



СОФИЙСКИ УНИВЕРСИТЕТ „СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ“
ГЕОЛОГО-ГЕОГРАФСКИ ФАКУЛТЕТ
КАТЕДРА „КЛИМАТОЛОГИЯ, ХИДРОЛОГИЯ И ГЕОМОРФОЛОГИЯ“

Петко Николаев Божков

**МОРФОДИНАМИКА НА ИЗВЕТРИТЕЛНИ И СКЛОНОВИ
ПРОЦЕСИ В РАЙОНА НА ЗЕМЕНСКИЯ ПРОЛОМ**

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

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 167 страници текст, разделени в шест основни глави, плюс Заключение и основни изводи. Дисертационният труд е онагледен със 70 броя фигури и 52 таблици. Използваната литература е в обем 12 страници със 177 заглавия, от които 133 на кирилица и 45 на латиница.

Уводът (Глава I) съдържа два раздела – Актуалност на научния труд (3 стр.) и Обект, цел и задачи на изследването (2 стр.). Глава II. Методологични основи на изследването включва Същност на морфолитодинамичния подход, Параметри за измерване на екзогенни процеси, Използвани материали и методи и Ключови участъци (общо 13 стр. с фигури и таблици). В глава III е разгледано Състояние на научните изследвания в района на Земенския пролом – 5 стр. Морфохидрографската характеристика на изследвания район (глава IV) включва 6 раздела (14 стр.), в които са анализирани основни морфометрични параметри на релефа и речно-ерозионната мрежа. В глава V са разгледани Условия и фактори за развитие на изветрителните и склонови процеси – 31 стр. В глава VI, Характеристика на изветрителните и склоновите процеси, форми и наслаги, са изложени резултатите от изследването в обем 79 стр. Глава VII Заключение и основни изводи е развита на 5 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. д-р Иван Чолеев, проф. д-р Ангел Велчев, доц. д-р Красимир Стоянов
- Вътешни членове: проф. д-р Росица Кендерова и доц. д-р Ахинора Балтакова

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“

Петко Николаев Божков

**МОРФОДИНАМИКА НА ИЗВЕТРИТЕЛНИ И СКЛОНОВИ
ПРОЦЕСИ В РАЙОНА НА ЗЕМЕНСКИЯ ПРОЛОМ**

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

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 Михайлова Кендерова

СОФИЯ
2019

Благодарности:

Авторът изказва своята голяма благодарност и признателност на научния си ръководител проф. д-р Росица Кендерова и на доц. д-р Ахинора Балтакова. Без тяхната методологическа помощ и методически указания настоящата дисертация нямаше да бъде завършена. Благодаря за коректността, напътствията и помощта при провеждането на камералните и теренните изследвания. Не на последно място изказвам благодарности за ценната морална подкрепа и съвети, които получих и които ще помня дълго за в бъдеще.

Благодаря на доц. д-р Цвета Станимирова за любезното съдействие и извършените лабораторни анализи. Изказвам благодарности на д-р Александър Пейчев – управител на стационара на СУ „Св. Кл. Охридски“ в гр. Земен, за предоставените метеорологични данни. Благодаря на проф. д-р Георги Рачев, доц. д-р Александър Сарафов, гл. ас. д-р Димитър Кренчев, ас. д-р Христо Попов и докторант Соня Стоянова, както и на всички колеги от Катедра „Климатология, хидрология и геоморфология“, за помощта им при провеждането на част от изследвания и теренните наблюдения.

Благодаря на своето семейство за моралната и материална подкрепа, която получих. Благодаря на баща си за незаменимата помощ при провеждането на теренните измервания.

I. Увод

Действието на екзогенните процеси е свързано с образуването на различни по генезис неспоени наслаги. Те от своя страна образуват комплекс от форми на земната повърхност и внасят промени в съществуващите такива. Морфодинамичните изследвания предоставят информация за механизма на релефообразуване и факторите, които го обуславят. Действието, режима и скоростта на екзогенните процеси се влияят от регионални и локални климатични условия. Температурата на въздуха и почвата, температурните амплитуди и количеството на валежите оказват въздействие върху изветрянето и върху движението на неспоените наслаги. Следователно морфодинамичните изследвания имат фундаментално значение за разбирането на релефообразуването. От друга страна провеждането на такива изследвания има практически смисъл, тъй като разбирането на динамиката на екзогенните процеси стои в основата на разбирането на геоморфоложкия риск.

1.1. Актуалност на научния труд

В настоящият труд са представени резултати от комплексно геоморфоложко проучване в района на Земенския пролом. Релефът на тази част от страната е добре изучен и е бил обект в множество геоморфоложки изследвания. Те (Вапцаров, 1972; Георгиев и др., 1977; Гунчев, 1934; Иванов, 1966; Константинов, 1977, 1981, 1983, 1990, 1992а, 1992б, 1993, 1994; Радев, 1933) засягат морфоструктурното развитие на Земенска и Конявска планина, Земенския пролом, Земенското долинно разширение и Кюстендилската котловина. Изследваният район е част от обекта на редица физико-географски изследвания (Велчев и др., 1993; Велчев, 1994; Тодоров, 1989,1990; Тодоров, Велчев 2016). В тях релефът се разглежда като фактор за формиране и диференциация на ландшафтите. Въпреки наличието множество публикации за избраната територия, до момента системни геоморфоложки изследвания и мониторинг на екзогенните процеси в района на Земенския пролом не са провеждани.

Актуалността на темата се определя от една страна от използваната методика, която съответства на подхода при изследвания, свързани с морфолитодинамиката и седиментния бюджет. От друга страна тя е в получените свършено нови данни за изветрителните процеси и продукти и за скоростта на склонови процеси и

транспортираните от тях неспоени наслаги. Използването на теренни геоморфоложки методи, съвместно с микроклиматични наблюдения осигури необходимата информация за анализ на критичните стойности, които активизират екзогенните процеси. Подобни изследвания се провеждат на много места в света, но в страната ни те са все още рядкост.

Натрупаните на този етап данни (геоморфоложки, климатични) са нови, както за територията на Южното Краище, така и за страната. Получаваните метеорологичните данни от поставения лизиметър също представляват съвършено нова информация за изследвания район, тъй като наблюденията в станцията в гр. Земен бяха преустановени в периода 2005 – 2015 г., а НИМХ към БАН не разполага със станция в тази част на Краището.

Информационната база и възможността за провеждане на стационарни наблюдения дават добра основа за продължаване и задълбочаване на изследванията на Земенския пролом и части от оградящите го планини – Земенска и Конявска.

1.2. Обект, цел и задачи на изследването

Земенският пролом свързва Земенското долинно разширение и Кюстендилската котловина и представлява граница между планините Конявска и Земенска. Техните морфографски, морфометрични и геолого-тектонски особености имат главно значение за формирането и развитието на пролома.

Обект на настоящето изследване е северната част на Земенския пролом, разположена между долиното разширение при гр. Земен и устието на р. Скакавица в р. Струма (фиг. 2, фиг. 3). Проломът се разглежда като негативна, меридионално издължена форма, чиито западни и източни граници минават по билата на оградните планини. В тези граници обектът обхваща част от Северния дял на Земенска и Риша планина, изградени от еднородни по състав скали – главно долнотриаски карбонатни седименти. При тези хомогенни условия протичат парагенетично свързаните изветрителни и склонови процеси, чиито характер, режим и динамика са обусловени от редица локални условия като наклон, експозиция и степен на залесеност на склоновете. Именно тези групи процеси и свързаните с тях форми и наслаги се явяват **предмет** на настоящето изследване.

Развитието на релефа на земната повърхност е неразривно свързано с образуването на неспоени наслаги. Екзогенните процеси създават нови и усложняват съществуващите форми на земната повърхност, което създава необходимост от специализирани проучвания.

Целта на настоящото изследване е извършването на качествен и количествен анализ на две групи екзогенни процеси – изветрителни и склонови. Те са разгледани като единна, сложна и динамична система, отличаваща се със свой териториални вариации. За постигане на така формулираната цел са поставени за изпълнение три задачи:

- Първата от тях е установяване на скоростта и промените в режима на денудационните процеси. Решаването на тази задача ще доведе до получаването на данни за движението на неспоени наслаги.
- Втората задача е определяне на количество и размерите на новообразуваните от изветряне късове и транспортираните по склоновете материали, както и на свързаните с тях форми.
- Третата задача е изясняване на връзката между метеорологични явления, режима на елементите на климата и количество и размери на новообразуваните и транспортираните наслаги.

В настоящето изследване последователно са разгледани условията и факторите на природната среда от гл. т. на ролята им за протичането на изветрителните и склоновите процеси, след това са анализирани изветрителните и склоновите процеси и в заключителната част е направено обобщение на получените резултати.

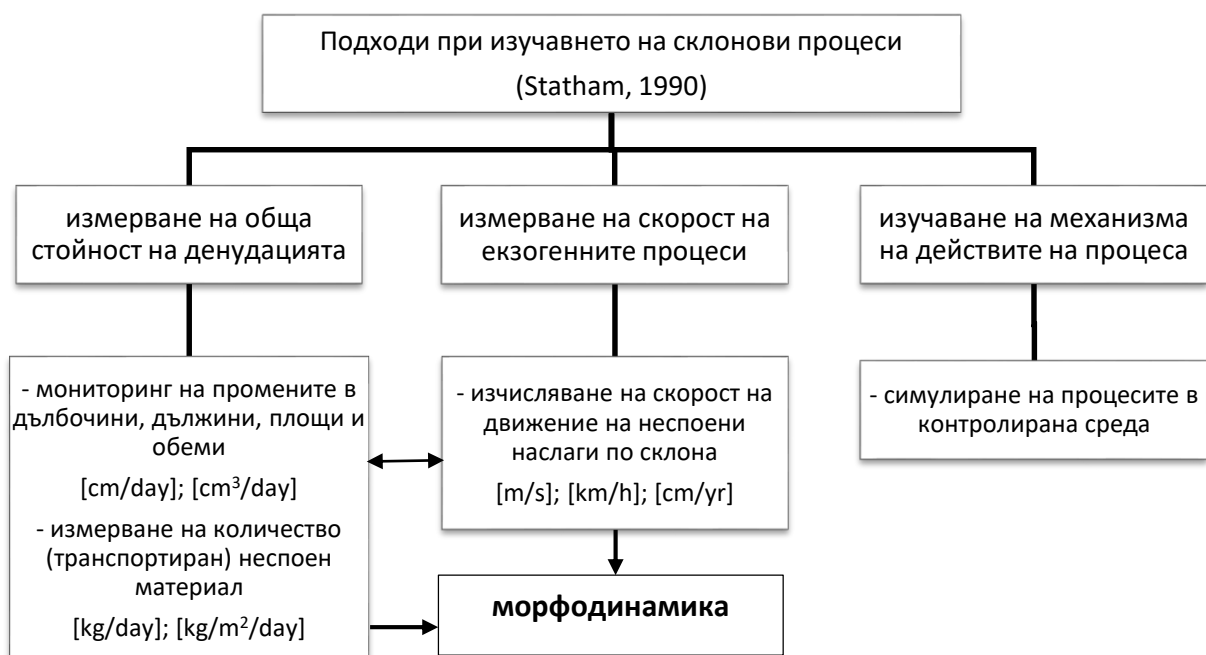
II. Методологични основи на изследването

2.1. Същност на морфолитодинамичния подход

Морфодинамичните изследвания са насочени към съвременната динамика на релефа, разбрана като комплекс от процеси, които създават, изменят и преобразуват наблюдаемия релеф. В практиката е възприето да се измерват промените на дължини, площи и обеми (Симонов, 2005, Толстых, Ключкин, 1984, Statham, 1990), които са необходими при оценка на транспорта на неспоените наслаги. Не по-малко важни са характеристиките на наслагите, които определят основните им свойства и произход.

Съвместният анализ на процеси, форми и наслаги предопредели прилагането на морфолитодинамичния подход.

Statham (1990) различава три подхода при изучаването на склоновите процеси (фиг. 1), които налагат използването на различни методи и техническо оборудване. Първите два (измерване на обща стойност на денудацията и измерване на скорост на екзогенните процеси) са в основата на комплексното изследване на екзогенните процеси и свързаните с тях форми и наслаги. Прилагайки ги в общия подход на изследването, става възможно разбирането на съвременната динамика на релефа.



Фиг. 1. Подходи при изучаване на склонови процеси

Изветрянето заема особено място в морфодинамиката, тъй като не образува съществени по размери форми на релефа, но същевременно образува неспоени наслаги, които се транспортират под формата на литопотоци (Пенк, 1961). Определянето на скоростта на изветрянето е спорен въпрос като не съществуват единни критерии за измерването ѝ (Кукал, 1987). Скоростта на изветрителните процеси се влияе от вида на скалната основа и от климатичните условия (Ollier, 1975; Peltier, 1950; Полинов, 1934).

Изборът на конкретните методи е определен от поставената цел за провеждане на морфодинамическо изследване в границите на изследвания район и от спецификите на дадения процес.

2.3. Използвани материали и методи

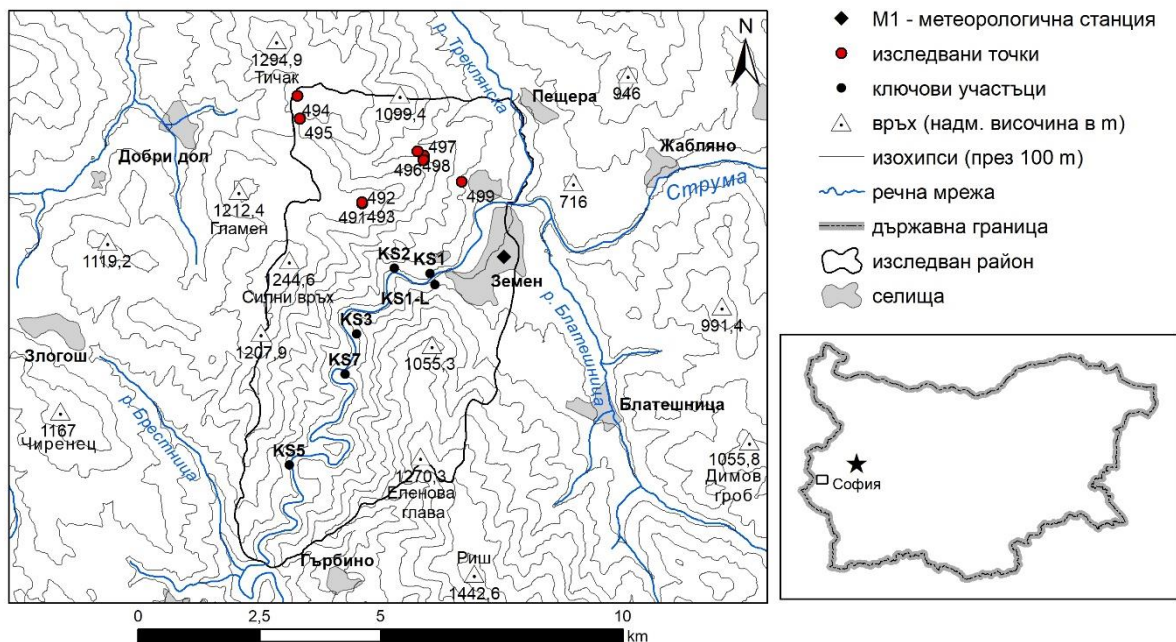
Работата над настоящата дисертация включва всички основни етапи на геоморфоложките изследвания, а именно:

- 1) подготвителен етап (предварителни проучвания, модели , структуриране на базата данни, генериране и дигитализиране на пространствените данни, цифров модел на релефа, избор и тестване на софтуер, подбор на ключови участъци, планиране и организиране на теренните проучвания и др.);
- 2) експедиционен (полеви) етап (рекогносцировъчни и картировъчни маршрути, описания и опробвания, инсталиране на апаратура, поставяне на репери и площадки и др.);
- 3) аналитичен етап (лабораторни анализи, допълване на пространствена база данни, геоморфоложки анализ на цифровия модел на релефа, обработка на резултатите и тяхното представяне).

Значителна част от изследванията в изследвания район бяха извършени в рамките на УФ „Научни изследвания“ в подкрепа на докторанти със заглавие „Изветрителни и склонови процеси в района на Земенския пролом“ през 2017 г., в които авторът активно участва в разработването и в осъществяването му.

2.4. Ключови участъци

В границите на всеки участък са обозначени местата, в които се провеждат периодични измервания (фиг. 2). При наклон между 29 и 40° в участъци KS1, KS3 и KS5 се развиват сипейни, срутищни процеси и делувиялен смив. Те образуват конуси, които в KS1 се свързват в шлейф. За мониторинг на процесите са инсталирани площадки-уловители (Толстых, Клюкин, 1984) в KS1, KS2 и KS7. Те са отчитани между един и два пъти на сезон. В участъци KS1-L и KS2 са поставени репери за мониторинг на крийп върху склонове с растителност, идентичен скален състав и почвена покривка, но с различен наклон и експозиция.



Фиг. 2. Карта на изучеността на изследвания район

В обобщената таблица (табл. 1) са представени различните дейности, извършвани в периода 2015 – 2018 г.

