



БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ
ГЕОЛОГИЧЕСКИ ИНСТИТУТ "Страшимир Димитров"

ул. "Акад. Г. Бончев" бл. 24, 1113 София, тел. (02) 872 35 63, факс (02) 872 46 38
e-mail: geolinst@geology.bas.bg; URL: <http://www.geology.bas.bg>

МИНИСТЕРСТВО НА РЕГИОНАЛНОТО РАЗВИТИЕ И БЛАГОУСТРОЙСТВОТО

ЕТАП I

ОТ ИЗРАБОТВАНЕ НА АНАЛИЗ, ОЦЕНКА И КАРТОГРАФИРАНЕ НА
ГЕОЛОЖКИЯ РИСК:

Анализ и оценка на геоложкия риск

Директор:
(проф. д-р Р. Наков)

Ръководител:
(доц. д-р П. Иванов)

София, април, 2016 г.

I Етап – Анализ и оценка на геоложкия риск**Съдържание**

1. Идентифициране на геоложките опасности и определяне на характеристиките им	2
2. Анализирание и оценяване на опасните екзодинамични геоложки процеси на територията на Република България. Научно обобщение на условията и факторите за тяхното проявление.	10
2.1. Условия и фактори за проявление на опасните екзодинамични геоложки процеси	12
2.2. Разпространение на геоложките опасности на територията на България	16
- Активни разломи	16
- Ерозия	21
- Абразия	26
- Срутища	36
- Свлачища.....	40
- Кално-каменни порои.....	55
- Пропадане на лъос	60
- Втечняване на слаби почви	65
- Набъбване на строителни почви	74
3. Определяне уязвимостта на териториите, като се отчитат всички влияещи върху нея фактори, включително влиянието на климатичните промени.	76
3.1. Преглед на природните процеси и влиянието им върху разглежданата територия.....	78
3.2. Метод за вътрешно-регионален преглед на риска с помощта на резултати от претегляне на опасностите.....	82
4. Приоритизиране на геоложките опасности за различните територии на страната в зависимост от конкретните инженерногеоложки условия и развита геодинамика.	88
5. Оценка на риска от бедствие за всяка опасност, като се отчитат и вторичните ефекти.	91
6. Синтезиране на геоложкия риск по територии и тяхното категоризиране в зависимост от него. Създаване на специализирани пространствени данни, които се поддържат и визуализират в среда на Географска информационна система (ГИС)	95
Литература	102

Приложения:

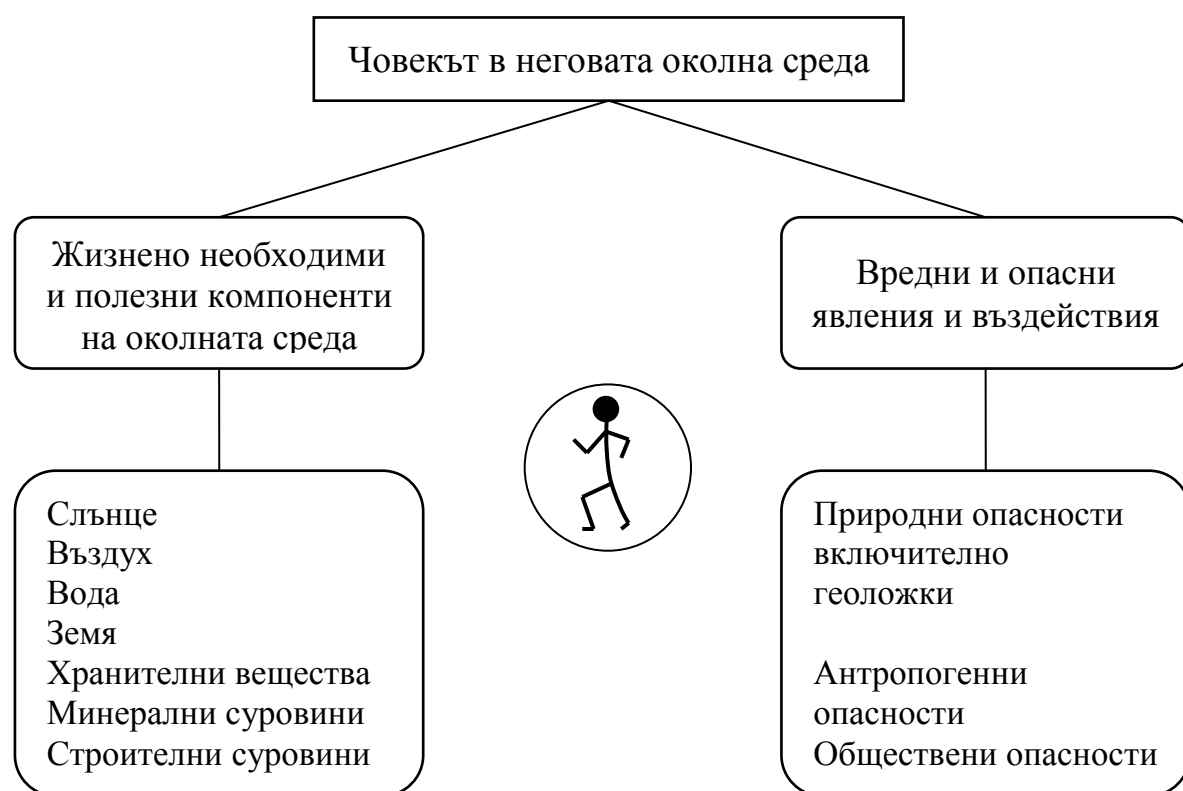
- 1 - Карта на геоложките опасности в България с категоризация (работен вариант)
- 2 - Специализирани пространствени данни (атрибутни таблици) за геоложките опасности в Географска информационна система (ГИС) (работен вариант)
- 3 - Синтезиране на геоложкия риск по територии (инженерногеоложки области)
- 4 - Сумарна карта на геоложките опасности (работен вариант)
- 5 - Синтезна карта на геоложкия риск – за населените места (работен вариант)

1. Идентифициране на геоложките опасности и определяне на характеристиките им.

Съвременният човек, намиращ се в конфликт с природата и подложен на въздействието на природни и обществени опасности и рискове, трябва да превърне тези отношения в хармония, ако иска да осигури по-добро бъдеще на човешкия род (фиг. 1.1). Този сценарий включва и намаляването на природните, в т.ч. и геоложките рискове до приемливи равнища. Всяка друга алтернатива води към възможни гибелни последствия за човека и изобщо за живия свят на планетата.

Много процеси и явления в природата и обществото влияят отрицателно на човека, застрашават неговия живот и здраве, разрушават материалната и духовна култура. Всички те съставят общата опасност (фиг. 1.2, фиг. 1.3) (Илиев-Бручев, ред, 1994).

Терминът **геоложка опасност** обединява процесите и явленията в земната среда, които имат отрицателно въздействие върху самата нея, материалните фондове на човека и върху неговото здраве и живот (Илиев-Бручев, ред, 1994).



