;
- т. 445 на поток от I-ва поредност в долината на р. Демиркапийска, където промените се изразяват в редуциране широчината на заливните тераси с общо 73 cm.

Проведените наблюдения в ключови участъци Беговица, Синанишка, Бъндерица и Демиркапийска установиха преобладаване на латералната ерозия спрямо вертикалната и спрямо акумулацията на материал в потоците от ниските поредности. За периода 2016-2018 г. средногодишната скорост на ерозия общо за изследваните потоци е 234,10 cm/year, а тази на акумулация е 116,99 cm/year. Следователно, скоростта на ерозия е 2 пъти по-голяма от тази на акумулация, а площта на ерозиран материал средногодишно е 2,74 m². Действието на латералната ерозия се изразява в локално разкъсване и свличане на материал в потоците, което повлиява широчината и височината на заливните тераси и конфигурацията на руслата.

Гранулометричният състав на дънните наслаги от нискоранговите потоци потвърждава слабия транспортен потенциал на потоците при наклони от 5-10°. Изследваните потоци са подхранвани едновременно със склонов и материал от заливните тераси, чиито наслаги се движат към руслата като крийп и солифлукция. Материалът няма характер на алувий, а носи белезите на склоновите процеси и на изветрянето. Преобладаващата странична ерозия допълнително стимулира привнасянето на материал от заливните тераси. Следователно, прилежащите заливни тераси са основен източник на материал в изследваните потоци.

Основните характеристики на алувиалните наслаги от главните реки Беговица, Синаница, Бъндерица и Демиркапийска позволиха условното им разделяне на три части:

- Горните течения на реките са изцяло подхранвани със склонов и пролувиален материал, привнесен от временни потоци с нисък ранг. Огладеността на материала е предимно от 0 и I степен, а наличието на повисока е резултат от процента на счупения чакъл. Материалът е придвижен чрез салтация и е с размери предимно на чакъл.
- Условната средна част на изследваните реки е маркирана от умерено сортирани гравели и пясъци, незначителен процент счупен чакъл и транспортиране предимно чрез влачене.
- В долните участъци от реките процентът на счупения чакъл е висок и наслагите са смесенофракционни. В местата, където реките размиват склонов материал в конуси и шлейфове, става смесване на наслагите, като общата огладеност се понижава, а счупеният чакъл се повишава – микстративен алувий. Запълнителят е от пясък – резултат от механичното раздробяване на материала и изминатия път.

В обобщение, материалът с размери на блокове и валуни се наблюдава по цялата дължина на реките, докато различията са по-съществени в запълнителя. Промени в размерите на наслагите от запълнителя се регистрират при преминаването на потоците от II-ра в III-та поредност, където чакълът бива заместен от гравел и пясък. На същия преход се установява повишаване на общата огладеност на алувия – до и над III-та степен.

2.2. Флувиална седиментация – заливни тераси

Седиментните наслаги и обстановката на отлагането им в заливните тераси на реките Беговица, Синанишка, Бъндерица и Демиркапийска са индикатор както за динамиката на флувиалните процеси, така и за промените в палеосредата. Гранулометричният състав, сортировката и минералното съдържание на наслагите дават информация за промените в климата и динамиката на екзогенните процеси. Тази информация, в допълнение с радиокарбоново датиране, води до значителна хронологична точност както при палеогеографски реконструкции, така и при изчисляване скоростта на седиментация (cm/ 100 years).

В периода 2016-2018 г. са направени общо 9 сондажа в заливните тераси на реките Беговица, Синанишка, Бъндерица и Демиркапийска, като един от тях е в алувиален остров (табл. 10). Наслагите от разграничените хоризонти във всеки от сондажите са изследвани чрез гранулометричен, лито-минераложки анализ и анализ на кварца.