Таблица 1

Обобщена таблица на извършените дейности

Участък	Площадки, репери, маркировки (бр.)	Седиментоложки анализи (бр. проби)		Литоминералоложки анализ (бр. проби)	Рент генодифрактометричен анализ (бр. проби)	pH	Органично вещество /хумус/ (бр. проби)	Schmidt Hammer
		морфоскопски	гранулометричен					
M1	-	1	5	5	-	2	2	-
KS1	11	7	6	-	2	1	1	+
KS1-L	12	1	1	-	-	-	-	-
KS2	12	7	5	-	-	-	-	-
KS3	5	7	2	-	-	-	-	+
KS5	4	6	1	-	-	-	-	+
KS7	5	5	4	-	-	-	-	+
т. 491	-	-	3	3	4	3	3	-
т. 492	-	-	2	-	-	-	-	-
т. 493	-	1	-	-	1	-	-	+

Участък	Площадки, репери, маркировки (бр.)	Седиментоложки анализи (бр. проби)		Литоминераложки анализ (бр. проби)	Рент гено-дифрактометричен анализ (бр. проби)	pH	Органично вещество /хумус/ (бр. проби)	Schmidt Hammer
		морфоскопски	гранулометричен					
т. 494	-	1	2	2	3	2	2	+
т. 495	-	1	1	-	2	1	1	+
т. 496 – т.502	-	-	-	-	1	-	-	+
общо	49	37	32	10	13	9	9	

Освен наблюденията в ключовите участъци при теренните изследвания бяха описани и опробвани различни геоморфоложки ситуации. В точки 491–502, разположени по билото и склоновете най-вече на Земенска планина (фиг. 2), са изследвани изветрителни процеси и продукти. Точки 491, 492, 493 и 495 характеризират изветряне на място (*in situ*), изветрителни кори и почви (рендзини) върху варовици (Трънска свита), а точка 494 е представителна за изветряне върху аргилити, варовити брекчи и пясъчници (Комщицка свита).

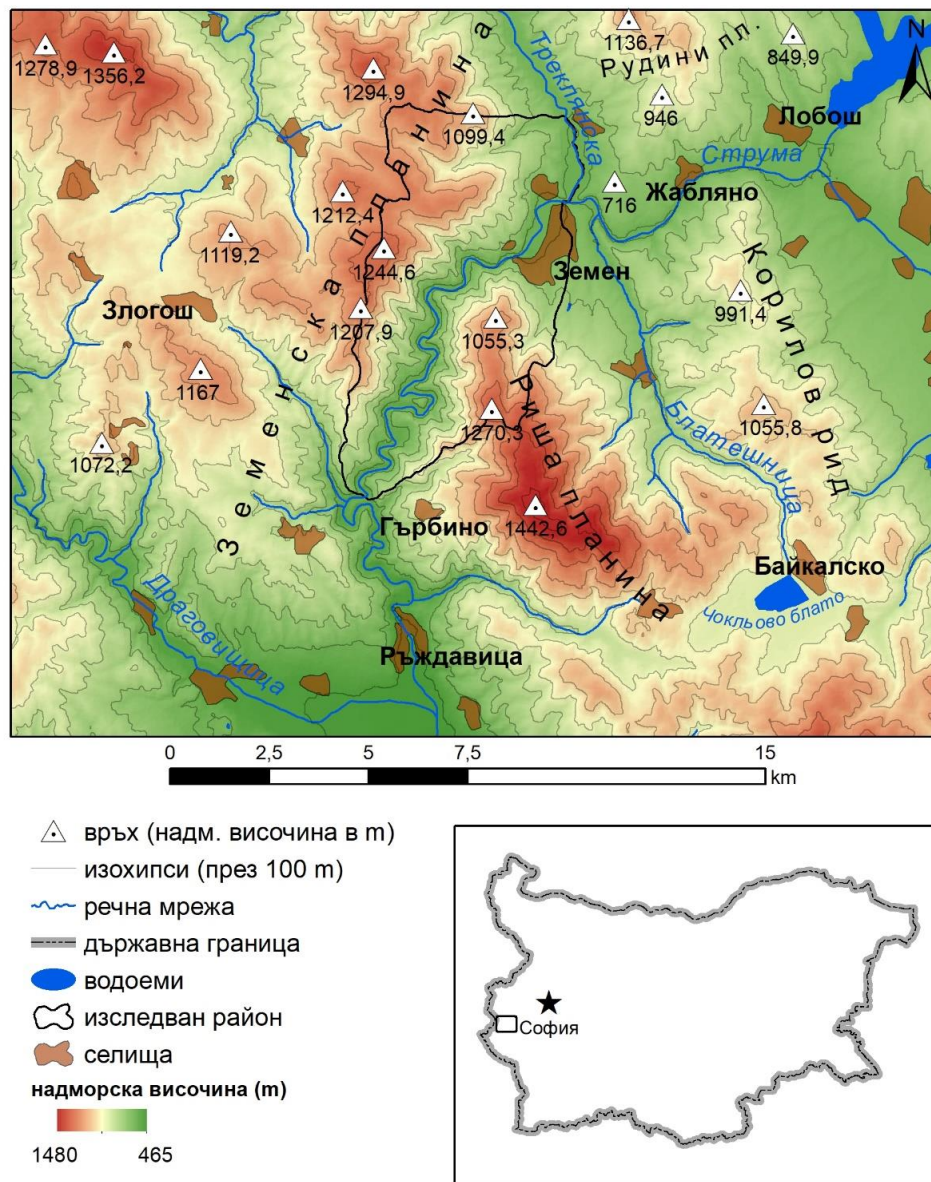
В метеорологичната станция в гр. Земен (участък М1) е поставен лизиметър снабден със записващо устройство (Decagon Em50 data logger) и метеорологични сензори за слънчева радиация, температура на въздуха и почвата на дълбочина 100 cm, валежи, инфилтрация, електропроводимост на почвата и др. Данните се архивират през един час от 16:00 часа на 30.10.2015 г.

IV. Морфохрографска характеристика

Изследваната територия е разположена в югозападната част на страната и е част от физикогеографската единица Краище (Иванов и др., 1968; Мишев и др., 1989; Йорданова и др., 2002). Що се отнася до геоморфоложките подялби, тази територия се възприема като подобласт (Иванов, 1966), район (Гълъбов, 1982; Вапцаров и др., 1997) или регион (Алексиев, 2002), който се включва в обхвата на по-голяма таксономична единица. Според Канев (1989) този район е част от самостоятелната Краищенската морфоструктурна област.

Изследвана територия (фиг. 3) включва част от Земенското долинно разширение, северната част на Земенския пролом на р. Струма до р. Брестница (IV ж.п. тунел) и източните и западни склонове на ограждащите го планини – Земенска и северозападния дял на Конявска (Риша планина).

Границите на посочения район имат обща дължина 30,64 km. При прекарването им са използвани естествените линии на релефа. В по-голямата си част границите следват вододели от различен ранг, преминават по билата на Земенска и Риша планина и/или следят междудолинни ридове. Само в участъка от водослива на р. Треклянска със Струма до с. Пещера преминава по талвега на р. Треклянска (фиг. 3). В тези очертания изследваната територия има площ 40,88 km².



Фиг. 3. Географско положение и граници на изследваната територия

Хипсометрична характеристика

Стойностите на надморската височина в изследвания район се колебаят от 545 m по течението на Струма в границите на Земенския пролом до 1303,3 m по билото на Конявска планина, южно от в. Еленова глава (1270,3 m) (фиг. 3). Следователно, превишенията в релефа достигат 758,3 m. Средната стойност на надморската височина в изследвания район е 858,8 m. Надморската височина се понижава от вододелите към главната отводнителна артерия, както и от север на юг по течението на Струма.

Наклони на склоновете

Минималните регистрирани стойности на наклона на склоновете в изследвания район са 0° , а максималните – 75° . Равни повърхности с наклон около 0° са развити по течението на р. Треклянска и на р. Струма в границите на Земенското долинно разширение.

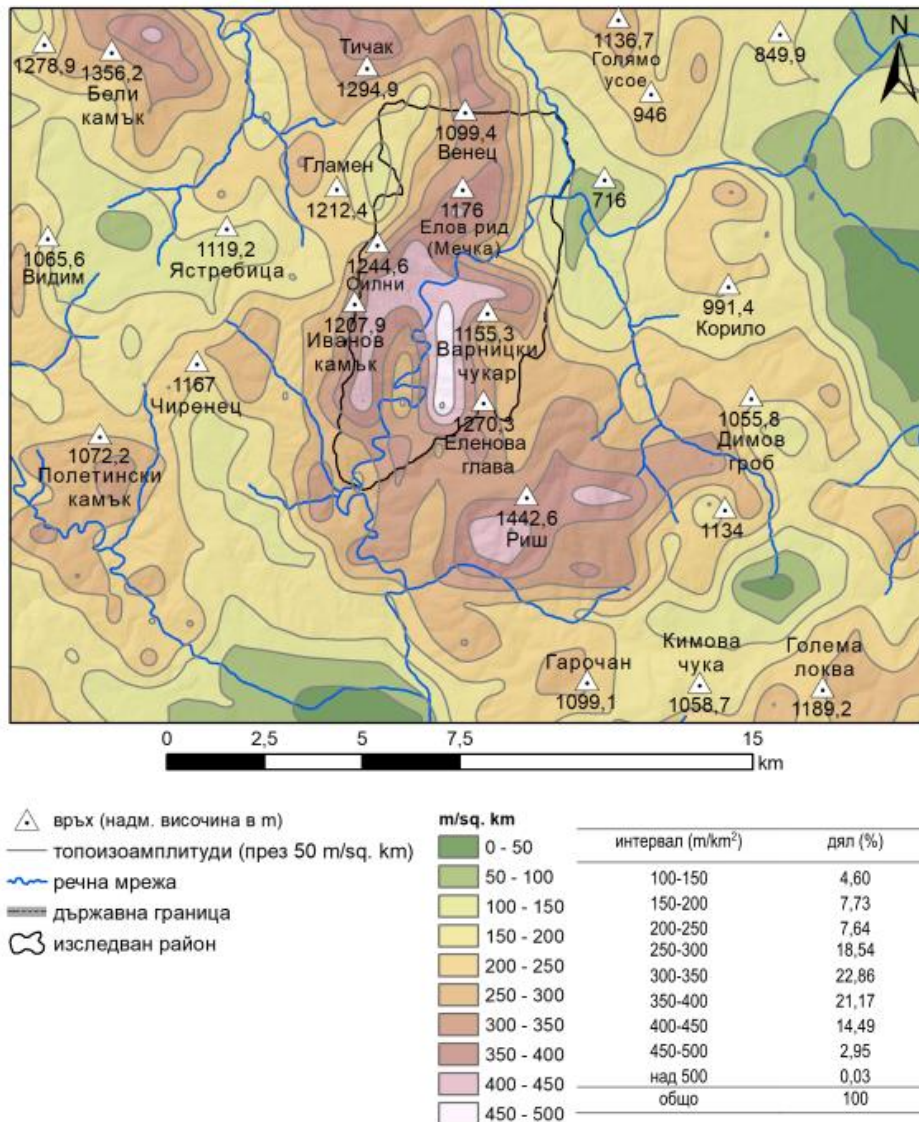
Почти 1/4 от територията или 22,88 % е заета от склонове с наклон между 18° и 25° , а върху 32,97 % от площта са развити склонове с наклон над 25° . За склонове с такива наклони са характерни най-вече ортогравитационните процеси. В резултат на извършения анализ на изходни данни за наклон на склоновете установихме, че в изследваната територия преобладават сипеите и стурищата, следвани от развитието на ерозионни форми (бразди, ровини, оврази). Такива съчетания от форми и процеси се наблюдават по дължина на целия Земенски пролом. Акумулацията е характерна за подножията на склоновете, върху които се развита сипейни-срутищни конуси и крийп.

Вертикално разчленение

Стойностите на показателя вертикално разчленение в изследвания район са между 103,97 до 512 m/km² при средната стойност 318,24 m/km².

Максималната стойност е под в. Еленова глава (1270,3 m) (фиг. 4), където топоизоамплитидата 450 m/km² оформя локалитет на максимална разчлененост. Високите стойности в пролома се обясняват с ерозионния срез между течението на Струма и билата на планините. Билото на Земенска планина и периферията на Земенското долинно разширение се отличават с ниски стойности на вертикално разчленение от 100 до 150 m/km².

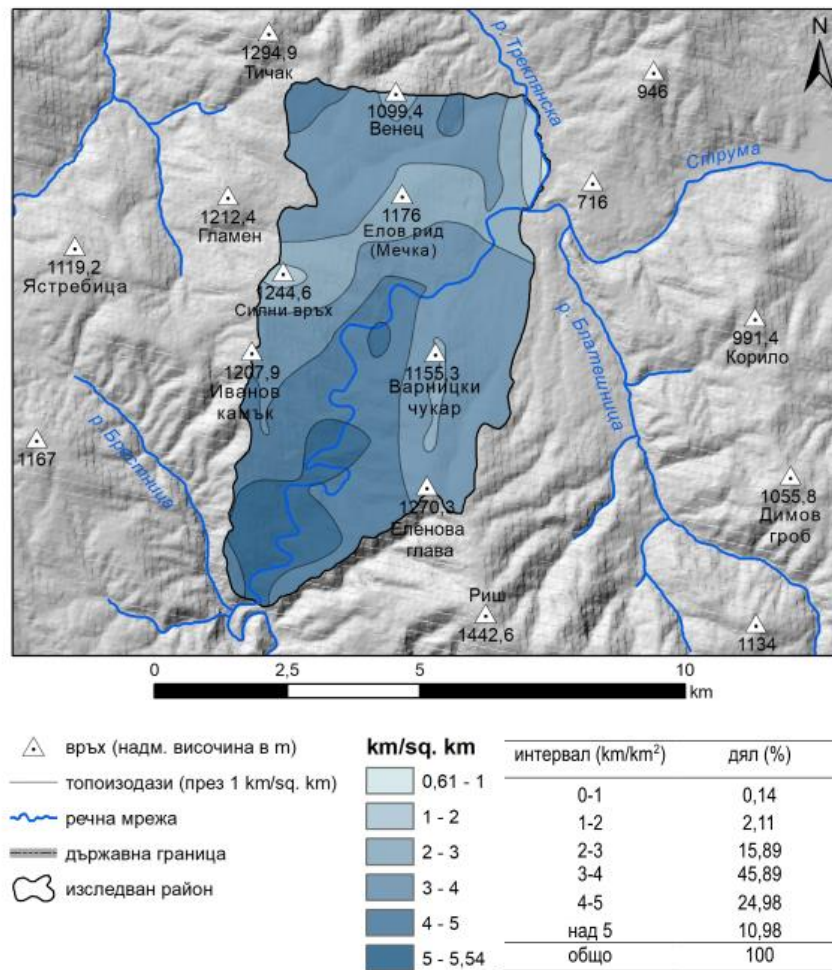
Най-голям дял от площта на изследваната територия заемат ареалите с вертикално разчленение между 300 и 350 m/km². Преобладаващата част - общо 62,57 % се отличава с много високи стойности на вертикално разчленение (250 – 400 m/km²), типични за високопланинския тип релеф. Следователно, релефът на изследвания район е силно разчленен.