Фиг. 1.1. Основни елементи на околната среда на човека

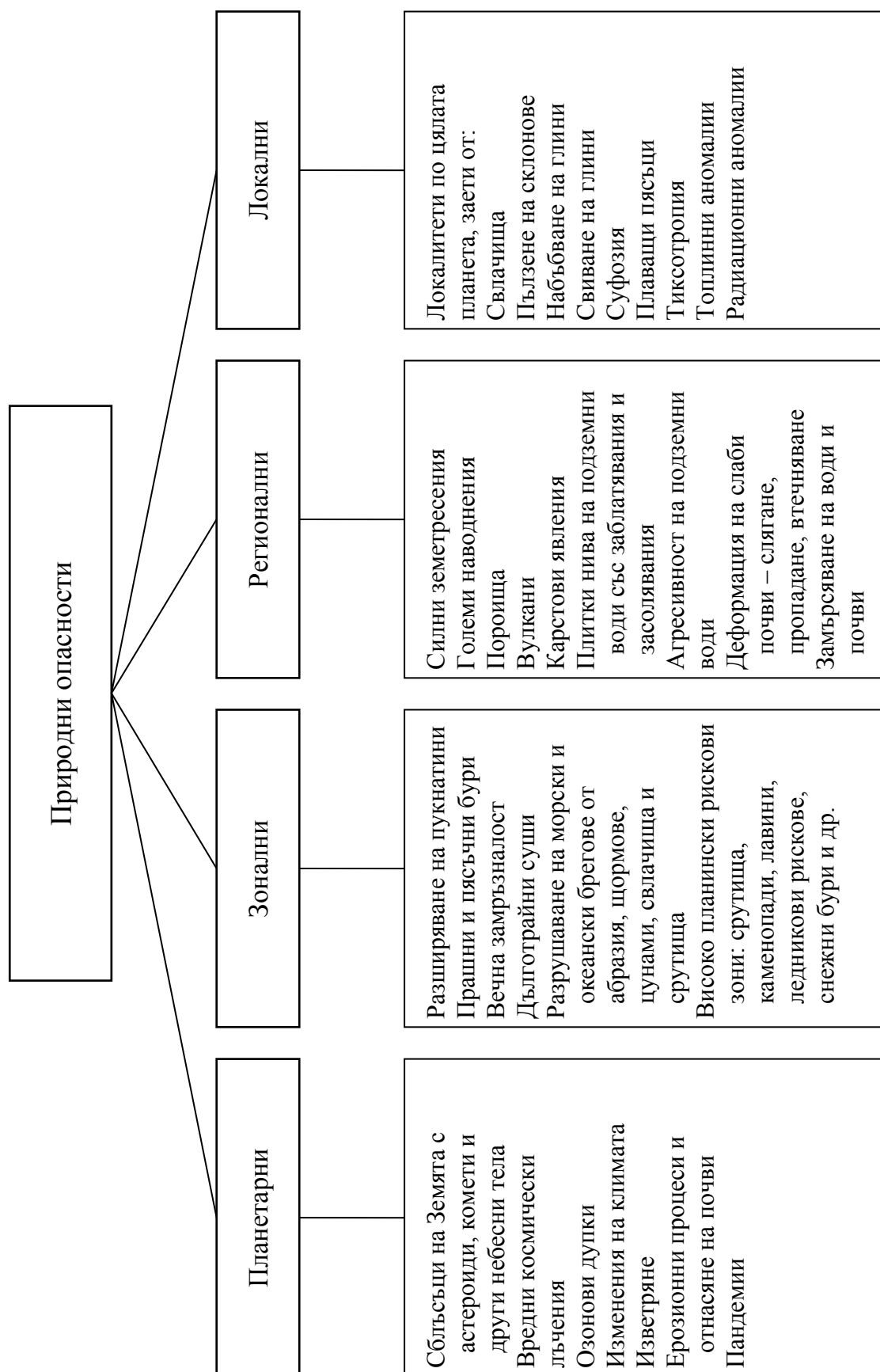
Проявата на разрушителните процеси в литосферата причинява човешки жертви, разрушения на сгради, съоръжения и исторически паметници, влошаване на условията в земната среда, намаляване на плодородието на почвите, предизвикване на неблагоприятни екологични изменения и др.



Фиг. 1.2. Подялба на природни катастрофални явления според средата, в която протичат

С развитието на съвременната урбанизация и нейните нарастващи изисквания към околната среда, в т.ч. и нейната земна компонента, все по-често се достига до конфликтни състояния между тях, пораждани от множеството разрушителни процеси, обозначаваани като геоложки опасности (фиг. 1.4). Някои от тях достигат до размерите на национални бедствия с всички произтичащи от това последствия. Такива са земетресенията, наводненията, поройните явления, свлачищата, за които има разработени нормативни уредби за противодействие, включително на европейско равнище.

Първото обобщение върху геоложките опасности на територията на България, придружено с тяхната идентификация, структура, пространствено разпределение и различни характеристики беше направено преди повече от 20 години (1994 г.). То завършва с пожеланието страната да се сдобие с оценки и карти на геоложкия риск в различни мащаби. Това се реализира с настоящия проект.



Фиг. 1.3. Подялба на природни опасности по обхват на засегнати територии



Фиг. 1.4. Структура и подялба на геоложките опасности

Съгласно заданието за него и разработената методика предмет на изследването е категоризацията на най-опасните геодинамични процеси и явления в България (фиг. 1.5).

Геоложки опасности	
Идентифициране	Характеристика
Активни разломи	Пространствена ориентация, дължина, геометрични характеристики, признаци и начин на изява – преки и косвени, категоризация по степен на активност, възможни каскадни процеси.
Ерозионно-абразионни процеси	
Ерозия	Видове ерозионни форми Степен на развитие Степен на активност Геоложка среда Релефни форми Фактори за активизация
Абразия	Интензивност Скорост на отместване на бреговата линия Геоложка среда Вид бряг: стръмен, полегат, равен Фактори за активизация
Гравитационни процеси	
Срутища	Честота: на единица площ, на единица дължина (долина, пролом), на единица време Максимални обеми Геоложка среда Релефна форма: склон, плато, бряг Обекти на въздействие Фактори за активизация
Свлачища	Геометрични характеристики: форма в план, дължина, широчина, дебелина, форма на хлъзгателната повърхнина Елементи на свлачището Геоложка среда Условия и фактори за възникване, в т.ч. повърхностни и подземни води Фактори за активизация
Кално-каменни порои	Водосборна област: форма, релеф и площ Геоложки строеж и видове скали Валежи: интензивност, количества Времетраене на явлението Други особености

Особени почви - разрушителни процеси и явления	
Пропадане на лъос	Географско положение (координати) Геоложки строеж на лъосовия масив: лъосови хоризонти с типове лъос, погребани почви, скална подложка Ниво на подземните води Релефна форма Процесът на пропадане: величина, скорост, времетраене Причини: натоварване, намокряне Последствия
Втечняване на слаби почви	Географско положение (координати) Релефна форма: котловина, низина, тераса Геоложки строеж и място на втечняващите се почви в него Ниво на подземните води Причини за втечняването: изкопни работи, динамични натоварвания Последствия
Набъбване на строителни почви	Географско положение (координати) Релефна форма Геоложки строеж: глинести пластове в млади геоложки формации, разломни зони с глинест пълнеж Причини - разтоварване, навлажняване Последствия

Фиг.1.5. Идентифициране на геоложките опасности и техните характеристики

Идентификацията определя видовете геоложки опасности и това е много важно, защото всяка от тях има свои особености и типични за нея въздействия и последствия за населението, материалните фондове и околната среда.

Значителна част от територията на страната се намира под сумарното влияние на набор от геоложки опасности и това създава сложни ситуации и причинява по-тежки последствия. Например силно земетресение предизвиква дълга поредица от вторични явления и деформации в засегнатата област: свлачища, срутища, провадания, втечнявания на водонаситените почви, плаващи пясъци, колебания на нивата на подземните води, загубване на съществуващи и поява на нови водоизточници, внезапни водопритоци в подземни пространства, наводняване на минни изработки, строителни изкопи и още много и различни поражения в околната среда. Всички те имат въздействия и последствия понякога съпоставими с тези на самото земетресение.

Друг пример от голямото разнообразие геоложки явления е капилярното покачване, невзрачно и безшумно, без внимание на медии и обществени кръгове, без белези на бедствено събитие, но широко разпространено в населените места из цялата страна, прави непригодни за използване на мазета, приземни етажи, сутерени и други части от застроени подземни пространства поради трайно навлажняване, поява на вода, мухъл, миризми и други неприятни явления.

Различните видове геоложки опасности се отличават по своята физическа същност и изследването и количественото определяне на техните характеристики е съществена част от веригата дейности, чието последно звено е избора и приложението на най-подходящите и ефективни превантивни мерки. Те се предхождат от етапи на научни изследвания, проучвателни работи, мониторингови наблюдения и измервания, оценки на резултатите и избор на мерките. Общи белези на характеристиките са географското местоположение на явлениято, геоложките условия и релефните форми, в които се проявяват.

Различията са във физическата същност, интензивностите, размерностите и защитните мерки.

Величините на геоложките рискове са сумарен резултат от различни конфигурации от природни, в това число геоложки условия и фактори, от техните промени във времето (например измененията на климата), от степента на развитие на обществото и неговата урбанизация, в т.ч. и числеността на населението. Съществено различни са били рисковете в ранните етапи на общественото развитие и в днешните модерни времена, когато са се появили мегаполиси, атомни централи и други обекти с високи изисквания към качествата на природните (геоложките) условия. Все по-често в природните дадености се установяват дефицити от необходими качества, които се налага да бъдат компенсирани по изкуствени начини. Това е една от задачите на инженерната геология.

Включването в проекта на споменатите геоложки опасности е целесъобразно и това се мотивира с тяхната значимост в състава на инженерногеоложките условия, при които се осъществява строителството, градоустройството, териториално-селищното устройство и изобщо урбанизацията на страната. Същевременно е целесъобразно да се отбележи, че има още значителен брой различни по своето естество геоложки опасности, също със заслужаващо внимание значимост и поради това те следва да бъдат предмет на разглеждане в следващи проекти. Например карстът, заемащ големи територии от страната, от една страна представлява национално богатство със своите релефни форми, пещери, подземни води, големи извори, археологически и исторически паметници и туристически обекти, а от друга носи рискове от срутища, свлачища, внезапни подземни водопритоци и други.