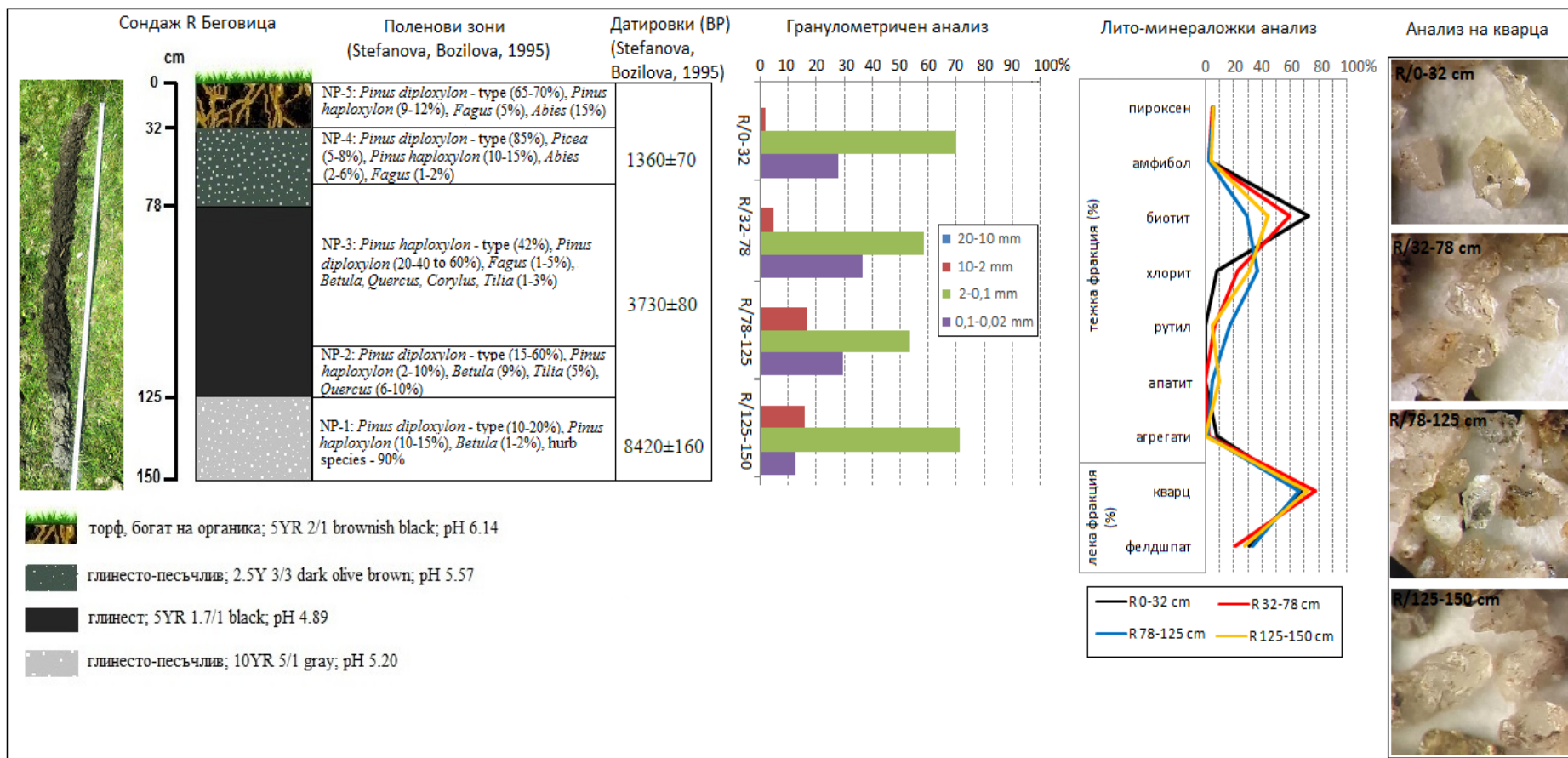
Таблица 10

Сондажи в заливни тераси на р. Беговица, Синанишка, Бъндерица и Демиркапийска

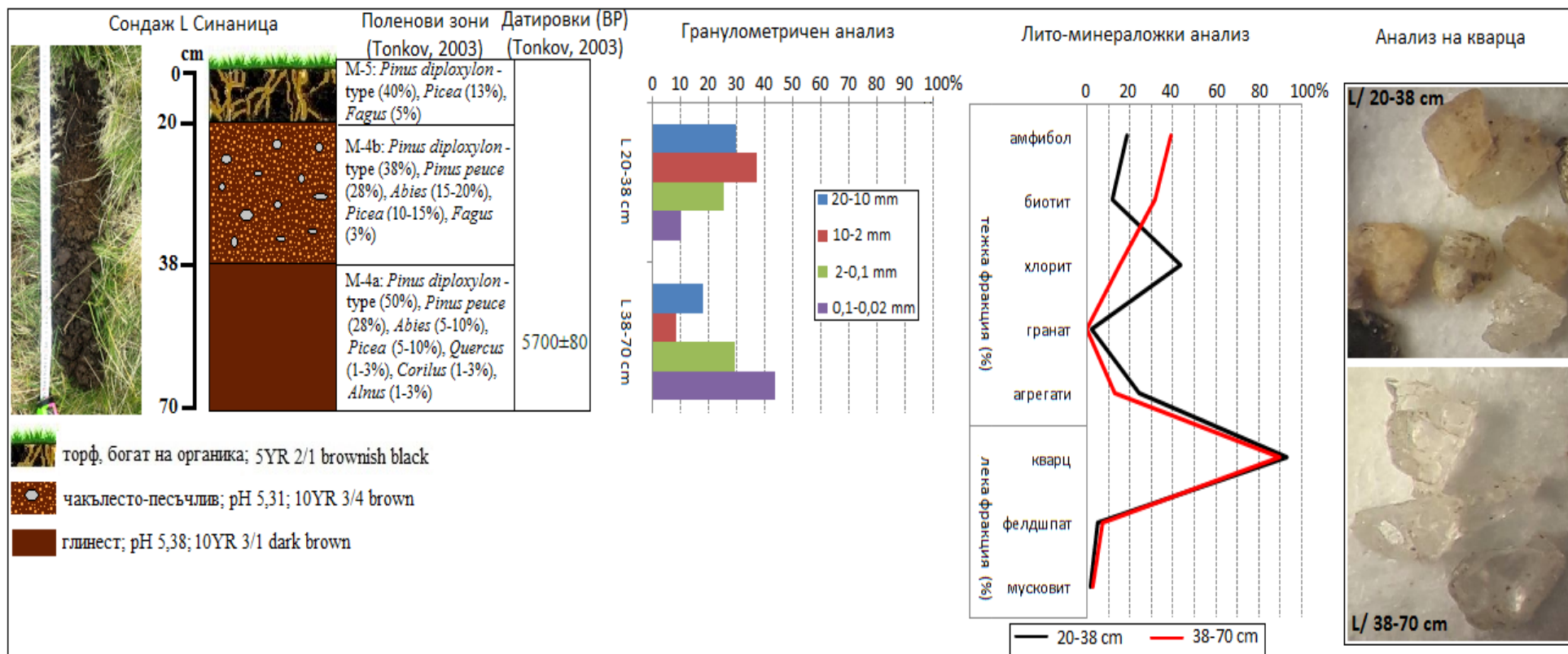
| Река | Сондажи в заливни тераси (дълбочина cm) |
|---------------|---|
| Беговица | R – 150 cm; L – 50 cm |
| Синанишка | R – 30 cm; L – 70 cm |
| Бъндерица | R – 58 cm; L – 40 cm; *C – 110 cm |
| Демиркапийска | R – 80 cm; L – 50 cm |