Фиг. 4. Карта на вертикалното разчленение на релефа

Хоризонтално разчленение

Изследваната територия е силно разчленена от долините на вливащите се в р. Струма притоци от различна поредност. Стойностите на хоризонтално разчленение варират от 0,61 до 5,45 km/km² като средната е 3,75 km/km²



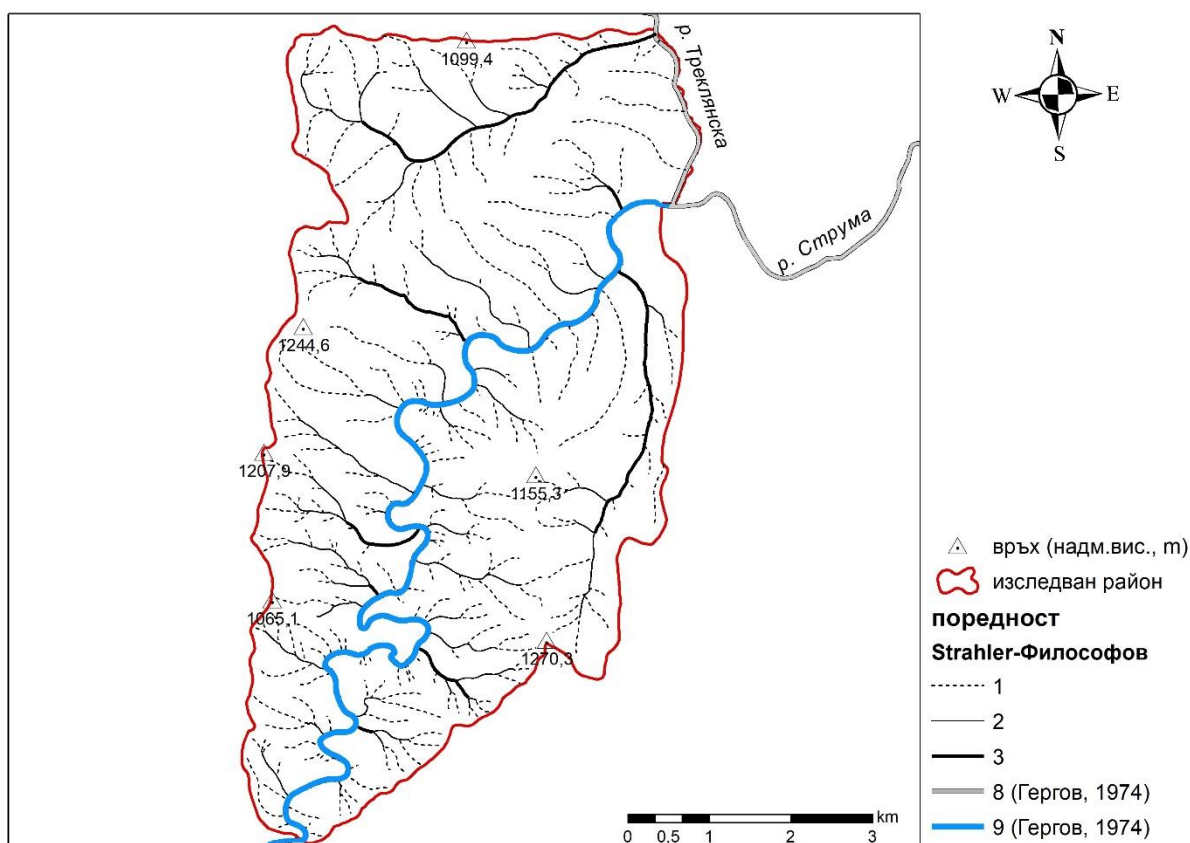
Фиг. 5. Карта на хоризонталното разчленение на релефа

Максималните стойности са отбелязани по течението на р. Струма в Земенския пролом, където са оформени два локалитета от топоизодазата 5 km/km² (фиг. 5). Това се обяснява с големия брой ембрионални ерозионни форми (ровини), развиващи се по склоновете на Риша и Земенска планина. Минималните стойности са по билото на Земенска планина, поради наличието на множество карстови форми (понори), които ограничават развитието на ерозионната мрежа. Около Силни връх (1244,6 m) се наблюдава ареал с хоризонтална разчлененост от 1 до 2 km/km² (фиг. 5), а минимумът

на стойностите на хоризонталното разчленение е регистриран в долиното разширение на р. Струма. По-голямата част от изследваната територия (45,89%) има стойности на хоризонталното разчленение от 3 до 4 km/km^2 , които са близки до средните. Близко $\frac{1}{4}$ от територията на изследвания район е с хоризонтална разчлененост от 4 до 5 km/km^2 . Малък дял (2,25%) заемат земите с разчлененост под 2 km/km^2 (фиг. 5) Следователно, изследваният район се отличава с голяма ерозионна гъстота. (фиг. 5).

Поредност на речно-ерозионната мрежа

Съществуват различни мнения за поредността на Струма (Геров, 1974; Константинов, 1990; Данева, 1981). Причина за нееднаквите резултати е различния мащаб на използвания картен материал при съставянето на картата на поредността на речната система.



Фиг. 6. Карта на поредността на речната система в Земенска планина и Северните дялове на Конявска планина

Ерозионните форми от 1, 2 и 3 ранг са развити по планинските склонове и подножия. Гъстотата на речно-ерозионната мрежа в границите на изследвания район е $4,31 \text{ km/km}^2$. Тази висока стойност се обяснява с притоците от I-ви ранг, които са ембрионални ерозионни форми с епизодичен отток. Те имат малка дължина (между 0,16 и 4,46 km) като повечето от тях се вливат в Струма, която в изследвания район е с танзитен характер.

Анализът на плановият рисунок на речната мрежа показва, че в изследвания район преобладават дендровидният и перестият тип конфигурация на речно-ерозионната система. Паралелният тип е обособен от наличието на стръмни склонове, с относително постоянен наклон. Според Константинов (1986) и паралелния тип речна мрежа е типича за блоково-гънкови структури като Краищенската морфоструктура.

V. Условия и фактори за развитие на изветрителните и склонови процеси

В геоморфологията е прието да се прави разлика между условия и фактори. Разделянето на факторите и условията следва да се прави конкретно, защото едно и също явление в едни случаи може да е фактор, а в други – условие (Ананев и др., 1992). Следвайки това схващане в настоящето изследване подялбата на условия и фактори е направена по степен на значимост за изветрителните и склоновите процеси.

5.1. Климатични условия

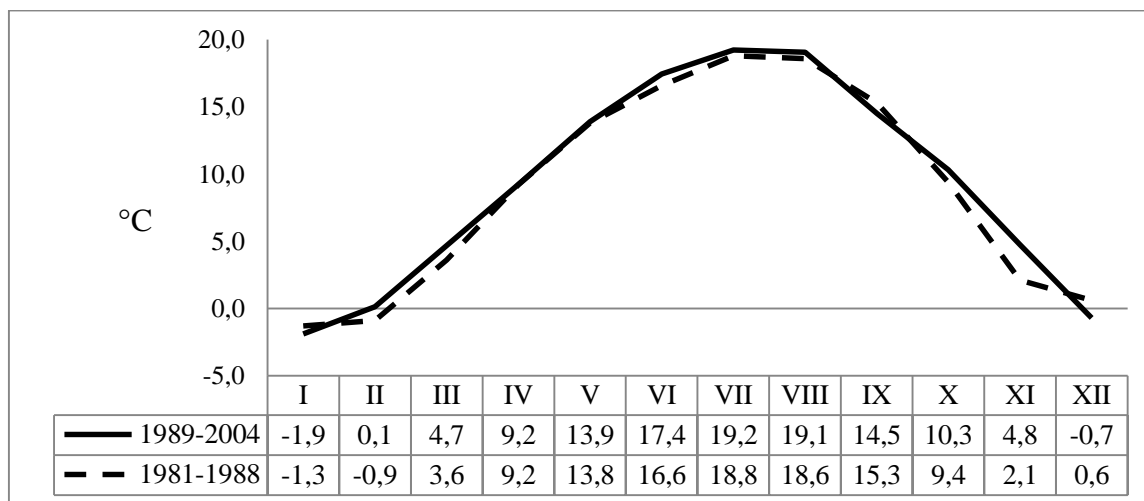
Климатът е най-важният фактор за развитието на редица геоморфоложки и хидроложки процеси: изветряне, флувиални, част от склоновете (крийп, свлачища) и др. Поради това в настоящата дисертация климатичните условия са интерпретирани от гледна точка на динамичната геоморфология и режима екзогенните процеси.

Получените данни от метеостанцията (620 m н.в. N $42^\circ 28' 27.8''$, E $22^\circ 44' 56.44''$) на СУ „Св. Климент Охридски” в град Земен за периода от 1989 до 2004 г. са обработени. Анализирани са ежедневни данни за температура на въздуха, на почвата, количество на валежите и снежната покривка. В настоящето изследване са използвани онези от тях, които имат отношение към изветрителните и склоновите процеси.

Средни месечни и годишни температури на въздуха

Температурите на въздуха и на почвата са показатели, които предопределят изпаряемостта и запасеността с влага с което създават условия за протичане на химически реакции в почвата и скалите (Ollier, 1975), нещо, което влияе върху изветрянето и онези склонови процеси, които протичат с участието на водата.

При сравнение на средногодишните температури се наблюдава повишение от 8,8 °C за периода 1981-1988 г на 9,1°C за периода 1989-2004 г. Това затопляне се дължи на по-високите (между 0,9°C и 0,4°C) летни температури през втория период. Увеличаване на средногодишните температури се отбелязва и за периода 1989-2004 г.



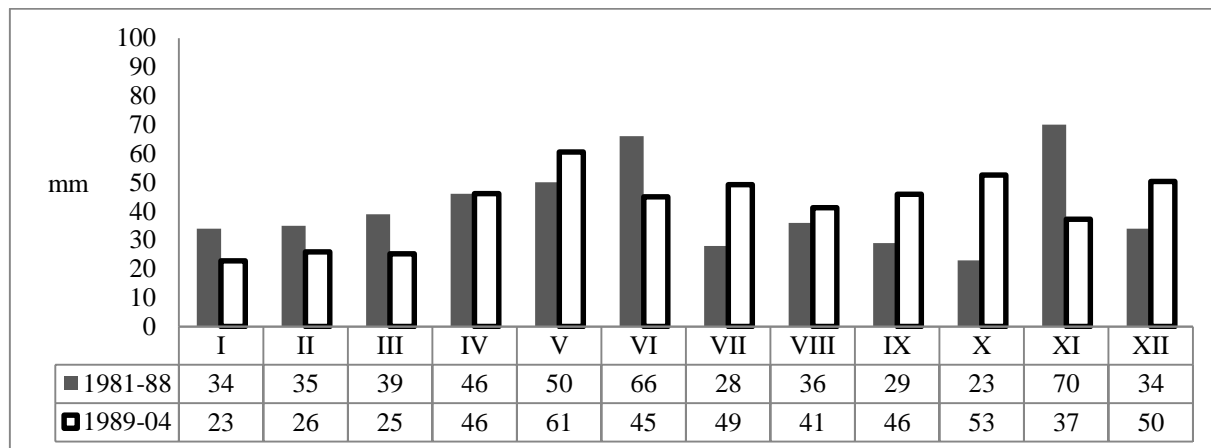
Фиг. 7. Средна месечна температура на въздуха за периода 1981 – 1988 (Топлийски, Пейчев, 1993) и 1989 – 2004

Валежи

Валежите са основен източник на вода, която участва в процесите на физическо и химическо изветряне и в склонови процеси като плоскостен смив, кално-каменни потоци и крийп. Валежите са пряко свързани и с флувиалните процеси, които не са обект на изследване в настоящата дисертация.

Режимът им в района на Земен се отличава с два максимума и два минимума, което го доближава до преходноконтиненталния климат. През периода 1981-1988 г. максимумите са през ноември и юни, а минимумите са през юли и октомври (Топлийски, Пейчев, 1993). За втория период (1989-2004) наблюдаваме известни

изменения в разпределението, без да е налице такова в средногодишните суми (фиг. 8). За месеците януари, февруари и март наблюдаваме засушаване спрямо предходния период (1981-1988) (фиг. 8).



Фиг. 8. Месечни валежни количества за периода 1981 – 1988 и 1989 – 2004

Според Топлийски и Пейчев (1993) за периода 1981-1988 средногодишния брой на дните с валеж обхваща около 1/3 от дните в годината. Най-много валежни дни за същия период са се наблюдавали през май и ноември, най-малко – през август и септември. За периода 1989-2004 най-много валежни дни се наблюдават през май, април и юни (табл. 20). Най-рядко валежи от дъжд се наблюдават през месеците януари и февруари.

Следователно, активизирането на склоновите процеси, които протичат с участие на вода, следва да бъде през месеците април, май, юни. Минимумът е през януари, февруари и март. Това може да се свърже не само с проявата на дадени процеси, а и с активизирането им или с ниските им скорости.

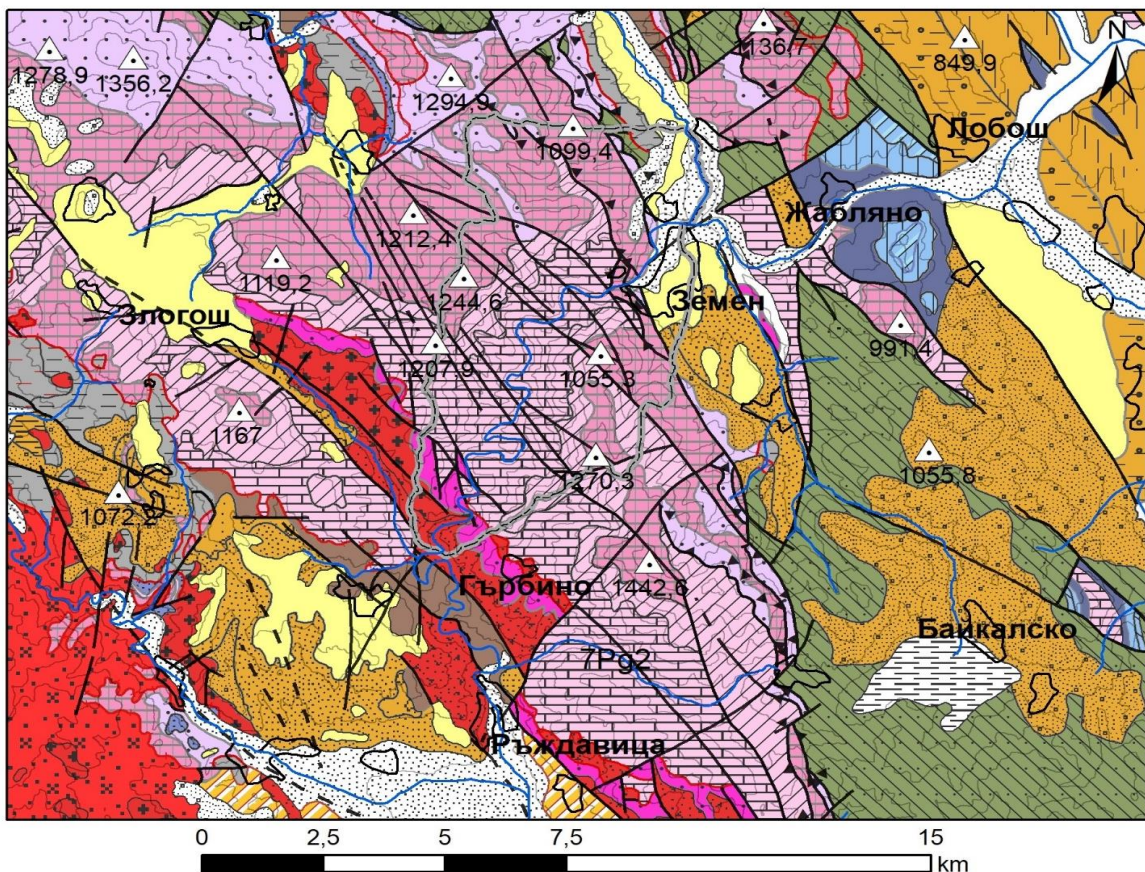
В обобщение, климатичните условия в изследваната територия благоприятстват развитието на различни екзогенни процеси. Преходите на температурата на почвата през 0 °C са важна предпоставка за развитието на криип след всяко размръзване. Повишаването на температурата на въздуха през летните месеци води до снеготопене, което активизира както плоскостния смив и криипа. Химическото изветряне и карстификацията са най-активни през топлото полугодие при високи (над 20 °C) среднодневни температури и при наличие на достатъчно инфилтрация на валежни води

2. Геолого-тектонски условия

Скалите, изграждащи земната повърхност, имат важно значение за развитието на релефа поради различната им денудационна устойчивост, което определя в някаква степен развитието, интензивността и пространственото разпределение на екзогенните процеси. От друга страна геоложките структури и тектонската активност на изследваната територия имат отношение към еволюцията на релефа и в отделни случаи играят роля при изветрителните и денудационни процеси.

2.1. Литолого-стратиграфски особености

Изследваната територия е изградена главно от седиментни скали, а магмените заемат 3% от площта на изследваната територия (фиг. 9, 10, табл. 2).



Фиг. 9. Геоложка карта на изследвания район и околностите му (по Загорчев и Динкова, 1991)

условни знаци

- aQh алувий
- dQh делувий
- prQh пролувий
- lQp-h езерно-блатни наслаги
- pr-dQp пролувиално-делувиални наслаги
- N неразчленени седименти
- 17N1 Конгломерано-пясъчникова задруга
- 12P g3/2 Аргилитово-пясъчникова задруга
- 11P g3/2 Конгломератно-пясъчникова задруга
- 10P g2-3 Туфозно-пясъчникова задруга
- 9P g2 Задруга на варовикови бречки и бречко - конгломерати
- 8P g2 Пясъчникова задруга
- 7P g2 Пъстра конгломератна задруга
- VJ3-K1 Централнобалканска флишка група
- IVJ2-3 Западнобалканска карбонатна група - Яворецка и Гинска свити
- loJ2-3 Западнобалканска карбонатна група - Лобошка свита
- pJ2 Полатенска свита
- IIIJ1-2 Градецка, Оризовска, Полатенска свити
- TrJ Треклянска група - Добридопска и Раянска свити
- zJ1 Жабленска свита
- kmT3 Мизийска група - Комщицка свита
- trT3 Искърска карбонатна група - Трънска свита
- raT2 Искърска карбонатна група - Радомирска свита
- boT2 Искърска карбонатна група - Боснекска свита
- mvT1 Петроханска теригенна група - Мърводолска свита
- mD2-3 Пенкьовско-елешнишка единица - Мелненска (Тръновдолска) свита
- vD1 Пенкьовско-елешнишка единица - Врабческа свита
- 2S-D Пенкьовско-елешнишка единица - Косовска свита
- bzPz1 Пенкьовско-елешнишка единица - Бързовишка свита
- rPz Трънско-Влахинска единица - гранити и плагиигранити
- sdPz1 Трънско-Влахинска единица - Струмска диоритова формация
- IdPz 1? Трънско-Влахинска единица - Лисецки гнайси

разломни структури

- Установен разсед
- Предполагам разсед
- ▲ Възсед - установен
- Навлак-установен
- △ връх (надм. височина в m)
- изохипси (през 100 m)
- ~ речна мрежа
- ⊗ изследван район
- ⊗ селища

Фиг. 10. Легенда към геоложка карта на изследвания район и околностите му (по Загорчев и Динкова, 1991)

Близко 1/3 или 32,88% от изследваната територия е изградена (табл. 2) от слоестите доломити и доломитни варовици на Боснекска свита, в която е всечен Земенския пролом (фиг. 9, 21). Тя изгражда неговите склонове в интервала 600 – 900 m и се припокрива от Радомирската свита (Желев и др., 2007).