Само Преображенския манастир за едно столетие е разрушаван четири пъти от земетресение, свлачища и срутища. Голяма група рискови явления са свързани с подземните води и колебанията на техните нива: заблатявания, засоляване на почвите, внезапни водопритоци в минни изработки и строителни изкопи, наводняване и навлажняване на урбанизирани подземни пространства, агресивност на водите и споменатото широко разпространено в населените места капилярно покачване, което прави неизползваеми подземни пространства на много сгради и съоръжения.

2. Анализирание и оценяване на опасните екзодинамични геоложки процеси на територията на Република България. Научно обобщение на условията и факторите за тяхното проявление

Инженерногеоложкият опит на редица поколения специалисти инженер геолози, обобщен в Картата на геоложката опасност в България (Илиев ред., 1994), показва, че на територията на нашата страна са разпространени редица рискови геоложки процеси с внезапно действие или с периодични активизации, с непрекъснато действие и водещи до внезапни (рискови) явления. От това многообразие на разрушителни геоложки процеси, при съставянето на Методиката за оценка на геоложкия риск (2014) като най-опасни и широко разпространени у нас бяха определени следните екзодинамични геоложки процеси: ерозия, абразия, срутища, свлачища и кално-каменни порои, пропадане на льос, втечняване на слаби почви, набъбване на строителни почви. Подборът на изброените процеси се обосновава най-вече от тяхната геоложка природа и фактът, че проявата им е рискова и може да доведе до преки разрушения на земната среда, съпътствани от директни щети върху сгради, съоръжения, инфраструктура, комуникации и др., както и до човешки жертви в нередки случаи.

Анализът и оценката на опасните природни (в т.ч. и геоложки) процеси са необходими за достигане до правилни диагнози, като основа за определяне на ефективни и икономично обосновани мерки за противодействие и намаляване на рисковете и последствията от тях. В историята има изобилие от примери за успешни решения на тежки проблеми, за несполуки, за пропуснати възможности, а и от наличието на много неизвестности. От историческата ретроспекция произтичат много поуки, полезни при вземане на бъдещи решения. Решаващо важно е обстоятелството, че тяхната реализация е тясно свързана със степента на икономическо развитие на страната. Проблем на стратегическо мислене е при скъпоструващата геозащитна система, превес да се дава на по-достъпните превантивни мерки. За малки страни, със слаби икономики, силите едва стигат само за спасителните и неотложни аварийно-възстановителни работи при случили се природни бедствия. Освен повече финансови средства са необходими още нови обществени нагласи, модернизиране на нормативната уредба, привеждане в съответствие ранговете на институциите с тежестта на проблемите, които предстои да се решават.

Още в първите години след Освобождението прозорливи учени, държавни и политически дейци са анализирали и оценили опасностите за развитието на младата държава от множеството природни разрушителни процеси, достигащи и до бедствени размери, и преди всичко от земетресенията, наводненията, ерозията и др. Организиран са първите държавни институции – дирекции, отдели, служби със

задачата да изпълняват научни изследвания, проучвателни дейности, проектни, геозащитни и други функции с цел намаляване на рисковете, опазване живота и здравето на населението, редуциране на последствията върху населените места, инфраструктурата, материалните фондове, на икономиката и околната среда. През изминалото столетие са постигнати съществени резултати в противодействието на разрушителните геоложки процеси, намерени са творчески инженерни решения при укрепването и защитата на различни обекти. Задължителното прилагане на държавни нормативни документи осигуряват строителството срещу земетресения, свлачища, ерозия и други земни сили и процеси. Напоследък те се синхронизират с Еврокодовете по различни направления – Еврокод 7 за земни основи и свлачища, Еврокод 8 – за земетресения. Тази проблематика е актуална и на световно равнище, а редица случаи са решени само с международно сътрудничество.

Когато през епохата на Възраждането, строителното изкуство по българските земи достига своя апогей в творчеството на Кольо Фичето, забележителният майстор реализира идеите си да вгражда специални инструменти в някои от конструкциите си, за да се контролира тяхното и на земната основа състояние. Може да се каже, че това са първите наченки у нас на наблюдателните системи, които днес навсякъде по света се наричат с термина – „мониторинг”. Напр. на входа на черквата „Св. Троица” в гр. Свищов, построена на пропадъчна льосова основа, са монтирани знаменитите въртящи се колонки, чието завъртане е знак за добро състояние на системата сграда - земна основа. Опасенията на майстора се сбъдват, черквата търпи деформации, появяват се пукнатини и колонките престават да се въртят. Вранчанското земетресение през 1977 г. ѝ нанесе тежки поражения и тя трябваше да бъде построена отново.

Геозащитната система е обременена и от редица липси, неясноти, неуредици, които пречат и забавят развитието и прогреса. Ето някои от тях:

- Налице е образователният парадокс, че в следосвобожденското училище е съществувал предмет „Геология” с превъзходни учебници, а в съвременните модерни времена е изпаднал от учебните програми;
- Има разсейване на геозащитните дейности между министерства и ведомства поради това, че всяко отговаря за своите собственоности;
- Геозащитните съоръжения не се поддържан достатъчно. Определено време след построяването им те губят защитните си функции и престават да изпълняват предназначението си. Напр. задръстени дренажи се превръщат в баражи;
- Често не се знае кои са собствениците и чии са отговорностите.

2.1. Условия и фактори за проявление на опасните екзодинамични геоложки процеси

Още при първите обобщения върху регионалната инженерна геология на България става ясно, че на нашата територия е в действие огромен разрушителен механизъм в земното пространство. Този механизъм има сложна структура и е съставен от различни видове процеси, като обединяващият ги признак е отрицателното и разрушително въздействие върху населението, материалните фондове, културно-историческото наследство и околната среда.

Общи условия, от които зависи проявлението на тези опасни геоложки процеси:

- ✓ Мястото на нашите земи в Алпо-Хималайски ороген с много сложен строеж и с висока активност и на съвременните тектонски процеси. Това място предопределя една многолика геотектоника, създала на нашата територия многообразен морфотектонски строеж и релеф, чиито основни морфотектонски строежни елементи са Мизийската плоча, Балканидите, Рило-Родопският масив, Краищидите, Странджа и поредица от депресии, грабени и тераси;
- ✓ Наличие на сложен геоложки строеж на земите ни с честа смяна на структури и видове скали на земната повърхност и в дълбочина. Срещат се почти всички видове петроложки, литоложки и инженерногеоложки разновидности скали;
- ✓ Геомеханичните модели имат сложни структури, срещат се и в инверсни форми (по-здрави и твърди скали залягат върху по-слаби, пластични и рохкави), които предопределят процеси като бавно пълзене на склонове и активни свлачищни и срутищни проявления, както и неравномерни слягания на терените на повърхността;
- ✓ Наличие на големи водни граници – на север р. Дунав и на изток Черно море, около които са засебават съответни географски области. За тях са характерни и специфични геоложки опасности: за Дунавското крайбрежие интензивна ерозия на високите брегове и заливане и заблатяване на ниските тераси и за Черноморските високи брегове абразия, а за ниските – заливане и отлагане на наноси. В краен резултат долината на р. Дунав се отмества на юг, а Черноморската брегова линия на запад и така бавно и методично се съкращава територията на страната. Дълги участъци от тези брегове, особено изградените от млади седименти, са заети от активни свлачищни ивици с тежки последствия за населението, селищата, инфраструктурата и околната среда;

- ✓ Наличие на сложно разчленен релеф от дълбоко всечена речно-долинна мрежа, като 2/3 от територията на страната е заета от планински масиви. Сложно разчлененият релеф от дълбочино-овражната и долинно-речна мрежа, създава предпоставки за повърхностна и ровинна ерозия, за срутищни и свлачищни процеси и др.;
- ✓ В инженерногеоложките региони междупланинските котловини и низини и техните периферни участъци, издигащи се към ограждащите ги планини са топографски, и геоложки предопределени зони за развитие на всички гравитационни процеси както и засилена ерозия в делувиялно-пролувиалните шлейфове.

Анализът, направен в Методиката за оценка на геоложкия риск (Методика за оценка ..., 2014), дава приоритет на следните топографски и геоложки условия и фактори за развитието на потенциални свлачищни проявления.