Сондаж R Беговица (фиг. 31) и сондаж С Бъндерица (фиг. 32) демонстрират сходство в дебелината на утайконатрупване и разпределението и механичния състав на наслагите в сондаж „Безбог”, а сондаж L Синаница (фиг. 33) съвпада със сондаж „Мозговица”, при направено сравнение с данни на Stefanova, Bozilova (1995), Tonkov (2003), Кренчев (2016). В голяма степен геоморфоложките (респ. седиментоложки) сондажи потвърждават хоризонтите на палиноложките, което позволява корелация и съпоставка между отделните хоризонти. Според палеоботаническите изследвания и радио-карбоновите датировки (Stefanova, Bozilova, 1995; Tonkov, 2003) наслагите от тези сондажи отразяват развитието на растителността и промените в климата през последните 10 000 години (от бореала до наши дни).

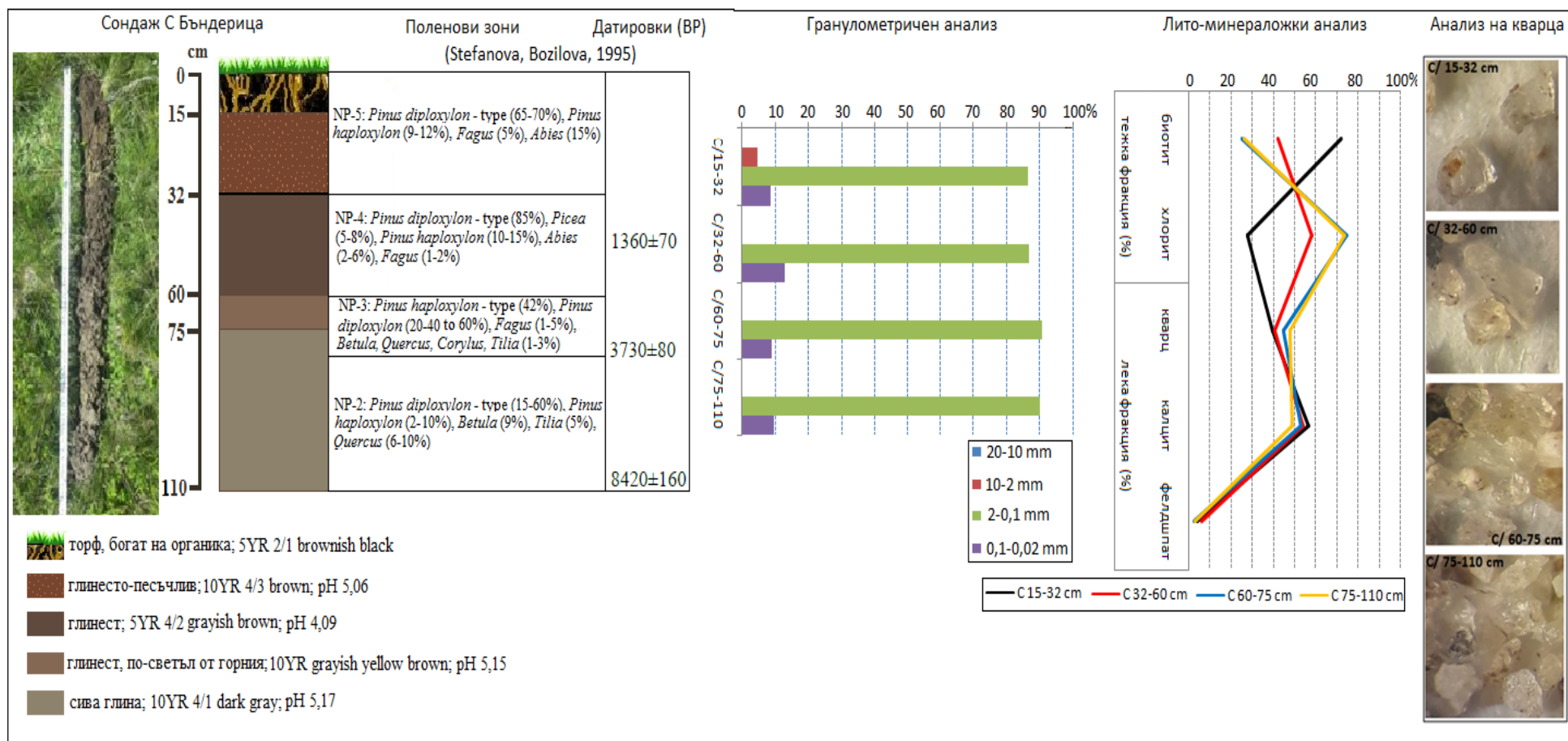
Резултатите от анализите на наслагите в сондажите на заливните тераси на реките Беговица, Синанишка, Бъндерица и Демиркапийска предоставят информация за обстановките на седиментация, динамиката на екзогенните процеси и условията на природната среда във високопланинския пояс на Пирин. В района на сондажите се установяват три основни литоложки формации – гранитоидна (Централнопирински и Безбожки плутон), двуслюдена гнайсова (Луковишка и Бачковска свита) и мраморна (Добростанска свита), отговарящи на подхранващите провинции. Те са пряко свързани с характера на механичния и минераложкия състав на седиментите. Компактните скали от гнайси и гранити са слабо податливи на изветряне и ерозия. Следователно, седиментите са доставени от зони с неспоени наслаги – срутища, сипеи, склонове с масово движение на наслаги, моренни материали, флувиоглациални наслаги, изветрителни кори.