Трънската свита (29,7% от изследваната територия) е представена от варовици, които изграждат карстовата билна повърхнина на Земенска планина (Георгиев и др., 1977) Върху нея е развит епикарст, представен от въртопи, понори, ували и карни полета.

Радомирската свита заема 15,18 % от изследваната територия (табл. 2) и изгражда билата и склоновете на Земенска и Риша планина, разположени между 1000 – 1200 m надморска височина.

В обобщение 77,76 % от изследвания район е изграден от карбонатни скали с триаска възраст, които обуславят развитието на различни карстови форми. Заравнените била на Земенска и Конявска планина са предпоставка за образуването на изветрителни кори. Загорчев (1993) изтъква липсата на специализирани изследвания върху

кватернерните наслаги. От това произтича необходимостта от провеждането на седиментоложки и геоморфоложки проучвания.

5.2.2 Тектоника

Тектонските особености на областта са формирани в резултат от протичането на два етапа: допалеогенски (предимно австрийски) и къснопалеогенски (савски) (Загорчев и др., 1990). Всеки от тях включва няколко фази, през които се извършват деформации и се обособяват различни структури. В изследваната територия се наблюдава типичната за Краищидите субмеридионална ориентация на разломните структури с посока $160 - 170^\circ$ (Бончев, 1971) (фиг. 9).

За тектонската активност на изследвания район се съди по величината на вертикалните движения на земната кора, които в района на гр. Земен имат скорост от 0 до $+2 \text{ mm/year}$ (Тотоманов, Връблянски, 1980). По данни на Канев и Младеновски (1969, 1973) изследвания район се издига със скорост между 1 и 2 mm/year . Ендогенна активност на изследваната територията се потвърждава от степента на сеизмичност, която за изследвания район е XVIII степен по скалата на Медведев-Шпонхоер-Карник (Алексиев, 2002).

В обобщение, изследваната територия има сложен блоково-разломен строеж. Основните групи активни разломи имат NNW – SSE, NE-SW и WNW – ESE посока. Гънковите структури имат посока от WNW – ESE до NNW – SSE. Следователно, главните линии на релефът на изследваната територия имат структурна обусловеност. По разломните линии се създават условия за интензивно изветряне, поради степента на дезинтеграция на скалите, която от своя страна улеснява проникването на водни разтвори в дълбочина. Те от своя страна ускоряват процесите на физическо и химическо изветряне. Положителните скорости на вертикални движения на земната кора свидетелстват за активността на тектонските процеси в изследваната територия. Сеизмичността на района е фактор за активизиране на срутища и сипеи.

5.3. Почвена и 5.4 Растителна покривка

Изветрянето е началният етап на почвообразуването, а веднъж образувала се почвената покривка регулира инфилтрацията на води и разтвори, с което променя изветрянето в дълбочина.

Според почвено-географското райониране на страната (Нинов, 2002) изследваният район е част от Софийско-Крайщанската провинция на Балканско-Средиземноморската подобласт, в която зонални почвени типове са канелените и кафявите горски почви. Канелените почви и техните разновидности заемат пояса между 600 и 800 m надморска височина и са развити под горска и храстова растителност в границите на пояса на ксеротермните дъбови гори. Последния е запазен фрагментарно като видовият състав е силно променен (Асенов, А. А., 1993).

Между 800 – 1500 m под смесени гори от бук, ела и бор са развити кафявите горски почви. Те имат ограничено разпространение в изследвания район по северния склон на Риша планина. Върху билата Билата на Земенска и Конявска планини са развити плитки хумусно-карбонатни почви (рендзини). Образоването им се свързва с широкото разпространение на триаски варовици.

Растителността се явява условие за протичането на биофизично и биохимическо изветряне. Почвената покривка, заедно с типа растителност оказват влияние върху скоростта и вида на склоновите процеси.

5.5 Хидроложки условия

В структурата на речния отток на р. Струма (ХМС с. Ръждавица) доминират подземните води (52,7 % от годишния сумарен отток), а при р. Треклянска (ХМС Враня стена) устойчивата съставка формира 42,4 % от годишния сумарен отток (Калинова, Петров, 1992а).

Отточният режим на Струма в изследвания район е с пълноводие от октомври до юни и маловодие през периода юли–октомври. Пълноводието на р. Треклянска е с продължителност от февруари до юни, а маловодието – от юли октомври и е налице преходна фаза от ноември до януари (Христова, 2004). Режимът на оттока се отличава с максимум през м. март и минимум е през м. август (Калинова, Петров, 1992б). Месечният отток е разпределен неравномерно.

Хидроложките условия нямат водещо значение за развитието на изветрителните и склоновите процеси, но са част от комплекса фактори, който им влияе. При валежи се формира склонов отток (плоскостен смив), който пренася неспоени елувиални и склонови материали към речните легла. Премахването на повърхностния слой от изветрителната кора улеснява инфилтрацията на води и разтвори, с което ускорява изветрянето.

5.6 Антропогенна дейност

Първите сведения за човешко въздействие върху природната среда в изследваната територия и съседните и датират от праисторическата епоха (4–5 000 BC) (Захариев, 1963). Тодоров и Велчев (2016) потвърждават неолитната възраст. Промените в релефа се свързват със строителни дейности, добив на полезни изкопаеми, развитието на селищната мрежа, изграждането на светилища и култови обекти, развитие на земеделието и дърводобива.

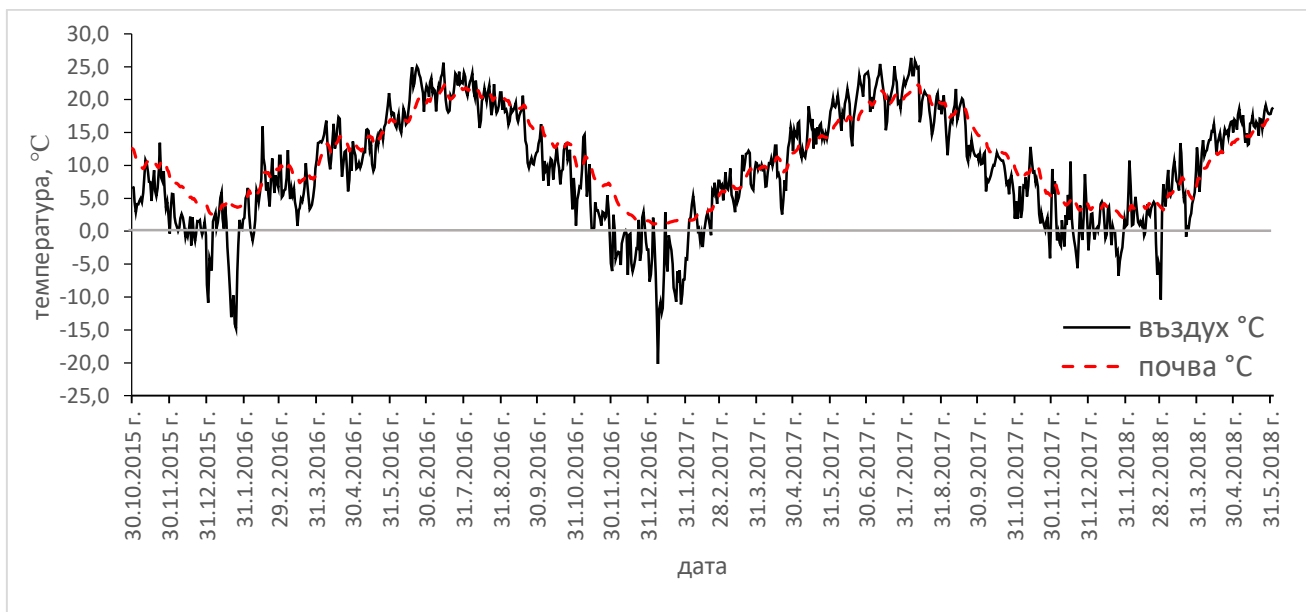
Извършеният литературен преглед показва, че изследваната територия е добре стопански усвоена от древността. На отделни места човешката дейност е нанесла съществени изменения в релефа, а на други е ускорила естествените процеси. Днес те протичат в условия на силно повлияна от човека среда. Въпреки това съвременните изветрителни и склонови процеси действат по близък до естествения начин. Изключение от това правят кариерите за варовици и земеделските земи.

VI. Характеристика на изветрителните и склоновите процеси, форми и наслаги

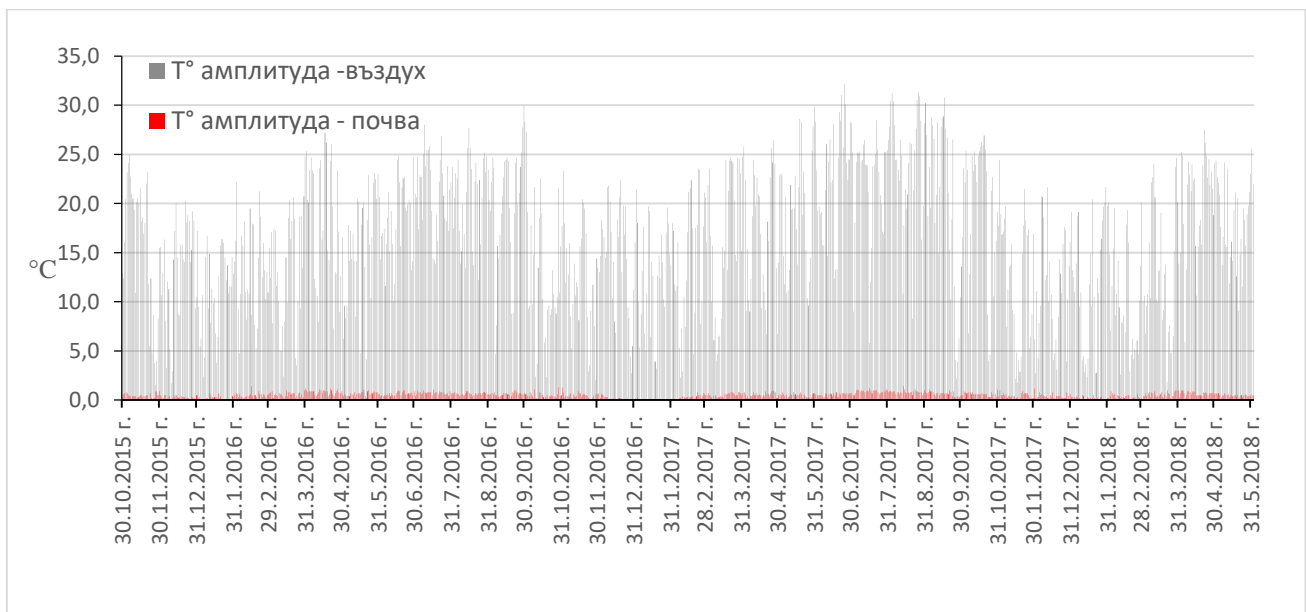
Изветрителните и склоновите процеси са в пряка зависимост от метеорологичните и климатичните условия. Те обуславят замръзването и размръзването на повърхностния почвен слой, снеготопенето, формирането на повърхностен воден слой, образуването на ледени клинове в скалните пукнатини и протичането на ерозионни процеси от постоянно и временно течащи потоци. Това обосновава анализа на ежедневните стойности на климатичните елементи, извършен на база данни, получените от поставения лизиметър в гр. Земен.

6. 1. Метеорологични и микроклиматични условия в периода 01.11.2015-02.06.2018 г.

Режимът на среднодневните температури на въздуха и почвата се характеризира с големи колебания (фиг. 11) като тези на въздуха са в по-големи граници от почвените, които са положителни през целия период на наблюдение.



Фиг. 11. Среднодневна температура на въздуха и на почвата на дълбочина 100 cm
(30.10.2015 – 02.06.2018 г.)

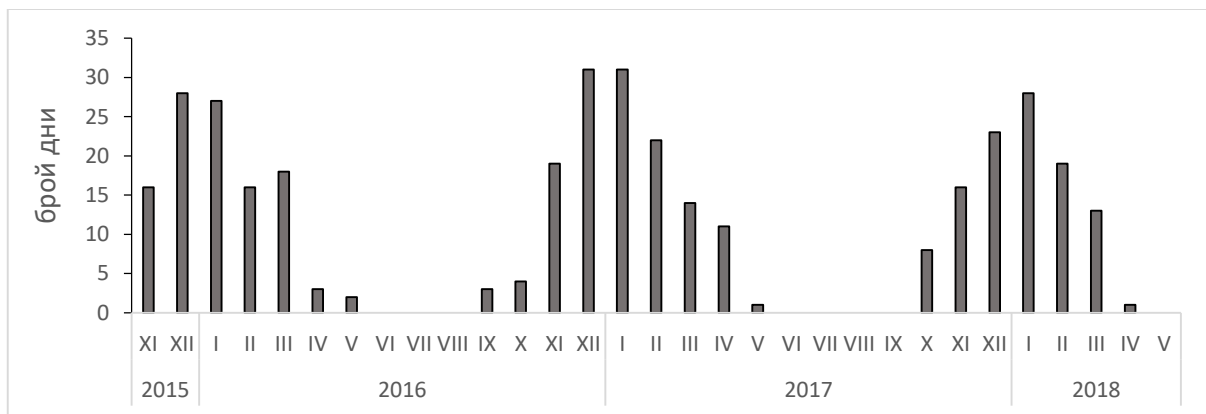


Фиг. 12. Ежедневни амплитуди на температурата на въздуха и на почвата на дълбочина
100 cm (30.1-2015 – 02.06.2018 г.)

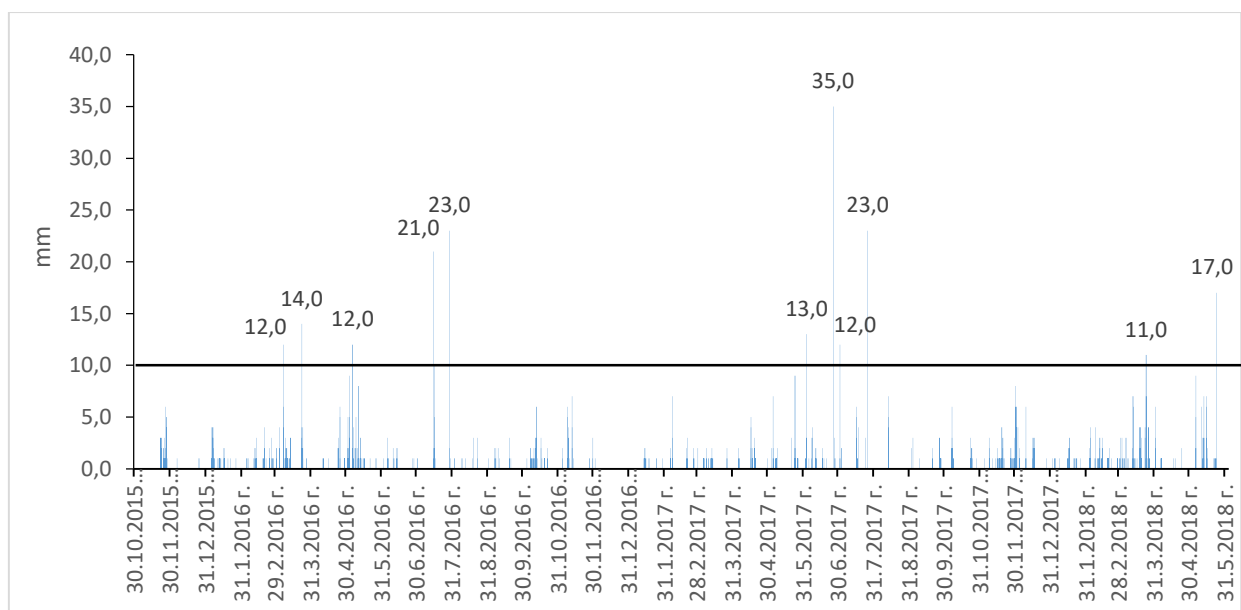
Анализът показва, че ежедневните температурни амплитуди на въздуха достигат и в някои случаи надхвърлят 30 °C (фиг. 12). Пикът на амплитудите е през юни, юли и август, но се отбелязва и втори такъв през пролетта (март, април) и есента (септември, октомври). Експонираните на дневна повърхност скали най-активно се разрушават в края на август и септември, а най-малко в периода ноември – март, когато

температурните амплитуди са най-малки. Това прави механичното изветряне един от дискретните процеси, ограничен в малък период.

Ежедневните преходи на температурата на въздуха през 0 °С обуславят топенето на снега и следователно, процесите на масово движение на материала и плоскостния смив. Най-голям е броят на дните с такъв преход през декември и януари – между 28 и 31 дни (фиг. 13), а най-малък – през април и май. Следователно хидрогенния крийп, плитките свличания и делувиялния (плоскостен) смив, както и физическото изветряне се активизират през декември-януари.