- Стръмни склонове и откоси (крайморски и вътрешни водоеми).
 - Естествени склонове с наклон по-стръмен от 35° (голяма вероятност за бързи свличания).
 - Естествени склонове с наклон между 20° и 35° (възможни бързи свличания).
 - Стръмни склонове, подсечени от пътища или железопътни линии.
 - Стръмни склонове с влошени свойства поради дърводобив, горски пожари и др.
 - Големи в момента неактивни свлачища, подложени на покачване на подземните води, например поради селскостопански дейности.
 - изветрели гранитни и вулканични скали; изветрели седиментни скали (например мергели, пясъчниц, алевролити и др.).
 - Речните брегове подложени на наводнения и/или активна ерозия.
 - Стръмни естествени склонове в силно сеизмични региони.
 - Склонове изградени от силно чувствителни слаби почви (напр. склонни към протичане).
 - Когато е налице активно подсичане на склонове от реки или морето.
 - В сеизмично активни райони склонове от слабосвързани водонаситени почви, които са податливи на втечняване.
 - Големи подпорни стени, насипи и др.
 - Минни разработки, табани на рудници, сметища, хвостохранилища.
- ✓ Антропогенната дейност на човека, урбанизацията, строителството на тежки съоръжения с постоянно нарастващи изисквания към качествата на земната

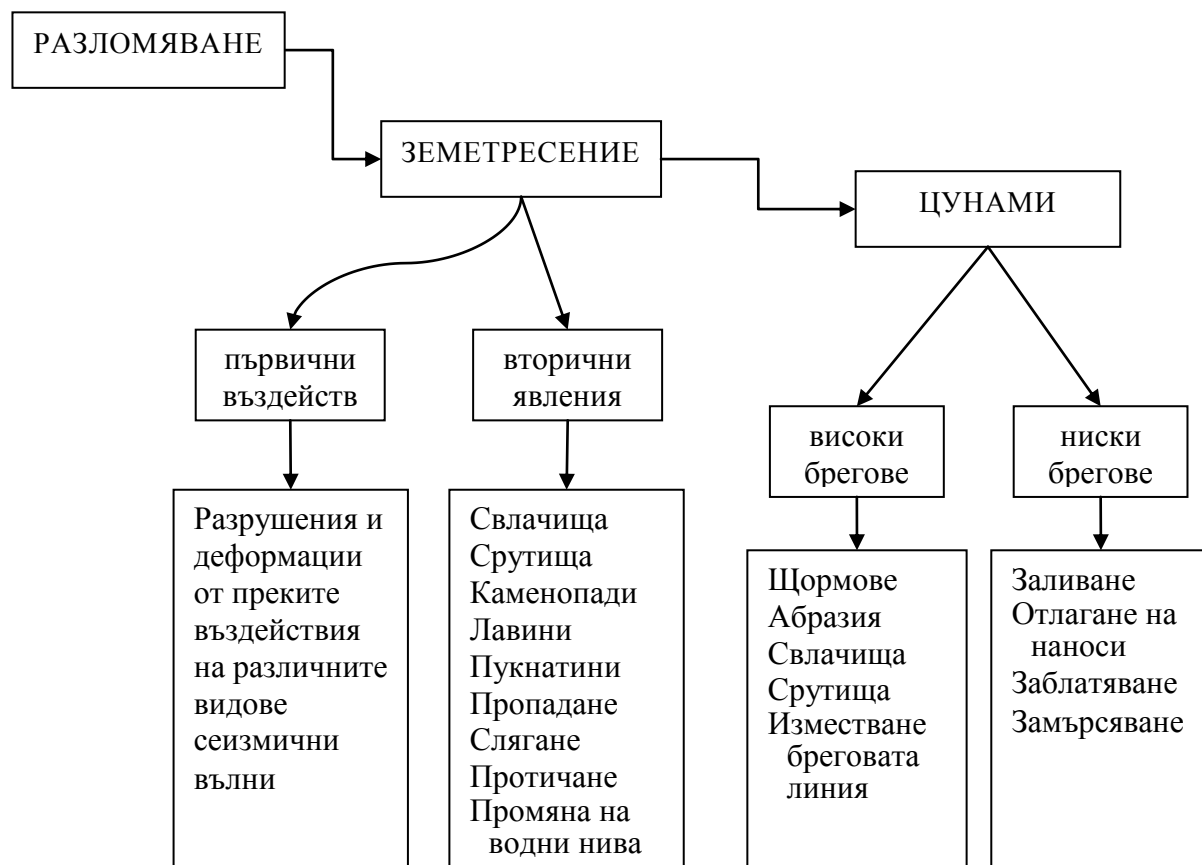
среда, преместването на големи обеми земни маси при изкопни и насипни работи, изменение и нарушение на естествения режим на повърхностни и подземни води, появата на големи количества отпадни продукти и пр. са източник на разнообразни рискове за човека и околната среда. Напр. големи бедствия и катастрофи възникват при разрушаване на язовири и хвостохранилища.

- ✓ Метеорологичните и хидрологични елементи имат пряко влияние върху редица опасни геоложки процеси и това изисква те също да бъдат анализирани, оценявани и включвани в мерките за геозащита. Климатът на страната ни, намираща се в средните географски ширини, е умерен, мек, 4 – сезонен, с многократно преминаване точката на замръзване и размръзване със съответните последствия от това за различни процеси. Влияние върху валежи, температури и други климатични елементи оказват надморските височини, близостта до водни басейни и други фактори. Метеорологията и хидрологията имат и собствени рискови явления, достигащи размерите на природни бедствия.

В последно време предмет на оживени дискусии са промени в климата, като различни аномалии наистина се наблюдават, но не е сигурно по какъв сценарий ще протече бъдещето им развитие. Науката категорично е доказала, че в минали геоложки епохи климатът е търпял сериозни промени и когато не е имало още човек и каквито и да е човешки дейности. Сега споровете са насочени главно към тяхната роля и значимост за климатичните промени в нашето съвремие и в бъдещето. Проява на прозорливост на днешните учени и ръководни дейци ще бъде да поставят начало на изследванията за установяване по какъв сценарий ще протичат климатичните промени, какви ще бъдат последствията от тях и какво ще е отражението им върху геоложките опасности при други валежи, температури, нови морски равнища, ерозионни базиси и други промени в цялата природа.

Между процесите, изграждащи структурата на геоложките опасности, съществуват зависимости и закономерности, които регулират тяхното проявление и време, място и интензивност и особено тяхната последователност. Тя се определя от наличието на природно-следствени връзки между явленията. Типична закономерност е и каскадното разположение на процесите, заемащи своето място в различни по-дълги или по-къси вериги (фиг. 2.1). Каскадните процеси с ендеогенно заложение – разломи и високомагнитудни земетресения, $M \geq 9$, обхващат големи площи от сушата и океаните, предизвикват цунами с височини над 10 м, и всички те, заедно с други членове на каскадата имат опустошителни последствия, особено за континентални и островни крайбрежия (фиг. 2.1). В последните години две такива събития в североизточната част на Индийския океан и Япония взеха стотици

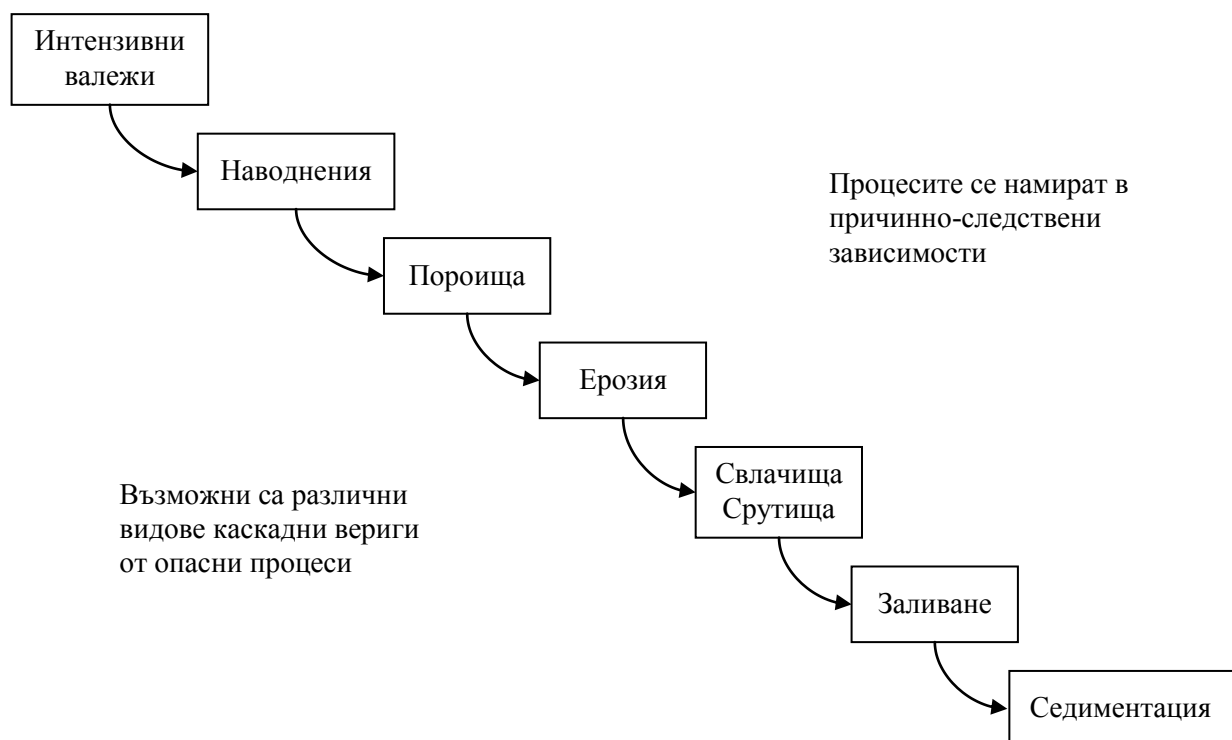
хиляди човешки жертви, причиниха трудно изчислими материални загуби и обществено напрежение, увредиха околната среда на обширни територии.