Фиг. 31. Сравнителен споро-поленов анализ и радиокарбонова датировка със сондаж Безбог (Stefanova, Bozilova, 1995), седиментоложки и лито-минераложки анализи на наслагите от сондаж R в долината на р. Беговица



Фиг. 32. Сравнителен споро-поленов анализ и радиокарбонова датировка със сондаж Мозговица (Tonkov, 2003), седиментоложки и лито-минераложки анализи на наслагите от сондаж L в долината на р. Синанишка



Фиг. 33. Сравнителен споро-поленов анализ и радиокарбонова датировка със сондаж Безбог (Stefanova, Bozilova, 1995), седиментоложки и лито-минераложки анализи на наслагите от сондаж С в долината на р. Бъндерица

Получените резултати ни дават основание да твърдим, че образуването на заливните тераси е съпроводено без резки промени в динамиката на процесите, с редуването и смесването предимно на склонови и алувиални наслаги, а механичният им състав е преобладаващо от фракцията на пясъка. Минераложкият състав на наслагите в направените сондажи потвърждава подхранващите провинции. Анализът на кварцовите зърна във всеки от хоризонтите демонстрира транспортирането им чрез флувиален и еоличен пренос, а не с по-малък дял са наслагите дезинтегрирани на място чрез механическо и химическо изветряне в условията на студен планински климат.

Сравнението на сондажи R Беговица, С Бъндерица и L Синаница с палинологични сондажи „Безбог“ и „Мозговица“ (Stefanova, Vozilova, 1995; Tonkov, 2003; Кренчев, 2016) и с наличните радиокарбонови датировки, дадоха възможност за изчисляване на средните скорости на седиментация в заливните тераси. Имайки предвид възрастта на най-дълбокия датиран хоризонт и дебелината на наслагите, то скоростите на седиментонатрупване са:

- 1,78 cm/100 years в сондаж R Беговица;
- 1,31 cm/100 years в сондаж С Бъндерица;
- 1,16 cm/100 years в сондаж L Синаница.

За сравнение, за територията на Пирин планина Кренчев (2016) изчислява средна скорост на седиментонатрупване 2,33 cm/100 years, а в субарктичните и бореалните райони средните стойности са между 3,75 и 6,4 cm/100 years (Martini, 2006; Zoltai, 1988).

VII. Заключение и основни изводи

Проведените изследвания (морфометрични, геоморфоложки, климатоложки, хидроложки и седиментоложки) позволиха последователно съставяне и анализиране на динамичната картина от процеси, форми и наслаги във високопланинския пояс на Пирин. Мониторинговите наблюдения предоставиха качествено нова информация за склоновете и флувиалните процеси, форми и наслаги. Новите данни за климатичните елементи температура (на въздуха и почвата) и валежи позволиха изясняване ролята на климата като водещо условие (и фактор) за протичането на флувиалните и склонови процеси във високата част на Пирин.