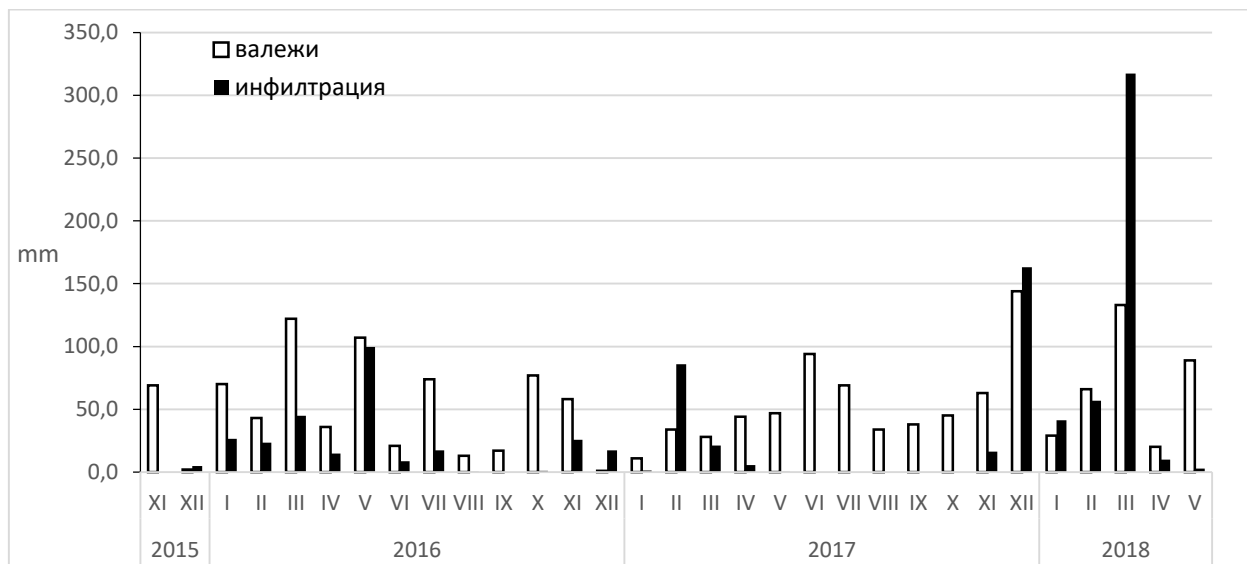
Фиг. 13. Брой дни с преход на на температурата на въздуха през 0 °С (01.11.2015 – 31.05.2018 г.)



Фиг. 14. Ежедени валежни количества (30.1-2015 – 02.06.2018 г.)

Анализът на валежните количества показва, че те се изменят в граници между 1 и 35 mm (фиг. 14). Повечето от тях са под 5 mm, като в определни дни през март, май, юни и юли надхвърлят 10 mm.

Кукал (1987) доказва, че интензивните валежи (а според Рачев, 1990, 2018 те са над 0,18 mm/min за нашата страна) имат водещо значение за рязката активизация на ерозията от временно течащи потоци, плоскостния смив, крийп, химическото изветряне, сипеите, в единични случаи на срутища и началото на формиране на ембрионални ерозионни форми. Получените данни показваха (фиг. 14), че валежи със продължителност 60 min и количество 10 mm имат интензивност 0,1667 mm/min. Тази стойност е близка до критичната (0,18 mm/min) и следователно, те имат релефообразуващо значение.



Фиг. 15. Месечни количества на валежите и инфилтрацията (XI.2015 – V.2018 г.)

Данните от микроклиматичните наблюдения показваха, че в през летните и есенни месеци (юни-октомври) не се наблюдава инфилтрация на валежни води (фиг. 15). Валежните води се трансформират в склонов отток, който възпира инфилтрацията или се изпаряват преди да инфилтрират. Метеорологичните и микроклиматични данни (а не средните стойности на елементите) имат пряко отношение към морфолитогенезата и създават условия за началото (респ. края) на даден екзогенен процес и за неговата скорост. В същото време те са и фактор за развитието на комплекса от екзогенни процеси.

6. 2. Изветрителни процеси, форми и наслаги

Изследванията на изветрителните процеси, форми и наслаги са извършени в 4 ключови участъка, разположени в границите на Земенския пролом – KS1, KS3, KS5 и KS7 (т. 210), а също така и в 9 точки (фиг. 2) , разположени по билото и склоновете на Земенска планина.

6. 2.1. Заравнени повърхнини

Заравнените повърхнини са формирани в периоди на тектонски покой, през които релефът е бил подложен на планация (т.е. заравняване). Последното е резултат от денудацията и най-много от изветрянето. Поради това броят и възрастта на тези повърхнини имат пряко отношение към анализа на изветрителните процеси, форми и наслаги. Според различните автори (Георгиев и др, 1977; Константинов, 1977, 1981, 1983, 1992; Канев, 1989) броят и възрастта им са различни.

Всички досегашните проучвания потвърждават наличие на 5 заравнени повърхнини. В Земенска планина това са т.нар. *младомиоценска, староплиоценска, две левантийски нива и едно вилафранкско* (Георгиев и др., 1977). В Конявска планина староплиоценското ниво отсъства, но за сметка на това са запазени фрагменти от изходния пенеplen. Остава отворен въпросът дали съществуват подобни фрагменти в най-високата част на Земенска планина. Основен недостатък на досегашните изследвания е, че датирването на повърхнините е извършено единствено на базата на хипсометричното им положение и относителната им височина. Макар наличието на детайлни описания на повърхнините, досегашните проучвания носят описателен характер. Няма конкретни изследвания, които да се фокусират върху състава и свойствата на изветрителните продукти, които някои автори (Канев, 1989, Константинов 1977, 1981, 1983, 1992 и др.) определят като изветрителни и/или флувиатилни. До този момент тези наслаги не са анализирани чрез седиментоложки, минераложки и др. анализи.

Ерозионните форми, образувани върху заравнените повърхнини в Северния дял на Земенска планина, са модификация между карстови и ембрионално ерозионни. Според Георгиев и колектив (1977) те се развиват интензивно в западната и източната част на планината и се всичат в плиоценски и вилафранкски акумулационни материали.

Поради различния брой на заравнени повърхнини, различна им възраст, недостатъчните морфометрични данни за заравнените територии и изграждащите ги наслагите анализът на изветрителните процеси, форми и наслагите в настоящето изследване ще „стъпи“ на характеристика на пояса на неизявена ерозия..

Направеният морфометричен анализ на пояса на неизявена ерозия показва, че той има ширина между 100 и 510 m в различните участъци, което свързваме с различната устойчивост на скалите и пространствената им разпространеност на Трънската, Радомирската и Комщицката свити.

6. 2. 2. Физическо изветряне – форми и наслагите.

Анализът на изветрителните процеси е извършен в пояса на неизявена ерозия върху заравнени участъци. Логиката на изследванията е в следната последователност: процеси – форми – наслагите. Изветрянето протича в местата без плътна растителна покривка и там, където има такава. Разрушават се основни скали и неспоени наслагите като при това се образуват повърхностни карстови форми, елувий, елувиални и изветрителни кори и рендзини.

Процесите на физическо изветряне и свързаните с тях форми и наслагите са изследвани в 4 ключови участъка (KS1, KS3, KS5 и KS7), разположени в границите на Земенския пролом. В точки 496, 497, 498 и 499 са изследвани с чук на Шмид (Schmidt Hammer) скални разкрития в кариера за варовик.

6.2.2.1 Физическо изветряне, форми и наслагите в по билото на Земенска планина

Процеси на физическо изветряне са наблюдавани и анализирани и в точки 493 (фиг. 16) Тя е разположена върху билна заравнена повърхнина с наклон от 0 до 3°, развита върху варовиците на Трънската свита, които се разкриват на повърхността. В тях са образувани добре оформени кари и микропонижения (понори), които усложняват морфологията на билната заравненост. Анализът се базира на повърхностна проба от изветрителни продукти.



Фиг. 16. Изветряне на място (*in situ*) в точка 493, 300 m западно от вр. Елов рид (Мечка, 1176 m)

Таблица 2

Резултат от морфоскопски анализ на едрокъсов елувий в т. 493

Точка 493	
Брой измерени късове	74
Минимални стойности cm	a – 0,5; b – 0,5; c – 0,1;
Максимални стойности cm	a – 6,7; b – 5,4; c – 3,9
Средно аритметично	a – 2; b – 2; c – 1
Стандартно отклонение	a – 1; b – 1; c – 1
Преобладаващ петрографски вид	варовик
Средна заобленост	0,0



Морфоскопският анализ на късовете (табл. 2) показва, че при механичното разрушаване на основната скала преобладават късовете от „0“ степен на заобленост. Това характеризира начален стадий на изветряне при пълно отсъствие на транспорт. След отделянето си късовете остават на мястото си, образувайки едрокъсов елувий.

Карите в т. 493, развити върху варовици, са опробвани с чук на Шмид. Средна стойност на отскок е 55 R. Върху здрав участък в т. 493, без наличие на пукнатини бе отчетена стойност $R = 60,5$, докато напукан участък стойността на отскок е два пъти по-ниска $R = 35,5$. Върху естествената повърхност на произволно избран блок е отчетена стойност $R = 65,5$, а след полиране с абразив (карборунд) на същото място стойността бе $67,5$. Това показва, че свежите повърхности имат по-голяма стойност на R, която

намалява с течение на времето поради образуването на изветрял слой. Подобна тенденция е описана от Viles et al. (2011) и Goodie (2006).

6.2.2.2 Физическо изветряне, форми и наслаги по склоновете на Земенска планина

Точка 494 характеризира изветрителни процеси в скалите на Комщицката свита (аргилити, варовити брекчи и пясъчници). Опробваното място е в близост до вр. Тичак (1294,9 m) (фиг. 17) върху високо склоново стъпало (част от староплиоценска повърхнина) с образувани върху него микропонижения и лъсчини. Направената серия от 15 удара (върху блокажи и основни скали) показва средна стойност на R от 29,5. Данните показваха по-напреднал, сравнение с Трънската свита, етап на изветряне.



Точка 494 – склоново стъпало под вр. Тичак (1294,9) на височина 1156 m



Блокажи с максимален размер 164 x 89 x 56 cm, т. 494

Фиг. 17. Геоморфоложка ситуация в точка 494, Земенска планина



Точка 495 – Изветрителна кора по билото на Земенска планина (1097 m)



Точка 495 – опробване със Schmidt hammer (type N)

Фиг. 18. Геоморфоложка ситуация в точка 495, Земенска планина

Точка 495 (фиг. 18) е разположена на 1097 m върху високо склоново стъпало (3-5° наклон) под билната повърхност с образувани микропонижения от понори и въртопи. Точката характеризира изветрителна кора, развита в пояса на неизявена ерозия върху варовиците на Трънската свита. Средният и максимален размер на късовете е във фракцията на блокажа (средни - 11,8 x 10,4 x 5,7 cm и максимални - 49 x 33,5 x 33 cm). Опробваните късове с чука на Шмид показаха средната стойност на отскока (R) 60 при стандартно отклонение 11. Следователно скалите на Трънската свита (сивобели афанитови варовици) имат по-висока денудационна устойчивост от тези на Комщицката свита (аргилити, варовити брекчи и пясъчници) в т. 494.

В кариерата за варовик (скалите са от Трънската свита, фиг. 19) бяха направени



Фиг. 19. Кариера за варовик в Земенска планина

сerii от удари с чука на Шмид върху скални разкрития в четирите нива на кариерата (Трънска свита). Тя е разположена по източните склонове на Земенска планина, а 4-те нива характеризираха варовиковото тяло от повърхността (т. 496) към

неговата вътрешност (т. 499). Опробвани основни са скали и едри блокажи. В избраните точки (496-499) са извършени над 50 удара, чийто анализ показва, че степента на изветряне на скалите е най-голяма в близост до билото (т.е. на скалите, които са близо или са експонирани на земната повърхнина) и намалява към подножието на планината, т.е. към вътрешността на масива.

6.2.2.3 Физическо изветряне, форми и наслаги в Земенския пролом

Процесите на физическо изветряне са наблюдавани и анализирани в избрани ключови участъци по склоновете на Земенския пролом, където са изградени площадки за мониторинг. Последователно са анализирани процесите на физическо изветряне в участъци KS1, KS3, KS7 и KS5.

В участък KS1 са заложени две площадки (фиг. 20) в точки 502 и 503. Точка 502 е скална твърдица, разположена над горната склонова пречупка и характеризира изветряне на основна скала (доломити и доломитизирани варовици на Боснекската

свита). Морфоскопският анализ на елувиалните късове в т. 502 (табл. 3), направен преди залагането на червената площ и на тези след измерването, са представени в табл. 3. От скалната твърдица за периода 04.07.2017 – 20.05.2018 г. (323 дни) се е отчупил къс с обобщени размери по трите оси съответно 124,8 x 93,8 x 36,3 cm и общо тегло 171,74 g.



Фиг. 20. Изветрителни процеси в участък KS1

Таблица 3

Резултат от морфоскопски анализ на елувий (участък KS1)

	KS1 – т. 502 фрактолит (преди залагане на площадката)	KS1 – т. 502 отделени късове (04.07.2017 – 20.05.2018) червена площ	KS1 – т. 503 отделени късове (22.10.2016 – 20.05.2018) лилава площ
Брой измерени късове	30	70	37
Минимални стойности cm	a – 6,4; b – 4,2; c – 1,2	a – 0,4; b – 0,3; c – 0,1	a – 0,3; b – 0,2; c – 0,1
Максимални стойности cm	a – 21,7; b – 11,8; c – 7,6	a – 5,7; b – 7; c – 1,8	a – 5,2; b – 3,5; c – 1,2
Средно аритметично	a – 12; b – 7; c – 4	a – 2; b – 1; c – 1	a – 1; b – 1; c – 0,2
Стандартно отклонение	a – 4; b – 2; c – 1	a – 1; b – 1; c – 0	a – 1; b – 1; c – 0
Преобладаващ петрографски вид	доломит/доломитен варовик	доломит/доломитен варовик	доломит/доломитен варовик
Средна заобленост	0,00	0,00	0,00
Счупени късове %	0,00	0,00	0,00
Транспорт чрез влачене %	50,00	81,00	50,00
Транспорт чрез салтация %	50,00	19,00	50,00

Новообразувания елувий в периода 04.07.2017 – 20.05.2018 г. има средни размери 2 x 1 x 1 cm, докато измерените късове преди залагането на площадката имат средни размери 12 x 7 x 4 cm. Следователно образуваният елувий през периода на наблюдение има по-малки размери от тези на фрактолита в основата на скалната твърдица.

От маркираната площ в т. 503 (фиг. 20) за периода 22.10.2016 – 20.05.2018 г. (578 дни) са се отделили 35 къса с общи размери 37,5 x 23,5 x 9 cm и тегло 28,42 g. Това количество е по-малко отколкото в т. 502 и късовете са с по-малки размери (табл. 3).

В точки 502 и 503 данните от чук на Шмид показаха, че варовиците от Боснекската свита в т. 503 (средна стойност 58 R) са по-устойчиви от тези в т. 502.



Площадката за мониторинг на изветрителни процеси в участък KS3 има площ 0,679 m² (фиг. 21). За периода 02.02.2016–20.05.2018 г. (839 дни) от нея са изветрели 167 къса елувий с общо тегло 1332,28 g и общ размер по осите 316,9 x 209,9 x 138 cm. За периода 21.10.2017–04.04.2018 г (166 дни) от площадката в участък KS3 са се отделили 95 къса с общо тегло 970 g. Следователно, за този период скоростта на изветряне е 5,85 g/m²/day

Фиг. 21. Площадки за мониторинг на изветрителни процеси в участък KS3,

т. 220

Морфоскопският анализ на късовете от т. 220 (участък KS3), показва, че в елувия преобладава фракцията на дребния незаоблен чакъл (табл. 4), които след отделянето си подхранват върха на сипейно-срутищния конус.

Маркираната площ за проследяване на динамиката на изветрителните процеси в участък KS7 (точка 210) е разположена върху вертикален скален откос (фиг. 22.1). За периода на наблюдение (09.08.2017г. – 20.05.2018 г. или 285 дни), се е отделил къс с размери 749,4 x 502,3 x 344,6 cm и общо тегло 1830,98 g.

Резултат от морфоскопски анализ на късове от маркирани площи – участъци KS3, KS5
и KS7

	KS3 – т. 220 (02.02.2016 – 20.05.2018 г.)	KS5 – т.208 (07.03.2016 – 31.05.2018)	KS7 – т. 210 (09.08.2017 – 20.05.2018)
Брой измерени късове	167	77	409
Минимални стойности cm	a – 0,4; b – 0,3; c – 0,2	a – 0,4; b – 0,3; c – 0,2	a – 0,2; b – 0,2; c – 0,1
Максимални стойности cm	a – 10,9; b – 6,1; c – 4,4	a – 10,3; b – 7,5; c – 4,6	a – 7; b – 4,9; c – 4,3
Средно аритметично	a – 2; b – 1; c – 1	a – 2; b – 1; c – 1	a – 2; b – 2; c – 1
Стандартно отклонение	a – 2; b – 1; c – 1	a – 2; b – 1; c – 1	a – 1; b – 1; c – 1
Преобладаващ петрографски вид	доломит/доломитен варовик	доломит/доломитен варовик	доломит/доломитен варовик
Средна заобленост	0,00	0,00	0,00
Счупени късове %	0,00	0,00	0,00
Транспорт чрез влачене %	38,00	81,00	36,00
Транспорт чрез салтация %	62,00	19,00	64,00



Фиг. 22.1. Точка 210, участък
KS7



Фиг. 22.2. Новообразуван елувий (участък KS7, т. 210),
събран на 04.04.2018 г.