Фиг. 2.1. Каскадни схеми, причинени от ендегенни процеси.

Каскадите в обсега на екзогеодинамиката се намират по-назад в градацията по последствия, те обаче имат по-висока честота и за големи региони, континенти и планетата и са почти ежедневие (фиг. 2.2). Какви са дяловете на различните явления, вериги, каскади и пр. в сумарните загуби, ще се определи бъдещ нов клон за науката – икономика на геоложките опасности. Това ще бъде предмет на нов проект, който ще си заслужава усилията.

Трябва да се отбележи, че бързо протичащите процеси са от по-голямо значение, тъй като са по-непредвидими и носят по-голям риск за човешки загуби. Въпреки това процесите с бавни и много бавни движения също са от значение, тъй като те също могат да доведат до повреда на имущество.



Фиг. 2.2. Каскада от опасни екзогенни процеси

2.2. Разпространение на геоложките опасности на територията на България

❖ Активни разломи

Според дефинициите, залегнали в Методиката за оценка на геоложката опасност, разломът се дефинира като една или повече близко разположени пукнатини, по които е нарушена целостта на земната среда и е осъществено преместване на скалите от едната страна спрямо тези от другата страна. Активен разлом е разлом, по който движения се установяват и понастоящем или в един формулиран период от минало време. Повечето разломи са резултат на повтарящо се придвижване, което може да става чрез внезапни премествания (предизвикващи земетресения) или чрез бавно движение (плъзгане, плъзгане по разломната плоскост). В понятието активен разлом се влага твърде различен и понякога противоречив смисъл според целта на изследването.

Изследването и оценката на активността на разломите са продиктувани от факта, че те генерират земетресения, които представляват опасност за хората и инфраструктурата. Особено опасни за инфраструктурата са активните разломи, които предизвикват разломявания на земната повърхност. Това може да стане основно чрез генериране на силни земетресения, които имат енергията да доведат до активизиране на разлома до земната повърхност. В случаите на изява на земетресение натрупаната енергия се освобождава скокообразно. В други случаи

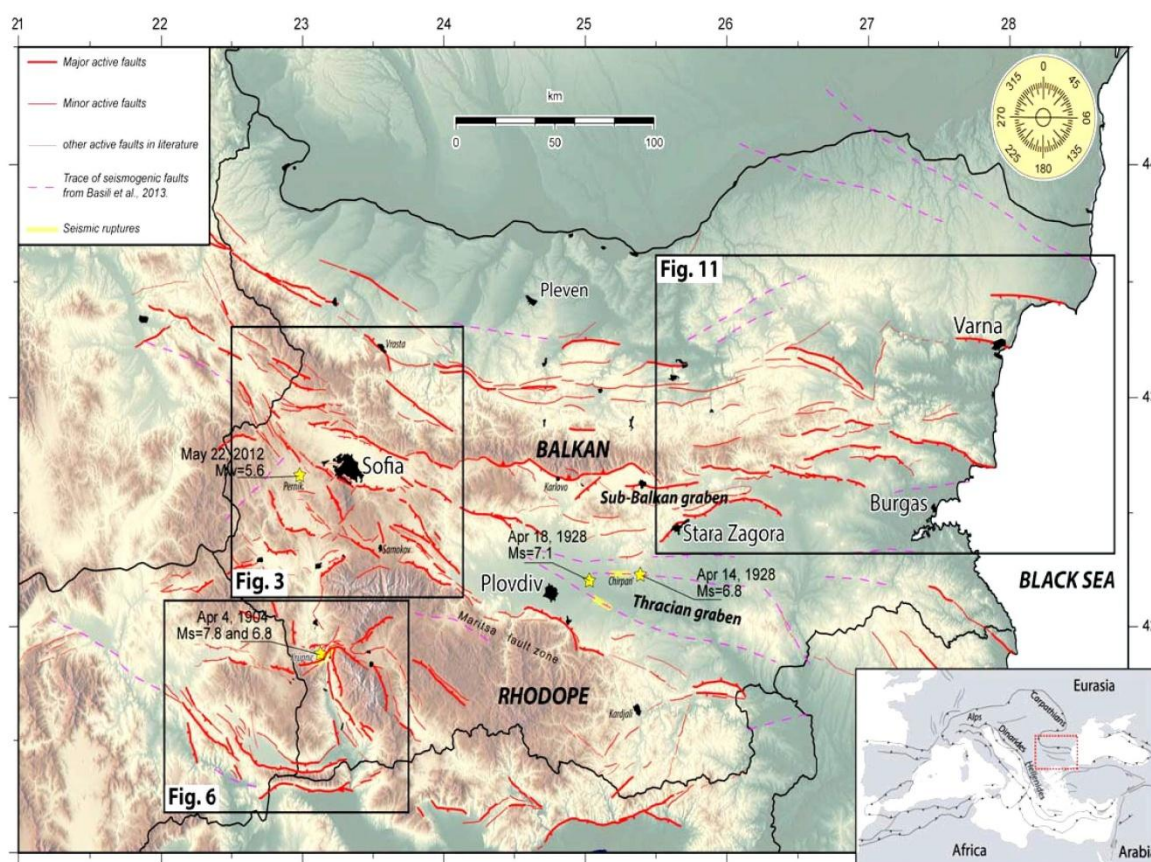
активните разломи не генерират земетресение, но причиняват деформация на земната повърхност, чрез бавно плъзгане по разломната плоскост. В този случай енергията се освобождава постепенно или скокообразно на малки интервали. Поради това не се натрупва постоянно енергия, която да бъде освободена рязко и да доведе до земетресение. Настоящата разработка разглежда риска, който активните разломи създават за инфраструктурата чрез разломяване на земната повърхност. Целта е, чрез локализиране на разлома или неговата следа на земната повърхност да бъде създадена буферна зона около него, където строителството и експлоатацията на инфраструктурни съоръжения да бъде контролирано с цел минимализиране на риска от проявата на повърхностно разломяване.

Исторически преглед. Изучаването на активните разломи е необходимо да се осъществява чрез тяхното методично установяване, картиране и изследване с комплексна методика. Без прилагането на последователно изучаване на разломите, получената откъслечна информация до голяма степен е условна и нееднозначна. За разлика от много други страни, където се провеждат системни дългогодишни геоложки програми за изследване на активните разломи, в България не са провеждани системни изследвания върху тях. Провежданите изследвания са правени основно чрез дистанционни методи и отделни наблюдения върху някои структури. Те се дължат основно на научния интерес на отделни групи изследователи или изследвания, свързани със сеизмичната опасност.

Опити за оценка на активността на разломите на територията на България са правени от различни български и чужди автори и колективи, по различно време и по различни критерии (напр. Matova et al., 1996; вж. преглед в Piccardi et al., 2013). Най-новият обобщен вариант предлагат Piccardi et al. (2013) (фиг. 2.3).