Мониторинговият подход на изследване наложи избора на ключови участъци във високопланинската част на Пирин, а основният критерий за подбора им при

идентичен климат, надморска височина, морфографски особености и пространствена близост, е тяхната експозиция. Ориентираността на ключови участъци Беговица, Синанишка, Бъндерица и Демиркапийска (общо 64,67 km² от високопланинския пояс) се определи като основна предпоставка за различията в хода и режима както на климатичните елементи, така и на склоновете и флувиалните процеси. Това, както и продължителността на наблюденията (между 3 и 7 г.), позволи да бъдат направени изводи за тренда на анализирани климатични елементи, на някои от склоновете процеси и на еволюцията на формите.

Освен експозицията, като част от морфографските и морфометрични особености на ключовите участъци, анализът на наклоните на склоновете и на вертикалното и хоризонталното разчленение на релефа установи предпоставки за развитие на комплекси от склонови и флувиални процеси. Резултатите от изчисленията на наклоните на склоновете определиха ключови участъци Беговица, Синанишка, Бъндерица и Демиркапийска като стръмни територии (среден наклон 28°), а стойностите на вертикалното (средно 320-360 m/km²) и хоризонталното (средно 1,8-2,7 km/km²) разчленение на релефа потвърдиха всечения им характер.

Основни за развитието и разпространението на склоновете и флувиалните процеси се явяват климатичните и литолого-тектонските условия и фактори.

Анализираните данни за температура на въздуха и почвата и за валежите характеризират студен (бореален) планински климат. Стойностите на климатичните елементи са водещи за протичането на склоновете и флувиалните процеси и се изразяват в:

- средната годишна температура на въздуха по западния склон на Пирин е с около 1,3 °C по-висока, отколкото по източния склон, а периодът с отрицателни месечни температури на въздуха е от ноември до април/ май;
- сезонно замръзване на почвата и наслагите, което се колебае като продължителност при различна експозиция – например, в циркус Голям Казан при северна експозиция температурата на почвата е отрицателна 7 месеца от годината (Т1: ноември-май), а при южна – 5 месеца (Т2: декември-април);
- валежите се открояват с два максимума и два минимума: западен склон (ст. Беговица) – декември и юни максимум/ януари и август минимум, годишна сума 1054 mm; източен склон (ст. Безбог) – октомври и май максимум/ януари-февруари и септември минимум, годишна сума 802 mm;

- данните от ст. Беговица и от теренните измервания показваха, че валежи с интензивност над 10 mm/1 h (0,167 mm/min) имат релефообразуваща роля.

Климатичната информация за температура и валежи дава основание да твърдим по-ранна активизация на флувиалните процеси, химическото изветряне, крийпа по западния склон на Пирин (края на април/ началото на май), докато по източния се наблюдава забавяне с около 2-3 седмици. Най-висока скорост на екзогенните процеси се установява на прехода между студеното и топлото полугодие (март-юни), когато се активизират масовото движение на материала (крийп, делувиален смив, солифлукция) и флувиалните процеси (ерозия и акумулация). Този преход се случва два пъти по-бързо, отколкото прехода от летния към зимния период от годината – от 1 до 10 дни.

Литолого-тектонските условия оказват влияние чрез устойчивостта на изветряне и ерозия на петрографските видове. Изследваните ключови участъци са предопределено свързани с източници на неспоени наслаги от гранити, мрамори и гнайси, като последните са най-устойчиви на изветряне (средно 51,5 R). От друга страна, положителните тектонски движения и блоково-разломният строеж на Пиринския хорст предопределят основните посоки на ерозионните системи и конфигурацията им.

Съчетанието на литолого-тектонските и морфохидрографските особености с режима на климатичните елементи е основна предпоставка за морфолитодинамиката на флувиалните процеси във високопланинския пояс на Пирин. Тяхното влияние се изразява във:

- формата на басейните (елипсовидна), гъстотата (между 3,18 и 3,68 km/km²) и честотата (между 8,08 и 12,06 бр./km²) на потоците, конфигурацията на речно-ерозионната мрежа;
- многобройни, гъсто разположени потоци от I-ва поредност, които се вливат на късо разстояние и често под прав ъгъл;
- сезонен характер на потоците от ниските поредности.

Тези особености отразяват връзката между диаклазните нарушения в литоложката основа, нейната устойчивост и петрографски състав, наклона на склоновете и връзката между режима на климатичните елементи с хода на флувиалните процеси.

За разпространението на флувиалните и склоновите процеси влияние оказва и почвено-растителната покривка. Това се доказва от разпределението на NDVI индекса

във високопланинската част на Пирин, както и от теренните изследвания. От 1600 m до около 2200 m н.в. се наблюдават предпоставки и условия за протичането на делувиален смив, хигрогенен и температурен крийп и по-малко срутищно-сипейни процеси. На височина около и над 2200 m до 2500 m преобладават срутищно-сипейните процеси, форми и наслаги, солифлукцията и криогенния крийп. В този височинен обхват са разположени стартовите зони на ембрионалните ерозионни форми от нисък порядък, на лавинните улеи, скалните разкрития и откоси, които дават началото на срутищата и сипейте. В териториите над 2500 m н.в. и по билните заравнености доминират изветрителните процеси и образуваните от тях изветрителни кори, елувиални натрупвания и почви.