В резултат на извършения морфоскопски анализ на всички отделени късове от точка 210 се установи, че преобладава незаобления дребен чакъл (табл. 4). Късовете се натрупват в основата на скалния откос, образувайки конус с дължина 1,5 m.



Фиг. 23. Маркирани площи в участък KS5, т.

В участък KS5 бяха заложени две маркирани площи (фиг. 23) в началото на 2016 г. Получените данни от двете ивици (обща площ 0,645 m²) за период от 816 дни показваха, че се е отделил къс с общи размери 149,2 x 100,2 x 50,9 cm и тегло 591,99 g.

208

6.2.3. Химическо изветряне – форми и наслаги

Анализът на химическото изветряне в настоящето изследване е направен на основата на рентгетодифракционния и лито-минераложки анализи на 4 профила и 1 повърхностна проба в изветрителни кори и почви (т. 491, 492, 494, 495 и т. 503), образувани върху заравнени повърхнини и склонови стъпала в Земенска планина.

6.2.3.1. Изследвания на химическото изветряне в точки 492, 495 и 503.

В местата на точки 492 и 495 (фиг. 24) бяха описани и опробовани наслагите в междукарни пространства. В профила в точка 492 са описани два хоризонта, както следва: 0 – 5 cm и 5 – 20 cm, а в точка 495 е направен профил с дълбочина 62 cm като е описан един единствен хоризонт.



т. 492



т. 495

Фиг. 24. Геоморфоложка ситуация в точки 492 и 495, Земенска планина

Резултати от извършените анализи в точки 492, 495 и 503

Точка	Дълбочина (cm)	Разпределение на фракциите (%)				Цвят (Munsell)	pH	Хумус (%)
		Над 10 mm	10 – 2 mm	2 – 0,1 mm	Под 0,1 mm			
492	0 – 5	54,91	3,39	14,9	26,8	10YR 4/3 brown	-	-
	5 – 20	14,26	1,54	26,8	57,5	10YR 3/2 very dark grayish brown	-	-
495	0 – 60	17,08	27,48	15,7	39,7	2,5YR 4/3 reddish brown	7,9	6,38
503	0 – 5	35,94	19,09	12,5	32,5	2,5YR 3/3 dark reddish brown	7,89	4,96

Проведените изследвания в т. 492, 495 и 503 доведоха до следните изводи:

- Химическото изветряне е причината за образуване на повърхностни карстови форми, които са добре развити по билната повърхнина на Земенска планина и склоновете и. С най-голямо морфоложко изражение са карите и карните полета.
- Седиментоложките анализи на изветрителни кори и почва (тип рендзина) показват, че изветрянето върху основни скали образува елувиален хоризонт със средна дълбочина до 50-60 cm (табл. 5) и включения от едър чакъл. Дълбочината (между няколко десетки cm до над метър) на рендзината зависи от тази на междукарните понижения.
- Химическия състав на изветрителните кори е следствие от процеси на окисление, изнасяне на калциеви ($\text{Ca}(\text{CO}_3)^2$) и магнезиево-калциеви ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)^2$) карбонати и почвообразуване, в резултат на които се образуват нови вторични минерали (каолинит, мусковит, биотит и хлорит). Количеството на органиката (5 %) и малката дебелината на профила (3-5 cm) са индикация, че елувиалнта покривка в участък KS1 (т. 503) прехожда в основна скала.
- Реакцията на изследваните изветрителни кори и почви е алкална (pH около 7-8), което е обусловено от минералния състав на основните скали, богати на Ca^{2+} и Mg^{2+} йони. Цветът на наслагите е в червената гама, което също е типично за

изветрителните продукти върху варовици (Нинов, 2002), и е резултат от химическо изветряне (окисление).

- Рентгенодифрактометричните анализи на фракцията 0,25 – 0,125 mm в проби от изветрителни продукти показаха наличие на минерали, които се образуват при химическо изветряне (каолинит и хлорит). Съдържанието на глината (до 50 – 60 %) и органичното вещество (5 – 6 %) са признаци за начало на почвообразуване. Следователно, върху изветрителните кори в изследвания район се образува плитка хумусно-карбонатна почва (рендзина).

6.2.3.2. Изследвания на химическото изветряне в точки 491

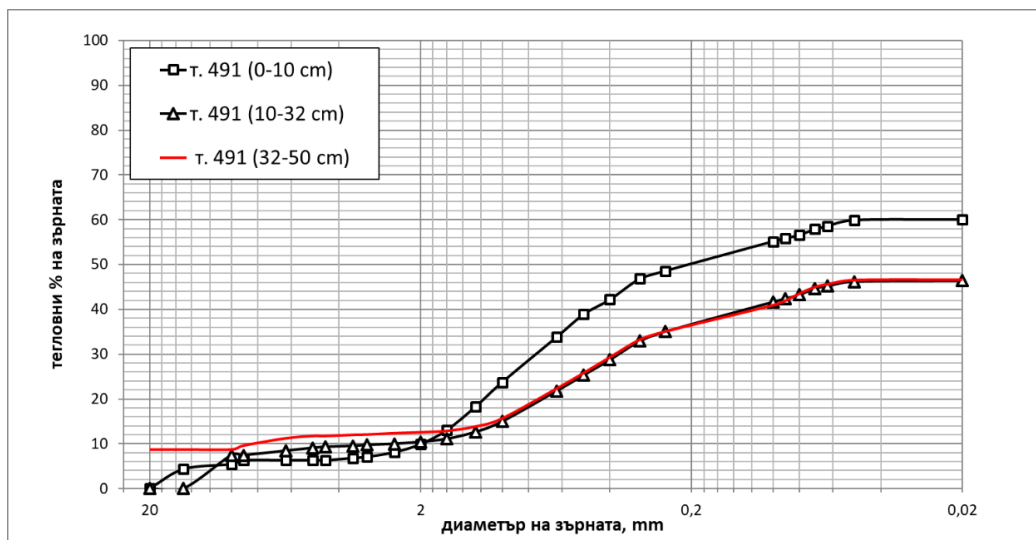
Профилът в т. 491 е върху заравнена повърхнина, разположена на височина 1100 m (фиг. 25) и е разположен на 9 m източно от т. 492 в различни топографски условия. Той е направен в понор с размери 5,15 m (ширина) на 8,0 m (дължина). Превишението на понора е около 20 cm. Дъното му е покрито с плътна тревна покривка. Понорът е запълнен с рендзина, в която е направен сондаж. Отгоре надолу са описани три хоризонти: 0 – 10 cm; 10 – 32 cm и 32 – 50 cm.



Фиг. 25. Разположение на профила в точка 491, околко вр. Мечка, 1176 m (Земенска планина), част от пояса на неизявена ерозия

Извършения гранулометричен анализ на пробите от т. 491 показва, че в тях преобладават глината (частици под 0,1 mm), признак за продължителни химически промени, свързани с почвообразуването и изветрянето на пясъците и алеврит до пелит.

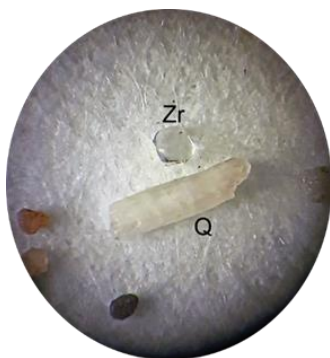
Най-долният хоризонт показва най-голямо присъствие на едри късове и най-малко на фини фракции, резултат от близкото присъствие на основната скала. Хоризонти 0-10 cm и 10-32 cm имат сходно разпределение на фракциите (фиг. 26) за разлика от това в 32-50 cm, където (фиг. 26) присъстват скални късове с размери между 2,6 x 2,1 x 0,7 cm и 7 x 3,6 x 2,1 cm.



Фиг. 26. Резултати от гранулометричен анализ на проби от точки 491

В резултат на извършените анализи са формирани следните изводи:

- Разпределението на фракциите в проби от профил 491, количеството на глината (до 59% в хоризонт 32-50 cm), наличието на скални късове в дълбочина, дебелината на профила (50 cm), количеството на органика (10-14%) и почвената реакция (pH=7) са типични за скелетни почви от вида на рендзините. Следователно изветрителната кора в т. 491 е подложена на почвообразователен процес.



Фиг. 27 Q и Zr кристали от проби от т.491

- Литоминераложкият анализ дава основание да допуснем, че горните хоризонти съдържат преотложени силикати (фиг. 27), покриващи варовиците на Трънската свита. В последствие силикатите са били подложени на изветряне на място (in situ) и/или транспортирани на некояло разстояние чрез временно течащи води и/или вятър. Най-близкият източник на силикатни материали са скалите на Комщицката свита, намиращи се на 2,6 km северозападно от точки 491.

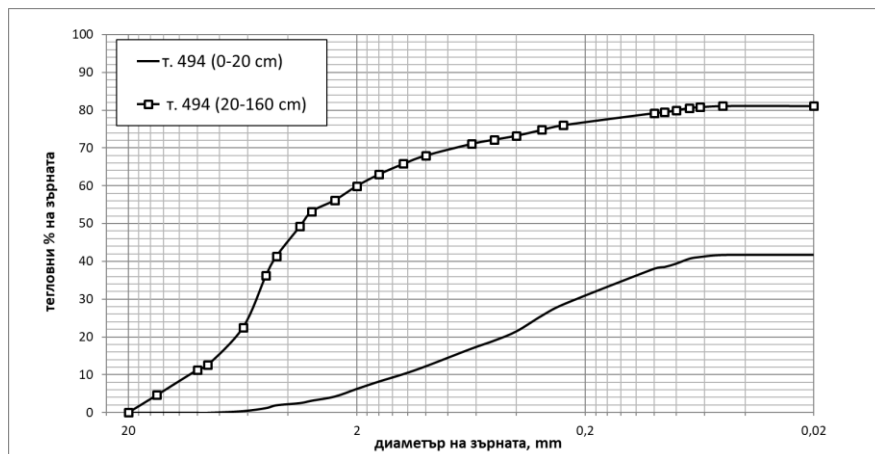
- Степента на химическото изветряне нараства от основната скала към земната повърхност. Това се потвърждава от проведения рентгенодифрактометричен анализ, който потвърди напредналия процес на химически промени във изветрителната кора, особено във повърхностния хоризонт (колинит 10%).

6.2.3.3. Изследвания на химическото изветряне в т. 494.

Профил 494 достига дълбочина 160 cm в изветрителните продукти на скалите от Комщицка свита (червени аргилити, олигомиктови кварцови пясъчници и варовити брекчи), разкриващи се на склоново стъпало. Описани са два хоризонта – повърхностен (0 -20 cm) и изветряла основна скала с дълбочина 20 – 160 cm, които се отличават по своя гранулометричен и минераложки състав (фиг. 28, табл. 6).



Фиг. 28. Разположение на профила в точка 494, склоново стъпало под вр. Тичак, 1294,9 m (Земенска планина), част от пояса на неизявена ерозия



Фиг. 29. Резултати от гранулометричен анализ на проби от точки 491

Разпределението на фракциите в двата хоризонта е различно (фиг. 29). Количеството на глината в хоризонт 0-20 cm (62%) е индикатор за процеси на химически промени на минералите, а разпределението на фракциите в хоризонт 20-160 cm е следствие от физическа дезинтеграция на скалите. Следователно изветрителните процеси са най-интензивни в повърхностния хоризонт и „затихват“ в дълбочина.

Химическото изветряне в т. 494 е активно и доказателствата за това са в броя и разнообразието на минералите, в тяхното количество и външен вид. Анализът на кварцовите зърна показва, че в хоризонт 20-160 cm те са матови, необработени и с ръбести краища а в повърхностния хоризонт (0-20 cm) – полуматови, заоблени и по-малко бистри с остри ръбове. Следователно кварцовите зърна в долулежащия хоризонт са образувани при механическо и химическо разрушаване на скалите, но и с участието на вятър (транспортиращ агент). Кварцът в наслагите на хоризонт 0-20 cm е отложен на място или е пренесен на кратко разстояние (например, чрез плоскостен смив).

Литоминераложкият анализ разкри, че е възможно част от материала в повърхностния хоризонт да е транспортиран от намиращите на 4 km на запад Милевски кварцадиорити и гранити (Милевски метагранодиорити и метакварц-диорити според Милованов и др., 2007) край с. Добри дол. За тези скали е характерна следната минерална парагенеза: серицит + хлорит + кварц + албит + карбонат ± актинолит (Загорчев, 1993). Евентуален въздушен и/или воден пренос на серицит и хлорит може да е причина за завишено количество на слюди и хлорит в хоризонт 0-20 cm.

Таблица 6

Резултати от извършените анализи в точка 494

Дълбочина (cm)	Цвят (Munsell)	Литоминераложки анализ												pH	Хумус (%)
		Тежка фракция (%)					Лека фракция (%)								
		Магнетит	Хематит	Биотит	Диопсид	Агрегати	Кварц	Калцит	Доломит	Мусковит	Q-Fsr / Fsr-Q агрегати	Органика	Въглефи-цирана органика		
0 – 20	5YR 5/4 reddish brown	30,7	34,3	11,4	22,1	1,4	25,1	9,5	6,8	6,8	8,4	25,7	17,6	7,59	1,79
20 – 160	5YR 5/3 reddish brown	25,9	46,5	-	12,1	15,5	55,6	14,7	7,9	3,5	8,4	10	-	8,11	1,5

Извършеният рентгено-дифрактометричен анализ показва, че основната скала в т. 494 е съставена от калцит, кварц и каолинит. Към повърхността нараства количеството на хлорити и кварц, а количеството на калцита намалява. Към повърхността нараства количеството на хлорити и кварц, а количеството на калцита намалява. Установено е наличието на слюди (мусковтит и биотит, монтморилонит, илит) и клинохлор. Слюдите са индикатор за напреднала фаза на процесите на химическо изветряне на силикати и алумосиликати, каквито присъстват в състава на основните скали. Образоването на каолинит и илит се осъществява чрез химически промени на слюдите, които са неустойчиви на изветряне.

6.3. Морфодинамика на склонови процеси

Характеризирането на тези процеси, форми и наслаги е направено на основата на данни, получени от общо шест участъка: KS1, KS1L, KS2, KS3 и KS5 и KS7, като в първите три (KS1, KS3 и KS5) се правят наблюдения на ортогравитационни процеси; в KS1 се водят наблюдения и на делувиален смив; в KS1L се наблюдава само крийп, а в KS2 – делувиален смив и крийп, а KS7 – делувиален смив и изветряне.

6.3.1 Сипейно-срутищни процеси

Сипеите и срутищата са развити на множество места в границите на Земенския пролом. Те формират съчетания помежду си и водят до образуването на скални откоси в горната част на склоновете, транспортни жлебове и стени (възможно е да не са добре морфографски изразени) в средната част и конуси и/или шлейфове в подножието. Наблюденията ни показаха, че на много места склоновете са допълнително усложнени от делувиален смив, който се активизира по време на валежи с интензивност над 0,167 mm/min.

Изградените ключови участъци за мониторинг на сипейни и срутищни процеси (KS1, KS3 и KS5) имат продължителност на наблюденията между 816 и 921 дни. Характеристиката на процесите (фирмите и наслагите също) ще бъде направена последователно по посочените ключови участъци.

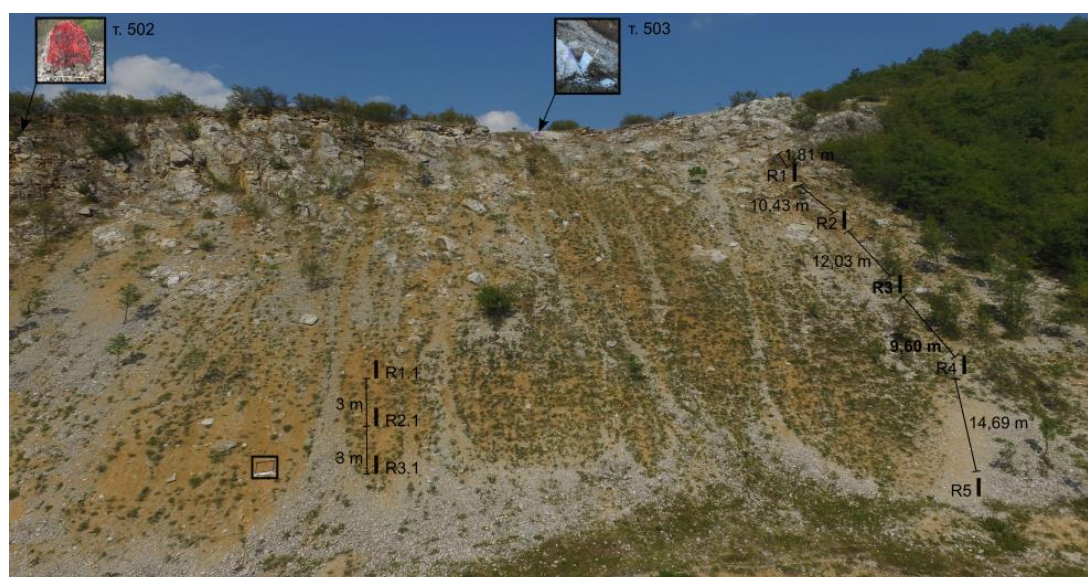
6.3.1.1. Сипейно-срутищни процеси в ключов участък KS1

Ключов участък KS1 (фиг. 30) (от 12.11.2015 г.) е типичен за срутищно-сипейни процеси. В най-високата част на склона е развит скален венец, който изветря. От него се отделят късове с различни размери, които се транспортират по слабооформени жлебове по склона. В периферията на шлейфа са разположени най-едрите късове, а върховете на конусите са изградени от по-фини материали, т.е. наблюдава се псевдосортировка, която характеризира сипейните конуси.