В много случаи това е ставало без дефиниране и използване на понятието „активен разлом.“ Активността на разломите е изследвана основно във връзка с оценка на сеизмичната опасност и сеизмичното райониране на страната, но така също и във връзка с геодинамиката. Сравняването на наличните материали показва доста голямо противоречие в оценката за активността на разломите и в тяхната категоризация по време на изява и възможност за активиране. Това се дължи на факта, че доказано активен е този разлом, който е генерирал сеизмично събитие, довело до разкъсване на земната повърхност. Нарушаването на земната повърхност може да става и чрез бавно плъзгане, което може да бъде предположено по косвени геоморфоложки данни или чрез апаратурни изследвания, които започват да се правят систематично и то само върху отделни структури едва след 70-години на 20-ти век чрез геодезични измервания (Milev, Vrablyanski, 1988) или поставяне на екстензометри (Dobrev, Kostak, 2000). Сеизмични данни за повърхностно

разломяване има само за събитията през 20-век – Крупнишкото земетресение от 1904 г., Пловдивското и Чирпанското земетресение през 1928 (Бончев, Бакалов, 1928), Горнооряховското земетресение през 1986 г. (Карагюлева и др., 1990), Пернишкото земетресение от 22 май 2012 г. (Radulov et al., 2012), както и едно неубедително твърдение за Радомирското земетресение от 1965 (Батанджиев и др., 1966). Съществуват исторически данни за силните земетресения в Софийско през 19-ти век (Григорова, Григоров, 1964), но те не могат да се обвържат с конкретна структура. Данните за слабата сеизмичност са много информативни за активността на разломи. Тук обаче има голяма условност поради трудността тя да бъде обвързана с определена структура и недостатъчно точното определяне на координатите на сеизмичните събития. В повечето случаи определянето на активността на разломите става основно по дистанционни методи и отделни наблюдения на терена, където могат да бъдат установени по геоложки и геоморфоложки критерии. В много случаи те показват активността на разлома, но не могат да дадат отговор за времето на неговата изява - кватернер, холоцен или историческо. Тези изследвания не могат да дадат и отговор за потенциала на тези разломи да генерират земетресения, които са способни да достигнат до земната повърхност и да я разломят.



Фиг. 2.3. Активни разломи на територията на България и съседните области

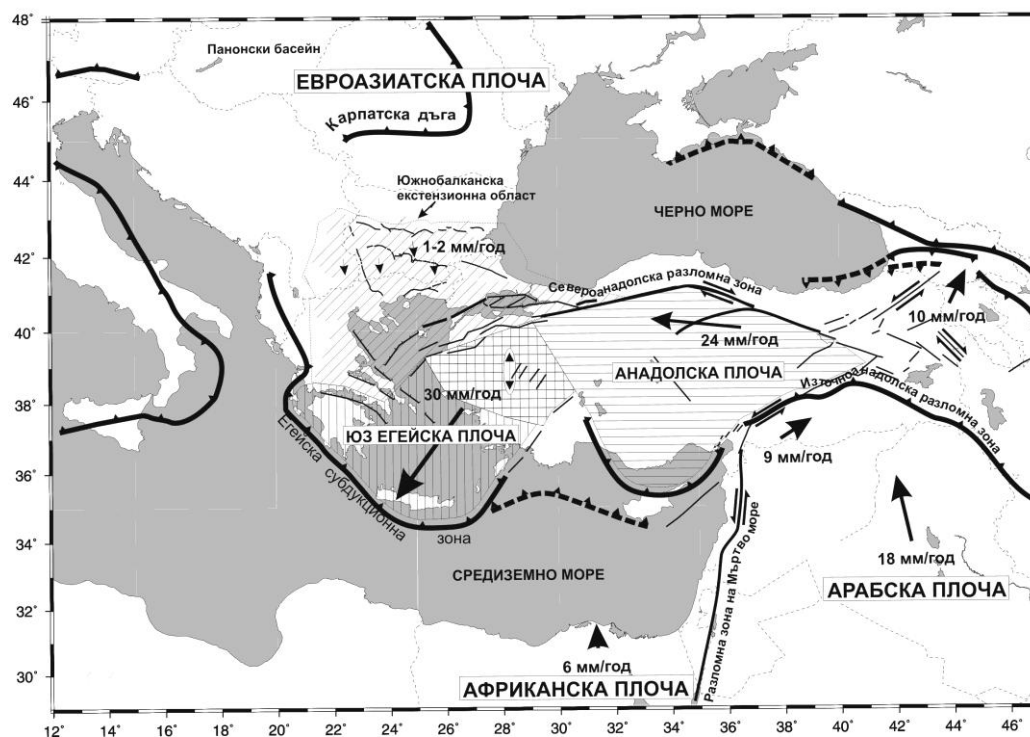
Основа за оценка на този потенциал е дължината на разлома, неговата сегментация, но и неговата конфигурация и взаимодействие с други разломи. Съществуват различни модели и формули за прогнозиране на възможния магнитуд, който даден разлом може да генерира. Те трябва да се приемат доста внимателно, защото твърде често са взаимно противоречиви и дори в противоречие с реално измерени магнитуди. Такъв пример са данните, отнасящи се до магнитуда на Крупнишкото земетресение от 4 април 1904 г. (Ranguelov et al., 2000).

Геодинамична обстановка за възникване на активните разломи на територията на България. Според приетата методика, определянето на геодинамичната обстановка е основа за дефиниране на активните разломи и възможността за периодичната им активизация. Геодинамичната обстановка се определя от неотектониката на региона.

Понятието неотектоника включва най-младите тектонски процеси, засягащи дадена територия. От такава гледна точка неотектониката е относително понятие по времеви обхват. Обикновено като критерий се приема, че неотектонските процеси имат пряко отношение към формирането на релефа. За различни територии те имат различен обхват. За пръв път неотектонският етап в развитието на Балканския полуостров (България) е ясно обособен от Яранов (Jaranoff, 1963). Според него, той започва след ранния миоцен (преди около 16 млн.год.). Като първи прояви на неотектонските движения той приема образуването на морски басейни върху Мизийската платформа (СЗ и СИ България) и последвалото образуване на континентални басейни в Южна България. Този тектонски етап той нарича „Егейска тектоника”. От съвременна гледна точка, базирайки се на съвременната хроностратиграфия и детайлизираната хроностратиграфия на седиментите от тези басейни, може да се конктертизира, че неотектонският етап в смисъла на Яранов е започнал преди около 16-10 млн. г. От модерна тектонска гледна точка издиганията и пропаданията на земната кора в Южна България, довели до образуването на релефа, са ясно свързани с екстензионните процеси в зад-дъговото пространство на Егейската субдукционна зона (фиг. 2.4).

В съвременен плейт-тектонски аспект територията на България принадлежи към южната окрайнина на Евроазиатската плоча. Геодинамиката на региона се определя основно от субдукцията на Африканската плоча в зоната на Егейската дъга и колизията на Арабската плоча с Евроазиатската (фиг. 2.4). Поради преобладаващия екстензионен характер на коровите движения този регион е дефиниран като “Егейски екстензионен режим” (Burchfiel et al., 2000). Той включва територията на Турция, Егейско море, Гърция, части от Албания, Бившата Югославска Република Македония и южна Сърбия. Основната част от територията

на България попада в неговата северна, гранична област, дефинирана като “Южно-балканска екстензионна система”. Северната граница на екстензията, макар и свързана със Задбалканската грабенова система, представлява една широка дифузна зона, като е възможно част от екстензията да прехвърля билото на Стара планина. Активната екстензия на територията на Южна България е основен фактор, който определя съвременната геодинамична обстановка и активността на разломите.



Фиг. 2.4. Мястото на България в съвременната геодинамика на Източното Средиземноморие (по McClusky et al., 2000; Коцев и др., 2000, с изменения). Черните стрелки са посоките на движение по GPS данни

Категоризирането на опасността от повърхностно разломяване в резултат на активни разломи е показано на табл. 2.1.

От особено значение за съвременната геодинамика е определянето на скоростите на хоризонталните премествания. За големи територии това става чрез изграждането на GPS (Global Positioning System) мрежи за геодинамични наблюдения. Данните от тях позволяват установяването на конкретни количествени стойности на съвременната деформация. Скоростите на хоризонталните движения на земната кора за територията на България по GPS данни (фиг. 2.4) не надминават 3-5 мм/год., като обикновено са от порядъка на 1-2 мм/год (Коцев и др., 2000; Nakov et al., 2005). Според получените данни някои станции не показват значими стойности. Имайки предвид много ниските стойности, това може да се дължи и на недостатъчно про-

дължителен период на наблюдения (Kotzev et al., 2001a; Nakov et al., 2005; Kotzev et al., 2006). Посоката на движение на станциите със значими стойности е основно насочена на юг-югоизток спрямо Евразия (Kotzev et al., 2001; Nakov et al., 2005; Kotzev et al., 2006). Това предизвиква екстензия в посока север-юг и образуването на съответни структури с посока изток-запад, например Софийския грабен, Горнотракийската грабенова система, Симитлийския грабен и др. Получените скорости за съвременната деформация на територията на България са изключително важни за тълкуване на механизма на деформацията и активността на разломната мрежа. Тези деформации са значително по-ниски от тези южно от Североанадолския разлом (фиг. 2.4).