Изградените за наблюдение склонови (срутищно-сипейни, солифлукция и крийп) и флувиални (ерозия и акумулация) площадки предоставят емпирични данни за обем, скорост на денудация/ ерозия и акумулация/ седиментация. Изводите са направени въз основа промените в склоновете и долинните повърхнини чрез измервания на: обем и изминато разстояние на неспоените наслаги, дълбочина и широчина на потоците и миграцията им във време-пространството. Полевите измервания дават възможност да бъде изчислена скоростта на денудацията и акумулацията в $m^3/year$, $cm/year$, $m/year$ и $g/m^2/year$. Получените данни не могат да бъдат сравнени с такива за други високопланински територии на страната, защото подобна информация не е налична. Поради това те могат да бъдат основа при съставянето на балансови уравнения за установяване седиментния бюджет на дадена територия и имат важно значение при морфодинамичните изследвания.

Във високите части на Пирин, при наклони над $25-30^\circ$, отсъствие на растителна покривка и температурни преходи през $0^\circ C$ (ноември-декември и април-май) преобладават (освен механичното изветряне) срутищно-сипейните процеси. Те са широко разпространени над горната граница на гората (над 2000-2200 m н.в.) и протичат с максимални скорост от $0,7 m^3/year$ (денудация) до $2,8 m^3/year$ (акумулация) и скорост на придвижване $9,55 m/year$ при обща площ на площадките $10,54 m^2$. Срутищно-сипейните склонове със СЗ-З-ЮЗ микроекспозиция демонстрират значително по-голям брой транспортирани късове и, съответно, по-голям изминат път от тях, в сравнение с тези експонирани на СИ-И-ЮИ.

Наблюдават се различни преходи между ортогравитационните процеси. Еволюцията на процесите в течение на годината зависи най-много от промяната в климатичните условия. Топенето на снега може да предизвика в улеите и жлебовете

протичането както на лавини, така и на срутища и сипеи. Максималните валежи са в състояние в същите форми да задвижат малки, непостоянни потоци, материалът от които да достигне до речните русла. Например, в лавинните улеи през пролетта и началото на лятото временните потоци от I-ва поредност често текат като микроселеви и смесват допълнително материала в конусите и шлейфовете. Подобен случай на преминаване на сипейни процеси в микроселеви е наблюдаван в ключов участък Синанишка, които транспортират $526 \text{ g/m}^2/\text{year}$.

Срутищно-сипейните наслаги в 80% от наблюдаваните площадки не достигат воден поток и не представляват източник на подхранване. Това е така, защото едрофракционният материал се задържа продължително време (или за постоянно) в конуси и шлейфове, като част от тях са реликтни. В конусите често се наблюдава „наместване” на материала чрез леко завъртане по оси „a” или „b”, когато при снеготопене или валеж става изнасяне на ситнозем под едрите късове. Това се явява признак за тяхната еволюция, която е свързана с развитието им като каменни морета (реки?). В смисъла на седиментния бюджет и каскадните системи, това означава, че материалът е уседнал в подсистема II и не осъществява връзка със заливни тераси и водни потоци. Общо за всички изследвани срутищно-сипейни площадки във високопланинския пояс на Пирин, скоростта на денудация е $2,30981 \text{ m}^3/\text{year}$, а тази на акумулация – $6,92814 \text{ m}^3/\text{year}$. Следователно, скоростта на акумулация е 3 пъти по-висока от тази на денудация и това е доказателство за слабото транспортиране на едрофракционен материал от склоновете към руслата на потоците. Данните от теренните измервания потвърждават ниските стойности на индекса на потенциален пренос на седименти (connectivity index).

Солифлукцията е характерна за субалпийския пояс (над 2000-2200 m н.в.). Наблюденията показаха по-високата ѝ скорост на движение, в сравнение с крийпа. Скоростта на солифлукцията зависи от експозицията на склона. Най-висока е тя при северна (денудация $2,3 \text{ cm}/\text{year}$; акумулация $1,6 \text{ cm}/\text{year}$) и западна (денудация $1 \text{ cm}/\text{year}$; акумулация $1,9 \text{ cm}/\text{year}$), а при източна (денудация $1 \text{ cm}/\text{year}$; акумулация $0,2 \text{ cm}/\text{year}$) и южна (денудация $0,8 \text{ cm}/\text{year}$; акумулация $0,2 \text{ cm}/\text{year}$) стойностите са сходни. Скоростта и режимът на солифлукционните процеси зависят най-много от влажността на наслагите и наклона на склона. Получените данни от измерванията са резултат от различната продължителност на периодите на замръзване и размръзване на наслагите при различна експозиция на склоновете.