Таблица 7

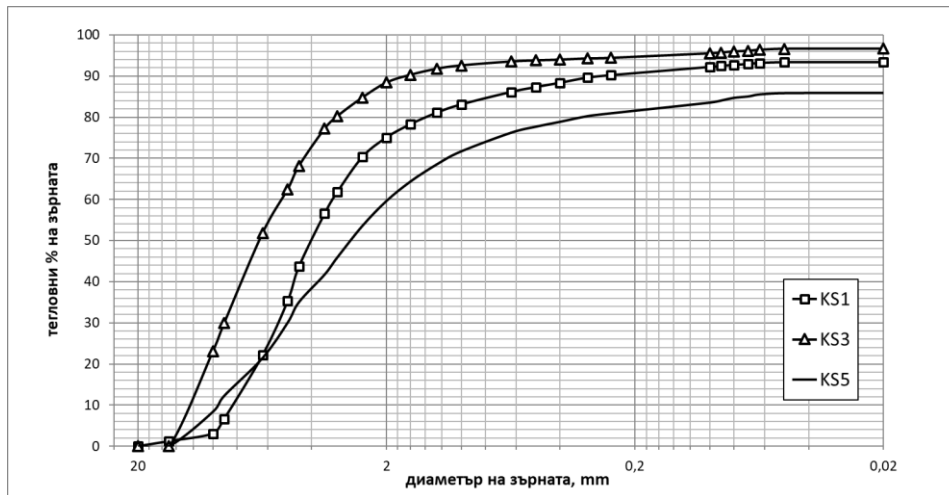
Морфоскопски анализ на късове от сипейно-срутищни конуси (участъци KS1, KS3 и KS5)

	KS1	KS3	KS5
Брой измерени късове	30	30	30
Минимални стойности cm	a – 13; b – 7,9; c – 3	a – 11,5; b – 5; c – 2;	a – 10,5; b – 5,5; c – 3
Максимални стойности cm	a – 37; b – 28; c – 20	a – 131; b – 94; c – 45	a – 91; b – 51; c – 42
Средно аритметично	a – 23; b – 15; c – 8	a – 27; b – 19; c – 8	a – 28; b – 17; c – 10
Стандартно отклонение	a – 6; b – 5; c – 4	a – 25; b – 18; c – 9	a – 19; b – 10; c – 10
Преобладаващ петрографски вид	доломит/доломитен варовик	доломит/доломитен варовик	доломит/доломитен варовик
Средна заобленост	0,00	0,00	0,00
Счупени късове %	0,00	0,00	0,00
Транспорт (влачене: салтация %)	73:23	83:17	64:36



Фиг. 30. Разположение на реперите и площадките в участък KS1

Гранулометричният анализ на наслагите (фиг. 31) от шлейфа показва преобладаване на едрите фракции (гравел и пясък), слабо участие на глината и много лоша сортировка. Морфоскопският анализ на същите късове от шлейфа (табл. 7) потвърди краткият транспорт, а формата им – това, че движението е станало чрез влачене. Размерите на късовете (над 30 cm по ос „b“) обаче, показва протичането на друг, неотбелязан при наблюденията процес, а именно срутища.



Фиг. 31. Резултати от гранулометричен анализ на проби от сипеино-срутищни наслагите от участъци KS1, KS3 и KS5

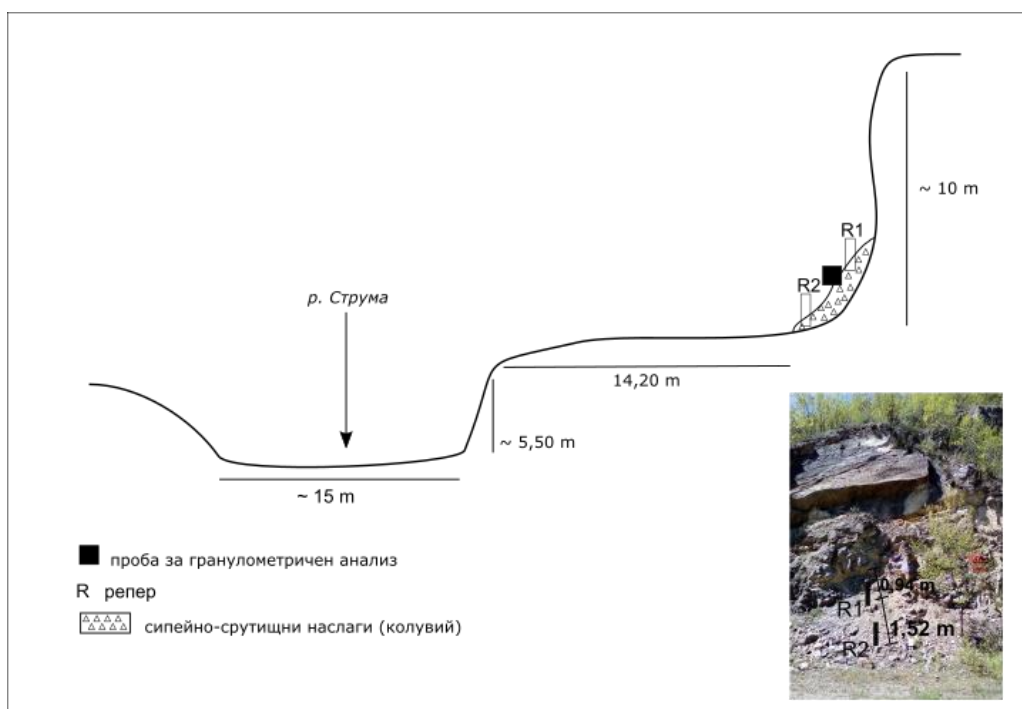


Фиг. 32. Разположение на реперите в участък KS3

В участък KS3 (фиг. 32) са заложили репери в срутищно-сипееен конус, подобно на тези в участък KS1. Повърхността на конуса е допълнително усложнена от делувиален смив, който изнася фините материали.

Средната скорост на денудация в участък KS3 е 5,4 cm за 839 дни или 0,00644 cm/day, а тази на акумулация е 7 cm за 839 дни (0,00834 cm/day)

В подножната част на склона е образуван единичен конус от акумулиран материал (фиг. 32). Морфоскопският анализ (табл. 7) показва, че някои от късовете достигат 1 m по ос „a“. Транспортирането им (при посочените размери) (табл. 7) показва приоритет на влаченето, което е характерно за сипейте.



Фиг. 33 Разположение на реперите в участък KS5

В участък KS5 са поставени два репера в сипейно-срутищен конус, развиващ се върху заливна тераса на р. Струма (фиг. 33). Данните от маркираните репери (единият в горната част на конуса, а другият – в долната като разстоянието между тях е 1,52 m) показва, че за наблюдавания период (07.03.2016 - 31.05.2017, т.е. 816 дни) денудацията е 3,9 cm или 0,00478 cm/day, а акумулацията възлиза на 5 cm или 0,00613 cm/day (табл. 25). Следователно, процесите в участък KS3 са много по-интензивни от тези в KS5.

Подножният конус е изграден от по-разнообразен материал (фиг. 31) в който преобладава гравела и пясъка, а наслагите са смесенофракционни. Размерите на късовете (табл. 7), формата и заоблеността им показват преобладаване на сипеен процес при който транспорта е кратък и става чрез влачене и преобръщане. Това ги определя като десперсий.

6.3.2. Делувиален смив

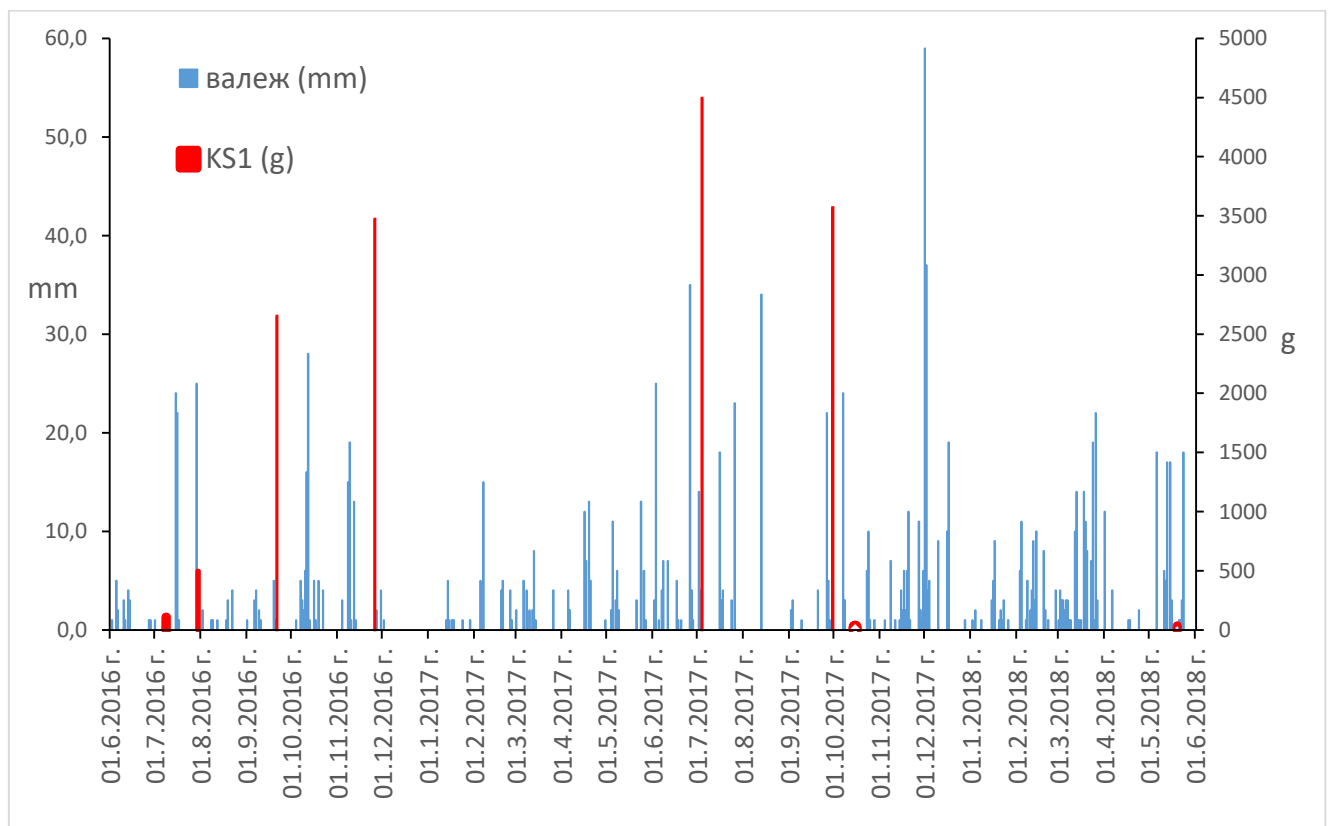
Делувиалният смив (плочна ерозия или плоскостен смив) е разпространен по склоновете на Земенския пролом поради липсата на плътна растителна покривка. В настоящата разработка делувиалният смив е изследван и наблюдаван в KS1, KS2 и KS7. Характерно за него е съчетанието му със сипейните процеси.

6.3.2.1. Делувиален смив в района на участък KS1

В KS1 делувиален смив протича в местата между жлебовете в които се движи сипейния и срутищен материал. Значителна част от тях има частично (между 10 и 50 %) тревно покритие. Наблюденията (фиг. 35) ни се базират на основата на данни, получени от 3 маркирани репера и 1 площадка-уловител (фиг. 34).



Фиг. 34. Площадка-уловител за мониторинг на делувиален смив в участък KS1



Фиг. 35. Ежедневни валежни количества и количество на натрупания материал в площадка уловител, участък KS1

За периода на наблюдение 11.06.2016 – 20.05.2018 г. (709 дни) в уловителя са акумулирани общо 14855,68 g неспоен материал.

Анализът на данните от площадката-уловител в участък KS1 потвърди зависимостта между валежните количества и количеството на делувия (фиг. 35). Влажността на наслагите влияе върху пластичността на материала и води до приплъзването му надолу по склона. Основните изводи от направения анализ са:

- Скоростта на процеса варира в интервала от 0,7615 до 49,1535 g/m²/day.
- Отчетените високи скорости в периода 09.07.2016 – 30.07.2016 г. са пряко свързани с проливните валежи на 29.07.2016 г., достигащи 25 mm при отчетена месечна сума 74 mm. Още по-важно е, че 23 mm от валежа е паднал за 1 час или интензивността на валежа е 0,38 mm/min. Тези валежи са преместили около 494,39 g материал в уловителя.
- Значителното количество делувиален материал от 01.10.2017 г. е резултат не толкова от общото количество валеж, а от преовлажняването на наслагите, довело до по-лесното им придвижване надолу по склона.
- На 26.06.2017 г. между 21:00 и 22:00 часа пада 35 mm валеж (фиг. 35) с интензивност 0,58 mm/min, който транспортира 3485 g чакъл и 1010 g по-фин материал (табл. 28). Подобна ситуация се наблюдава в периода 04.07.2017 – 30.09.2017 г., през който са акумулирани общо 3570 g материал в резултат на няколко проливни валежи. Най-интензивен е валежа от 13.08.2017 г., когато между 18:00 и 19:00 часа пада 23 mm валеж (38 mm/min) и количеството на акумулирания материал е 3,570 kg.
- През зимните месеци (януари, февруари, март и април) скоростта на процеса рязко намалява, независимо от падналите валежи и се увеличава през летните (юли, август, септември и октомври). Това разпределение не съответства на приетите граници за сезони в страната.

В състава на делувия преобладават едрите фракции, макар че количеството на ситнозема (гравел и по-дребните от него) може да достигне 50% (напр. при измерването от 26.11.2016 г) (табл. 8). Движението им се е осъществявало чрез влачене и салтация. Това недвусмислено показва, че в изследвания участък делувиалният смив се „преплита“ със сипейния процес като двата процеса се заменят един с друг.

Разпределение на фракциите (%) в проби от площадка-уловител в участъци KS1 (%)

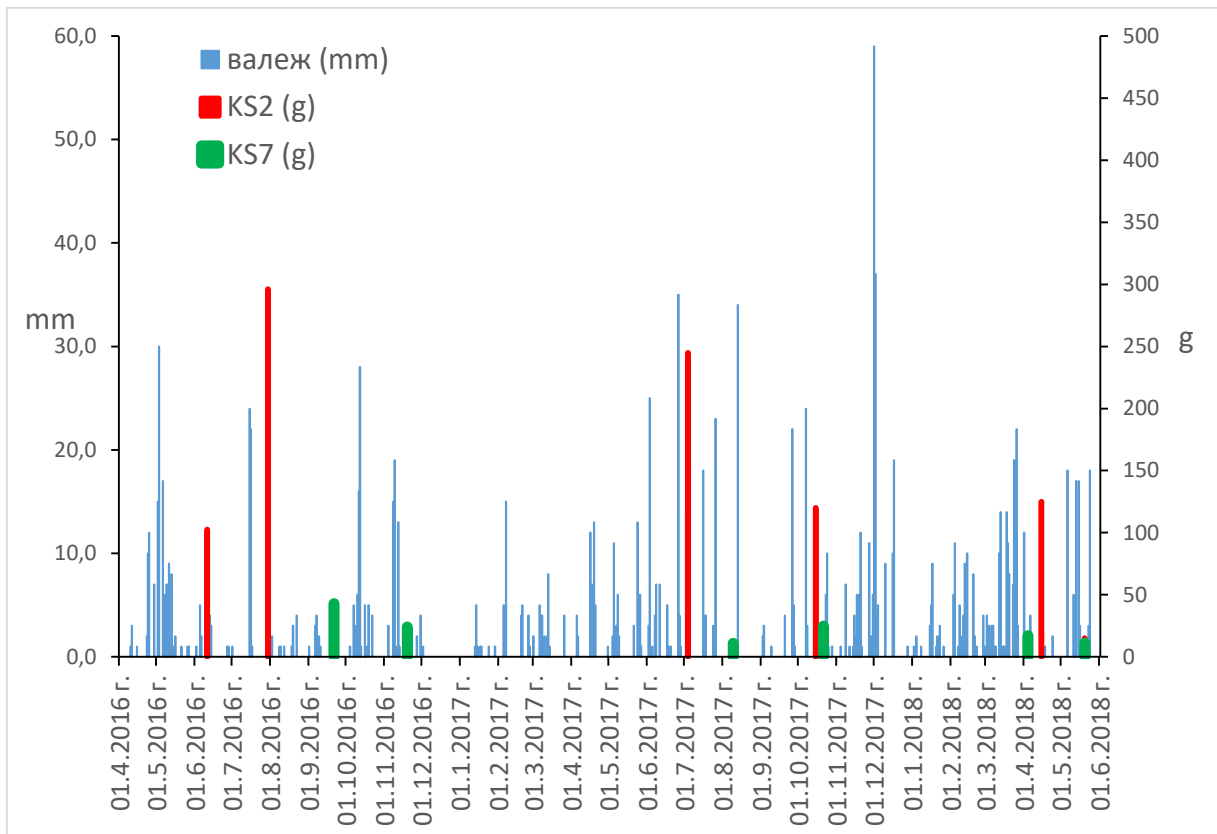
Проба	Чакъл (над 10 mm)	Гравел (10 – 2 mm)	Пясък (2 – 0,1 mm)	Глина (под 0,1 mm)	Цвят (по Munsell)
KS1 09.07.2016	79,97	2,88	13,00	4,14	2.5Y 6/3 light yellowish brown
KS1 30.07.2016	81,45	4,22	12,23	2,11	2.5Y 6/3 light yellowish brown
KS1 26.11.2016	46,86	39,20	8,7	5,2	2.5Y 6/3 light yellowish brown

6.3.2.2. Делувиален смив в района на участък KS2

В района на KS2 беше заложена втора площадка-уловител за наблюдение на делувиалния смив. За периода от 15.10.2017 до 20.04.2014 г. (765 дни) в нея са акумулирани общо 903,77 g неспоен материал при валежна сума 1195 mm. Скоростта на делувиалния смив за периода на наблюдение варира между 0,4186 и 1,7972 g/m²/day или 667 g/m²/year, т.е. средно тя е 1,8274 g/m²/day. Тези скорости са подобни на делувиалния смив в умерените ширини (Кукал, 1987).