Табл. 2.1. Характеристики на опасността от повърхностно разломяване в резултат на активни разломи

Описание	Точки
С вероятна активност в рамките на кватернера (около 1.65 млн.г.), с потенциал за повърхностно разломяване чрез земетресения или главно чрез бавно пълзене, но слаба вероятност за активизация.	1
С вероятна активност през холоцена (10 000 г.), разположени в сеизмични зони с потенциал да предизвикат повърхностно разломяване в резултат на земетресение или с потенциал за повърхностно разломяване чрез бавно пълзене.	2
Разломи, разположени в сеизмично активни зони с доказани проява на повърхностно разломяване по исторически данни, но липсваща обвързка с конкретна структура (разлом).	3
Доказано сеизмично активни през Холоцена (10 000 год.) с потенциал да предизвикат повърхностно разломяване или с потенциал за повърхностно разломяване чрез бавно пълзене.	4
Доказано сеизмично активни по исторически и инструментални данни с потенциал да предизвикват повърхностно разломяване.	5

1-много ниска, 2-ниска, 3-средна, 4-висока, 5-много висока опасност

❖ Ерозия

Нашата страна понася огромни загуби от действието на ерозионните процеси. Върху отделните отрасли на икономиката тези вредни последствия са от най-различен характер, форма и размери. Безспорно е, че най-голями щети понасят селското и горско стопанство. Тук ерозията ежегодно отнема от фонда на обработваемите земи хиляди декари ценни за селското стопанство земи.

Проблемът за предпазването на обработваемите земи от действието на ерозията е много важен за бъдещото развитие на нашето селско стопанство. Тук става въпрос за едно национално богатство, каквото е плодородието на почвата, което систематично се разрушава и безвъзвратно се отнася в реките и моретата и по този начин се руши основното средство за производство в селското стопанство - земята.

Ерозията в нашата страна е заела такива размери, че проблемът за борбата срещу нея представлява държавна и обществена необходимост. Известно е, че ерозията на почвата се дължи преди всичко на неурегулирането на естествените дъждовни и снежни води върху една или друга територия, в следствие на което на такава територия се създава не само неблагоприятен воден, въздушен, хранителен и топлинен режим, на почвата, но и във вредното механично действие на водата върху почвите. Като последица от това действие, обработваемите земи се лишават от почва, нарязват се от много бразди, ровини и оврази и стават негодни за селскостопанско използване. По данни от предварителни проучвания в нашата страна от водната ерозия не е засегната само 10% от територията на страната, която площ е равнинна и има наклон, по-малък от 1° (Станев, 1967). Върху останалата площ съществуват предпоставки за протичане на ерозивни процеси в една или друга степен вследствие на неправилна организация на територията, неправилна обработка, унищожаването на горската и тревна растителност и др. Проучванията в нашата страна показват, че всички обработваеми земи, наклонени над $1-1,5^\circ$ са подложени на почвена ерозия в различна степен. Обработваемите земи са разположени предимно в равнинната, хълмистата и полупланинската зони, те са и най-много засегнати от ерозията. По отношение степента на развитие на почвената ерозия са установени известни закономерности. Публикуваните данни от А. Биолчев и колектив показват, че най-силно е развита тази ерозия в хълмистите терени с надморска височина 200 до 600 м.

Най-много ерозираните земи има в Благоевградска, Търновска, Шуменска, Русенска, Софийска, Плевенска и Врачанска област.

Речната и овражната ерозия оказват значително влияние върху условията на строителство, като най-силно е проявена в района на Източните Родопи, левите склонове на долината на река Струма и оголените южни склонове на Стара планина.

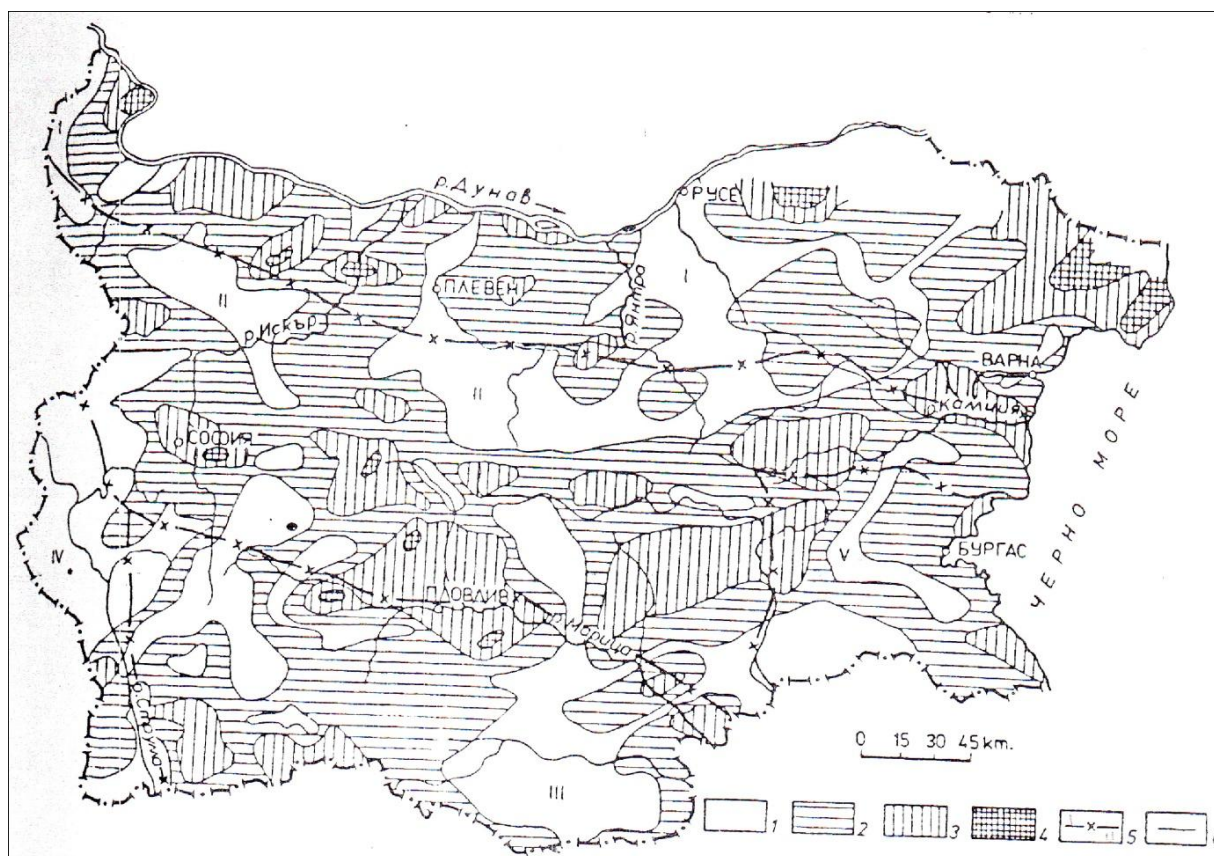
Активната ровинна и речна ерозия застрашава сигурността на изградени съоръжения - жп линии, пътища, канали, жилищни и други сгради. Тя допринася за бързото затлачване на водохранилища и водоеми. Особено катастрофално се отразява затлачването при малките язовири.

Усилената ерозия води до голямо насичане на релефа и с това усложнява неговата проходимост и намалява възможностите да се избират подходящи строителни площадки.

Интензитетът на ерозията и типът на ерозионните форми са в тясна зависимост от състава, степента на изветряне и напукаността на скалите (Каменов и Илиев, 1963). В лесно податливите на ерозия туфи, туфозни брекчи и пясъчници

в Източните Родопи се е формирала гъста мрежа от дълбоки оврази с остроъгълни напречни профили. Те правят терена извънредно трудно проходим. В долината на река Струма сред полуспоените плиоценски пясъци от ерозията са създадени дълбоки, със стръмни и много често вертикални откоси, дълги по няколко километра оврази. Те правят терена почти непроходим и извънредно неудобен за всякакъв вид строителство. Вследствие на ерозията често пъти се формират свлачища, които засягат пътища, плодородни земи и др.