Според климатичните данни активността на солифлуекционните процеси е в преходния период между зимата и лятото, когато влажността на грунта е висока, в резултат от разтопяването на сезонно замръзвания горен слой. Преовлажнените неспоени наслаги потичат и формират ивици от тревни тераси, разположени стъпаловидно по склонове с наклони над 15-20°. Откосите на терасите имат височина 20-30 cm и широчината на терасните площадки е 50-60 cm. Солифлуекционните процеси разкъсват тревната покривка и в откосите на терасите личат наслагите. Тези форми са характерни за периферията на конусите и шлейфове, наблюдават се по езерните тераси в циркусите и заливните тераси (където ги има) на потоците от ниските поредности.

Крийпът е широко разпространен на територията на Пирин планина. Резултатите от измерванията показваха, че при западна експозиция на склона скоростта на движение на наслагите е около 2 пъти по-ниска – 0,4 cm/year (денудация) и 0,5 cm/ year (акумулация), отколкото при източна – 0,7 cm/year (денудация) и 1,1 cm/ year (акумулация). Движението на крийп наслаги в дълбочина показва значителни различия при еднаква експозиция на склоновете, но при различна надморска височина. Скоростта на наслагите на 2151 m н.в. е 0,006 cm/ year, докато при 1781 m н.в. – тя е 0,2 cm/ year. През отделните сезони са отчетени различни скорости на крийп (cm/day), което се обяснява с режима на валежите, инфилтрацията и снеготопенето през зимата и пролетта. Следователно, крийпът в горския пояс е преобладаващо хигрогенен, като неговата максимална скорост показва разминаване с максимумите на валежите. Ако максималните валежи са през май/юни, то максималните скорости на крийп са през юли. Това е резултат от хода на всички екзогенни процеси, които реагират с известна инерция на промените в хода на климатичните елементи.

Формите, които образува крийпът, са слаби понижения и повишения по склоновете (до 8-12 cm). В сухите периоди размерите им намаляват, а при снеготопене и интензивни валежи – се увеличават. В местата, където в състава на едрата фракция участват блокове и валуни, в крийп движението на наслагите се наблюдават „плаващите камъни”.

Флувиалните процеси във високопланинския пояс на Пирин са предопределени от значителните количества валежи. Процесите са по-интензивни през месеците май-юни при снеготопенето и годишния максимум на валежите. Ерозионната мрежа е гъста (3-4 km/km²), като преобладават ембрионалните ерозионни форми от I-ва и II-ра поредност. Морфоложкото поведение на потоците, т.е. еволюцията на процесите на

ерозия и акумулация, се определят от режима на потоците, седиментния транспорт и от особеностите на речните долини.

Проведените наблюдения в ключови участъци Беговица, Синанишка, Бъндерица и Демиркапийска установиха преобладаване на латералната ерозия спрямо вертикалната и спрямо акумулацията на материал в потоците от ниските поредности. Средногодишната скорост на ерозия общо за изследваните потоци е 234,10 cm/year, а тази на акумулация е 116,99 cm/year. Следователно, скоростта на ерозия е 2 пъти по-голяма от тази на акумулация, а площта на ерозирания материал средногодишно е 2,74 m². Действието на ерозията се изразява в локално разкъсване и свличане на материал в речните канали, което повлиява широчината и височината на заливните тераси и конфигурацията на руслата. Следователно, заливните тераси са основен източник на наслаги в руслата на потоците от нисък порядък. Речната ерозия преобладава през пролетта и при интензивни валежи.

Промените в конфигурацията на потоците от I-ва и II-ра поредност са както ежегодни, така и сезонни. Следва да уточним, че заливните им тераси са развити върху малки площи, а при III-та и по-висока поредност площта им е по-голяма. Широчината на заливните тераси на изследваните потоци от I-ва поредност в долините на реките Беговица, Синанишка, Бъндерица и Демиркапийска не надвишава 50-60 cm. Характерна за тези потоци е липсата на една и/или двете тераси. При II-ра поредност широчината на терасите е около 0,90-1,40 m. С повишаване поредността на потоците, заливните тераси са добре оформени в местата, където наклонът на руслата е до 5-8° (напр., между конфлуенсните стъпала) и намалява в праговете.

Гранулометричният състав на русловите наслаги в изследваните участъци от нискоранговите потоци е представен главно от пясък, глина и единични включения от гравел и чакъл. Това потвърждава, че заливните тераси са основен източник на подхранване. Наслагите в заливните тераси се движат като крийп и солифлукция към руслата на потоците.

Седиментоложките анализи на алувий от главните реки Беговица, Синаница, Бъндерица и Демиркапийска показаха, че в горните им течения те са изцяло подхранвани със склонов и пролувиален материал, привнесен от временни потоци с нисък ранг. В условната средна част на реките наслагите са добре огладени и транспортирани предимно чрез влачене. В долните течения, в местата, където реките размиват склонов материал в конуси и шлейфове, става смесване на наслагите (инстративен и микстративен алувий, пролувий, ледникови, лавинни). Това понижава

общата огладеност и повишава участието на счупения чакъл. Като цяло, по размери преобладават блоковете и валуните, а по-съществени са разликите в запълнителя. Промени в размерите на наслагите от запълнителя се регистрират при преминаването на потоците от II-ра в III-та поредност, където чакълът бива заместен от гравел и пясък. На същия преход се установява повишаване на общата огладеност на алувия – до и над III-та степен.