Анализът на данните за валежните количества и данните от площадката показва (фиг. 36) следното:

- За 21 дни (09.07.2016 – 30.07.2016 г) при валежи 73 mm са транспортирани 296,26 g материал, а за 221 дни (26.11.2016 – 04.07.2017 г.) са акумулирани 245 g при общо количество на валежите 283 mm.
- И тук процесът има по-ниски скорости през зимния период.
- В резултат - не се потвърди сигурна връзка между количеството на валежите през отделните отчетни периоди и количеството на транспортирания материал. Следователно значение за протичане на плоскостния смив имат само валежите над 10 mm, падащи за период от 1 час. Такива са регистрирани през април, май и юли 2016 г., през юни, юли и август 2017 г, а така също през март 2018 (фиг. 36)



Фиг. 36. Ежедневни валежни количества и количество на натрупания материал в площадка уловител, участъци KS2 и KS3

6.3.2.3. Делувиален смив в района на участък KS7

В този ключов участък (KS7) е изградена площадка-уловител (фиг. 37.1) и са поставени репери: R1, R2 и R3 (фиг. 37.2).



Фиг. 37.1. Площадка-уловител



Фиг. 37.2. Изградени репери R1, R2 и R3

Фиг. 37. Изследване на склонови процеси (делувиален смив) в района на KS7

Данните от площадката показаха, че в нея акумулираният материал е по-малко от този в участъците KS1 и KS2. За целия период на наблюдение 9.07.2016 – 20.05.2018 г. (681 дни) от 1 m² в резултат на плоскостен смив са изнесени общо 131,21 g материал. Средната скорост на процеса е 0,1927 g/m²/day или 70,34 g/m²/year.

Таблица 9

Разпределение на фракциите (%) в проби от площадка-уловител и склонови наслаги в участък KS7 (%)

Проба	Чакъл (над 10 mm)	Гравел (10 –2 mm)	Пясък (2 – 0,1 mm)	Глина (под 0,1 mm)	Цвят (по Munsell)
KS7 21.09.2016	0,00	11,36	35,1	53,6	5Y 4/2 olive gray
KS7- проба, взета преди залагане на уловителя	8,50	45,77	10,25	35,48	5Y 4/2 olive gray

Реперите са поставени по дължина на склона. Получените от тях данни (09.08.2017 – 20.05.2018 г. , 258 дни) са индикация, че в дадения участък преобладава акумулацията, която е около 3 пъти по-голяма от денудацията. Средните данни за акумулация е 0,9 cm, а денудацията – 0,3 cm. Максимални стойности са отбелязани през периода септември-октомври и през април-май и те съвпадат с максимума на валежите.

Седиментоложките анализи показват (табл. 9) , че тук преобладават дребните фракции, нещо, което отличава този материал от другите площадки. Преобладаването им (пясъкът и глината общо съставляват над 88%) (табл. 9) и лошата сортировка, потвърждават типичните черти на процеса и наслагите.

6.3.3. Крийп

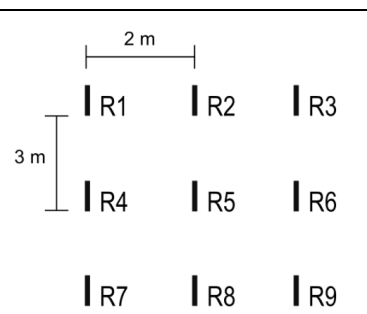
За характеризиране на процесите, формите и наслагите на крийп са изследвани два участъка: KS1-L и KS2, разположени по левия и десния долинен склон на р. Струма при сходни топографски условия в условията на горска растителност и плътно тревно покритие. В тях са изградени 3 бр. площадки за мониторинг на крийп и наблюденията имат продължителност между 541 и 915 дни.

6.3.3.1. Крийп процеси, форми и наслаги в участък KS1-L.

В участък KS1-L са инсталирани две площадки за наблюдение на крийп, разположени върху левия долинен склон на р. Струма. Първата от тях е разположена върху склон със среден наклон 20-22°. Тя е изградена от 9 репера, които запълват правоъгълник с площ от 24 m² (фиг. 38). Продължителността на наблюденията тук е 681 дни (табл. 10). В по-високата част са разположени реперите R1, R2 и R3, а ниската – R7, R8 и R9 като разликата в относителни превишения е 2 m.

Таблица 10

Стойности на акумулацията (а) и денудацията (д) за периода 09.07.2016 – 20.05.2018, участък KS1-L (см), н.в. 609 m, среден наклон 20-30°

Период на наблюдение 09.07.2016-20.05.2018 г. (681 дни)			
Репер R1 д - 0,65	Репер R2 а - 0,2 / д - 2,6	Репер R3 д - 0,6	
Репер R4 а - 0,7 / д - 0,9	Репер R5 д - 1,15	Репер R6 а - 0,55 / д - 1,2	
Репер R7 д - 1,7	Репер R8 д - 1,3	Репер R9 д - 1,0	

Фиг. 38. Разположение на реперите в първа площадка за мониторинг на крийп

„д“ - денудация; възприема се като намаляване на обема на наслагите; „а“ акумулация – като увеличаване на обема на наслагите

Таблица 11

Стойности за крийп в участък KS1-L (см), н.в. 622 m; среден наклон: 12-20°

Период 18.11.2015 – 20.05.2018 г. (915 дни)	Валеж (mm)	R1		R2		R3	
		нагоре (Δcm)	надолу (Δcm)	нагоре (Δcm)	надолу (Δcm)	нагоре (Δcm)	надолу (Δcm)
промерни Δ cm	1665	<u>0,4</u>	<u>1,1</u>	0,9	1,6	<u>1,4</u>	<u>1,1</u>

*Δ cm – промени, разлика в cm; 1,1 – акумулация; 3,2 – денудация

Втората площадка в KS1-L (622 m) (табл. 11) е изградена от 3 репера, разположени един под друг на разстояние 6 m. Наблюденията тук имат

продължителност от 915 дни (18 ноември 2015 г – 20 май 2018 г). За този период акумулацията достига 1,6 cm (0,00175 cm/day), а денудацията – 1,4 cm (0,0015 cm/day). Следователно акумулацията в изследвания участък има превес над денудацията. Максималните им стойности са установени през пролетта и са резултат от валежите и снеготопенето.

Крийпът не образува морфографски ясно изразени форми, а създава неравности.

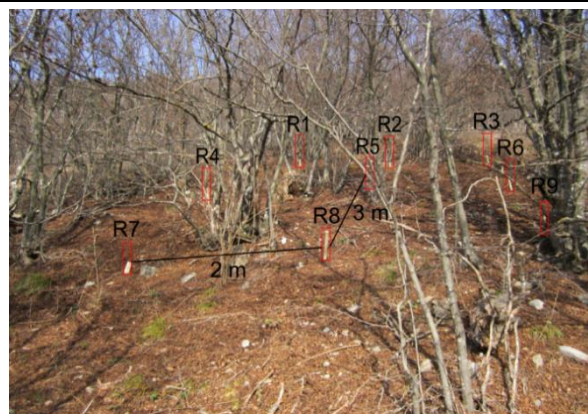
6.3.3.2. Крийп процеси, форми и наслаги в участък KS2

Площадката за наблюдение на крийп в участък KS2 (фиг. 39) е разположена върху десния долинен склон на Земенския пролом при сходни топографски условия като участък KS1-L, но на южна експозиция. Продължителността на наблюденията тук е 541 дни (между 26 ноември 2016 г. и 20 май 2018 г).

Таблица 12

Стойности на акумулацията (а) и денудацията (д) за периода 26.11.2016 – 20.05.2018, участък KS2 (cm), наклон 10-12°

Период на наблюдение 26.11.2016 – 20.05.2018 г. (541 дни)		
Репер R1 а – 1,3 / д - 1,2	Репер R2 д - 0,65	Репер R3 а - 0,65
Репер R4 а - 0,3	Репер R5 а - 0,2 / д – 0,5	Репер R6 а - 1,8 / д- 0,8
Репер R7 а – 1,6 / д - 0,2	Репер R8 а - 0,5 / д – 2,2	Репер R9 д – 0,35



Фиг. 39. Площадка за мониторинг на крийп, участък KS2

„д“ - денудация; възприема се като намаляване на обема на наслагите; „а“ акумулация –като увеличаване на обема на наслагите

Обобщените стойности за периода на наблюдение (541 дни) са поместени в таблица 12. Денудацията е между 0,2 и 2,2 cm за 541 дни, а акумулацията се колебае от 0,2 до 1,8 cm за 541 дни при валежна сума 972 mm. Това показва слаб превес на

денудацията над акумулацията, нещо, което се дължи на по-малкия наклон (с 10°) в сравнение с участък KS1-L.

Крийп-наслагите имат лоша, смесенофракционна и разнофракционна сортировка (табл. 13) с преобладаване на глина и пясък и с включения от неогладен гравел и дребен чакъл. Наслагите в участък KS2 съдържат повече гравел от тези в участък KS1-L (табл. 13).

Таблица 13

Разпределение на фракциите в повърхностни проби от крийп-наслаги (дефлукций) в участъци KS1-L и KS2 (%)

Проба	Чакъл (над 10 mm)	Гравел (10 – 2 mm)	Пясък (2 – 0,1 mm)	Глина (под 0,1 mm)	Цвят (по Munsell)
KS1-L - creep 18.11.2015	20,91	6,10	41,4	31,6	10YR 3/1 very dark gray
KS2 - creep 26.11.2016	22,25	21,70	28,9	27,1	10YR 3/2 very dark grayish brown

VII. Заключение и основни изводи

В настоящото проучване е използван морфолитогенетическият подход, който се основава на тезата, че формите и наслагите се образуват едновременно. Това предполага детайлни изследвания на малки територии.

Актуалността на работата се свързва с липсата на системни геоморфоложки изследвания и мониторинг на екзогенните процеси не само в изследвания район. Подобни изследвания в света са стандарт, но в природната география на България са крайно недостатъчни, а в Земенския пролом такива не са провеждани. Въпреки наличието на геоморфоложки карти (Вапцаров, 1972; Константинов, 1977, 1993; Георгиев и др., 1977) на части от изследвания район, екзогенните процеси и наслаги остават практически неизследвани, за сметка на морфометричните характеристики на денудационните заравнености и макросклоновете на Земенска и Конявска планина. Поради това настоящето изследване предоставят първи данни за разпространението, скоростта и режима на екзогенните процеси и наслаги.

Анализът на условията и факторите, които влияят върху изветрителните и склоновите процеси, е направен на основата на тяхното влияние. Поради тази причина

на първо място са поставени климатичните, следвани от геоложките, педоложките условия, растителната покривка и хидроложкия фактор.

Метеорологичните и микроклиматични данни позволиха да обвържем активността на екзогенните процеси с режима на климатичните елементи. Установихме, че валежи с интензивност над 10 mm/1h или 0,167 mm/min, водят до активизиране на плоскостен смив и линейна ерозия. Максималните стойности на акумулацията и на денудацията са установени след проливни валежи през летните месеци и в слествие на снеготопенето през пролетта.

Получените резултати показаха, че се наблюдава сезонност на процесите на физическо изветряне. Физическото изветрянето протича по-бързо през студения сезон (октомври – април) и по-бавно през топлия (юни – септември). В резултат на големите температурни амплитуди и на броя дни с переход на температурата на въздуха над 0 °С, от скалните откос се отчупват късове с различни размери. Наблюденията показаха, че скоростта на изветряне се колебае от 17,89 до 2590,4 g/year.

Изветрителните кори по билото и склоновете на Земенска планина се отличават с малка дебелина (около 50-60 cm до 1 m). В резултат на анализа на минералния състав и разпределението на фракциите се установиха химически промени в целия профил. В най-горният слой от изветрителната кора протича почвообразуване, поради което се наблюдава завишено количество на глина и хумус. Тук са отделени и силикатни материали, привнесени чрез еолов пренос от Комщицката свита и/или Милевските метагранодиорити като след това те са подложени на химическо преобразуване. Количеството на колинита показва начален етап на образуването на каолинитна изветрителна кора. Долната част на изветрителната кора е образувана *in situ* и по минерален състав отговаря на основните скали.

Склоновите процеси действат с различна скорост в зависимост от топографските и климатичните условия. Сипейно-струтищните протичат върху незалесени склонове, с наклон над 25–30° и скорост от 1,6 cm/year (денудация) до 3,28 cm/year (акумулация). Активността им се благоприятства от морфометричните характеристики на Земенския пролом и оградящите го планини. Често сипеите и срутищата протичат заедно с делувиялния смив, образувайки разнообразни по гранулометричен състав наслаги.

Делувиялният смив протича върху склонове без плътна растителна покривка. В отделните части на изследваната територия той има различна скорост, пренасяйки от 70,34 до 667 g/m²/year в съчетание със сипеен процес. Делувият се отличават с високо

съдържание на глина и пясък, с включения от единичен чакъл. Те са с лоша, смесено-до разнофракционна сортировка и неравномерно участие на фракциите.

Крийп е един от най-бавните склонови процеси, обхващащ залесените в различна степен склонове. Той придвижва почвената по със скорост от 1,28 cm/year (акумулация) до 1,56 cm/year (денудация). 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 е преобладаващо хигрогенен. С него се свързват микроповишения и понижения, които усложняват повърхността на склоновете. Дефлуекционните (нар. още крийпови) наслаги се отличават с високо съдържание на глината и пясъка, с включения от неогладен чакъл.

Приноси

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

1. В изследването е приложен морфолитодинамичният подход, изразяващ се в характеризирането на комплекса от действащи екзогенни процеси и свързаните с тях неспоени наслаги и форми. Той за първи път е приложен за района на Краището и резултатите позволяват да бъдат сравнени с други части на България и Света.
2. Приложена е адаптирана към специфичните условия на изследвания район методика на изследване на динамиката на екзогенни процеси, утвърдена от Международната геоморфоложка асоциация (IAG/AIG). Същността ѝ е в съчетаване на теренни геоморфоложки измервания с метеорологични данни, получени от записващи устройства, поставени в същите участъци. Използваната методика прави възможно установяването на връзка между климатични и екзогенни геоморфоложки процеси. Приложената методика е нова за България, като например физическото изветряне е изследвано с помощта на чука на Шмид; склоновете процеси са наблюдавани с помощта на площадки-уловители, маркирани репери и др., което дава конкретни данни за стойностите на денудацията от даден склон.

3. За първи път в изследвания район е направен опит да бъдат дефинирани критични стойности за привеждане на склоновите материали в движение и е анализирана връзката между тези критични стойности, при които от нормални процесите стават катастрофални. Конкретно в това изследване е установена връзката между количество и интензивност на валежите и протичането на склонови (сипеен, крийп и делувиален смив) и ерозионни процеси.
4. За първи път в този район са получени данни за скоростта на изучаваните екзогенни процеси. Заложените площадки дават възможност за продължаване на наблюденията в бъдещите години, което би могло да се възприеме за начало на мониторинга на геоморфоложките процеси в района. Получените количествени данни за денудацията (количество на сипеен материал, скорост на делувиален смив, данните от рентгено-дифракционния анализ за химическо изветряне) не са нови за страната, но са нови за района на Краище.

Списък на публикациите, свързани с темата на дисертационния труд:

Божков, П. 2018. Морфодинамика на склонови процеси в района на Земенския пролом, Год. на СУ, ГГФ, том 110, кн. 2 – География, 81-93.

Bozhkov, P., 2016. Talus slopes and related deposits in Zemen Gorge, West Bulgaria. БГД, Научна конференция „Геонауки 2016”, Сборник с научни съобщения, 135 – 136.

Popov, H., **P. Bozhkov**, A. Peichev, A. Sarafov, 2018. Data for the 1989-2004 Period from Meteorological Station Zemen and its Application in Agroclimatology and Geomorphology, Год. на СУ, ГГФ, том 110, кн. 2 – География, 65-79.

Bozhkov, P. 2017. Spatial and Temporal Analysis of Vegetation Canopy and their Relation with Slope Processes in Zemen Gorge (West Bulgaria), Proceedings of Seminar of Ecology – 2016 with international participation, 21-22 April 2016, Institute of Biodiversity and Ecosystem Research, BAS, Sofia, Bulgaria, 223 - 229 p.