Седиментните наслаги и обстановки в заливните тераси на реките Беговица, Синанишка, Бъндерица и Демиркапийска са индикатор за динамиката на флувиалните процеси. Резултатите от анализа на наслагите в сондажите на заливни тераси потвърждават подхранващите провинции на гранитоидната, гнайсовата и мраморната литоложки формации. Те са пряко свързани с характера на механичния и минераложкия състав на седиментите. Като цяло, в образуването на заливните тераси не се наблюдават резки промени в динамиката на процесите. Установява се редуване и смесване предимно на склонови и алувиални наслаги, а механичният им състав е преобладаващо от фракцията на пясъка. Анализът на кварцовите зърна показва транспортирането им главно чрез флувиален и еоличен пренос, а не с по-малък дял са наслагите дезинтегрирани на място чрез механическо и химическо изветряне в условията на студен планински климат. Сравнението на една част от сондажите с палинологичките и с наличните радиокарбонови датировки, позволи изчисляване на средните скорости на седиментация в заливните тераси – между 1,16 и 1,78 cm/100 years. Редуването на хоризонтите и промяната в запълнителя са резултат от флукуациите в климата през Холоцена.

В заключение, проследяването на наслагите от мястото им на произход до мястото им на отлагане, както чрез теренен мониторинг, така и чрез интерпретация на количествена информация, е в основата на седиментния бюджет (баланс). Във високопланинския пояс на Пирин до 2000 m н.в. (т.е. в горския пояс) реките и потоците размиват дънни морени, временни алувиални острови, а заливните тераси се придвижват като крийп към руслата и привнасят дребнокъсови седименти (гравел, пясък, глина). Участието на едрофракционен материал в русловите наслаги е с епизодичен характер при временна активизация на процесите в срутищно-сипейните и лавинните конуси. Над горната граница на гората (2000-2200 m н.в.) преобладават срутищно-сипейните процеси, но те показват слаба връзка с флувиалните, докато именно движението на заливните тераси като солифлукция е постоянен източник на подхранване на потоците с наслаги от фракциите на чакъл и пясък.

Приноси

Авторството в настоящото изследване се подчертава от следните **научни приноси**:

1. В настоящия дисертационен труд са обобщени и анализирани данни, които характеризират хода и режима на климатичните елементи във високата част на Пирин планина – валежи, температура на въздуха и почвата. Последната не се явява елемент на климата, но тя играе важна роля при изследване на екзогенните процеси. Информацията за количество и интензивност на валежите установи релефообразуващото им значение за протичането на флувиалните и склоновите процеси. Данните за температура на въздуха и на почвата доказаха ролята на експозицията на склоновете за активността на процесите, което, от своя страна, позволи установяването ѝ като период от годината и като брой дни.
2. Основата на дисертационния труд е мониторинговия подход на работа. Той е съобразен с избора на методи (теренни, камерални и полеви). По този начин изследването на високопланинския пояс на Пирин се явява първото, което е базирано изцяло на данни от теренни наблюдения. Този подход позволи да се установи връзката между склоновите и флувиалните процеси с конкретни данни за скорост на денудация и акумулация на неспоени наслаги.
3. Анализът на процесите е свързан с този на формите и на наслагите. От една страна, в досегашните специализирани геоморфоложки изследвания подобни публикации са много малко. От друга страна, в дисертационния труд наслагите са изследвани чрез седиментоложки (морфоскопски и гранулометричен) и лито-минераложки анализ. Използването на последния е принос в екзогенезата на страната. Той разширява възможностите за комплексни изследвания на природата, защото се съотнася с палинологичките анализи. В този смисъл получените данни могат да бъдат използвани в представения вид за бъдещи съвместни изследвания с палинологи и ботаници.

Списък на публикациите, свързани с темата на дисертационния труд:

1. Krenchev, D., Baltakova, A., Kenderova, R., **Stoyanova, S.**, Stanimirova, T., “Weathering products on granites in the Pirin Mountains – typology and areal distribution”, Comptes rendus de l’Academie bulgare des Sciences, Vol. 72, № 6, pp.778-786, 2019
2. Божков, П., **Стоянова, С.**, “Изследване на физическо изветряне чрез чук на Шмид”, Списание на БГД, год. 79, кн. 3, 2018, стр. 111-112
3. **Stoyanova, S.**, “Preliminary results from fluvio-morphological and slope wash studies in the headwater of Sinanitsa River, the Pirin Mountains, Southwestern Bulgaria”.Proceedings of the 11th I.A.G./A.I.G. SEDIBUD Workshop – Baru, Romania, September 5-8, 2017, p. 30
4. **Stoyanova, S.**, R. Kenderova, A. Baltakova, D. Krenchev, Slope processes and deposits in Sinanitsa key site, North-western Pirin, In: Proceeding book Bulgarian Geological Society, National conference with international participation, 7-8 December, 2016, Sofia, Bulgaria, p. 139-140