В настоящия анализ сме приели подхода на Кехайов и Симеонова, които разделят ерозията на четири степени (фиг. 2.5). Обработваемите земи са разположени предимно в равнинната, хълмистата и полупланинската зони, те са и най-много засегнати от ерозията. Най-много ерозирани земи има в Благоевградска, Търновска, Шуменска, Русенска, Софийска, Плевенска и Врачанска област.



Фиг. 2.5. Карта на разпределение на величината на ерозионния метър в отделните инженерногеоложки региони в България (виж табл. 2.2.)

1) $<10 \cdot 10^3$ m/a. (много ниска степен на ерозия); 2) $10 \cdot 10^3$ - $50 \cdot 10^3$ m/a. (ниска степен на ерозия); 3) $50 \cdot 10^3$ - $100 \cdot 10^3$ m/a. (средна степен на ерозия); 4) $>100 \cdot 10^3$ m/a. (висока и много висока степен на ерозия); 5) граница на инженерногеоложки регион; 6) граница на инженерногеоложка област.

Табл. 2.2. Интензивност на ерозионната дейност в България

Инженерногеоложки регион		Площ	Величина на ерозионния метър			
			1	2	3	4
№		%	$<10 \cdot 10^3$ m/a	$10 \cdot 10^3 - 50 \cdot 10^3$ m/a	$50 \cdot 10^3 - 100 \cdot 10^3$ m/a	$>100 \cdot 10^3$ m/a
Мизийски	I	22	40.8%	20,4%	22,5%	16,3%
Балканиден	II	51	46.4%	25,5%	26,0%	2,1%
Рило-Родопски	III	13,6	50.0%	22,0%	16,7%	11,3%
Краищиден	IV	5,4	63.3%	21,7%	15,0%	-
Странджански	V	8	55.6%	22,2%	22,2%	-
За територията на България		100	47,4%	22,4%	23,5%	6,7%



Фиг. 2.6. Ерозия в Симитлийския грабен

В зависимост от особеностите на релефа най-засегнати и подложени на ерозия са стръмните предпланински и планински склонове на Стара планина, Средна гора, Източните Родопи, Беласица, Пирин, Огражден, Странджа и склоновете на планините в Югоизточна България.

Изследванията на много автори показват, че склоновете с южна компонента са подложени на ерозия много повече отколкото северните по-слабо огрети склонове. Южните склонове на нашите планини Витоша, Рила, Пирин, Стара планина, Средна гора и др. са винаги по-силно ерозирали от северните склонове. Геоложкия строеж на пластовете е също един от природните фактори, който оказва под-

чертано влияние на ерозионните процеси. Колкото основните скали са по-здрави, твърди и неизветрели, толкова по-трудно се подават на ерозия. Всички несвързани или слабо свързани скали, твърди скали разрушени от тектонски процеси и изветрели се ерозират по-интензивно. В това отношение в нашата страна съществуват благоприятни условия за развитието на този процес. Особено характерни в това отношение са лъсоът в Дунавската равнина и терасовите предпланински склонове на р. Струма, които имат слаба противоерозионна устойчивост.

Загубите, които причинява ерозията върху икономиката на страната, се изразяват в повърхностното измиване и отнасяне на плодородните почвени хоризонтални от наклонените обработваеми земи и щетите нанасяни от поройните водни течения. Разрушава се почвената структура и се влошават физическите свойства на почвата. Вследствие на това почвата губи своето плодородие и рязко се намалява добивът от селскостопанските култури. Като пряка последица от действието на ерозионните процеси имаме ежегодното и системно намаляване на дебелината на почвата. Често пъти само от един проливен валеж може да бъде измит почвен пласт от няколко сантиметра, за възстановяването на който са необходими стотици години при нормален почвообразователен процес.

В районите, подложени на ерозия, обработваемите земи са силно разпокъсани от дълбоки дерета, оврази, ровини, падини и др. Те събират и отвеждат бързо повърхностните дъждовни и снежни води и по този начин лишават от необходимата влага селскостопанските култури. Организацията на територията и особено проектирането и строителството на полската пътна мрежа в такива райони е доста сложно и често пъти свързано със значителни разходи за строителство на мостове, баражи, водостоци и др.

Щетите, които ерозията нанася върху земеделското стопанство, се състоят и в засипването на ценни обработваеми земи с голямо количество наноси и унищожаването на реколтата. Голяма част от водосборите на планинските водни течения в нашата страна са обезлесени. При проливни дъждове такива водни течения носят белезите на силно подчертан пороен характер, като водосборната област е подложена на активни ерозионни процеси и водите са натоварени с голямо количество наноси. От тези водни източници се пълнят голям брой малки и големи язовири, водоеми, езера и др. Съществува сериозна опасност от бързото затлачване на по-малките водоеми и от намаляване срока на използването на големите язовири. В областта на разливането си поройните водни течения нанасят големи щети на телекомуникационните средства, хидротехническите съоръжения, населените места, индустриалните и други стопански обекти (Биолчев, 1966).

Табл. 2.3. Категоризация на ерозионната опасност

Характеристика на ерозионната опасност	Степен	Точки
Много слабо изразена ерозионна дейност	Много ниска	1
Слабо изразена ерозионна дейност	Ниска	2
Средна степен на ерозионна дейност	Средна	3
Силно изразена ерозионна дейност	Висока	4
Интензивна ерозионна дейност	Много висока	5

❖ Абразия

Абразията представлява процес на механично разрушаване на коренните скали на брега и подводния брегови склон под действие на морските вълни и прибойния поток. В резултат на действието ѝ произтича преработка на профила на изходния слабонаклонен откос, който е зает от морските вълни. В скалите се оформя вълноприбойна ниша, над която се образува стръмна до вертикална стена – клиф. Пред подножието на отстъпващия клиф се формира обширна площадка със слаб наклон, наречена абразионна тераса или бенч. Изработката на профила на равновесие в хода на абразия е създаването на такава форма на повърхността на дъното, която най-пълно да обезпечава дисипацията на кинетичната енергия на вълните. Морските брегове се характеризират със своя абразионен коефициент: отношението на дължината на абразионния бряг към общата дължина на бреговата линия. За Българското Черноморско крайбрежие абразионният коефициент е 0,59. От 378 km дължина на бреговата линия, 226 km са подложени на активна абразия, а 152 km е дължината на плажовете и изградените хидротехнически съоръжения.

Процесът абразия е един от най-важните елементи, съставлящи геоложката опасност по Черноморското крайбрежие. Той засяга както брега, така и прибрежните части на шелфа. Според Симеонова (1988) абразията засяга приблизително 70% от дължината на бреговата зона. Силата и активността ѝ се определя от сложен комплекс природни фактори и условия. Това са вълновите фактори - сила и посока на морските вълни и течения; невълнови - изветряне, ерозия от повърхностни води, деформации на склоновете и оводняването им от подземни води. Значение за развитието на абразионни процеси имат също морфологията и литологията на брега и подводния склон и физикомеханичните свойства на скалите.

Абразионният процес е свързан с редица фактори, влияещи на неговата интензивност. Разрушаването на скалите се осъществява в резултат на хидродинамичното въздействие на вълните, които предизвикват пневматичен ефект на мигновена компресия и декомпресия на въздуха в порите и пукнатините на скалите. При висока скорост на движение на водата в граничния слой възниква кавитационен ефект, който създава високо налягане на повърхността на скалите. Допълнителен разрушителен ефект е абразивното действие на плаващите и влачени наноси от пясък и чакъл, които премествани от вълните и прибойния поток, непрекъснато удрят по клифа и бенча.

Морската абразия е от механичен (фиг. 2.7), биогенен и хемогенен тип. Доминиращо въздействие има механичният тип абразия. Тя е свързана с вълново-прибойната дейност на морето и крайбрежните течения. Особено голямо е влиянието на щормовете, които предизвикват бързи, временни или постоянни изменения на бреговата линия, свързани с подкопаване на стръмни брегове, изнасяне на плажни ивици или отлагане на пясъци.

Абразионни процеси преобладават по Добружанския и Странджанския бряг по продължение на 80% от дължината им, при с. Кранево, с. Равда и кв. Сарафово на Бургас, на север от н. Емине до р. Батова.



Фиг. 2.7. Механичен тип абразионен клиф при м. Иракли (сн. Н.Добрев, 2011 г.)

Биологичен тип абразия се наблюдава при с. Бяла, южно от Черни нос и др. Дължи се на растителността (морски водорасли), която се развива по дъното, близо до брега и с кореновата си система разязжда основните скали.

Хемогенният тип абразия е установен северно от н. Калиакра, при н. Бели нос и в някои участъци по Южното Черноморие (фиг. 2.8). Проявява се, когато вълновото действие е насочено към бряг, в чийто литоложки строеж участват карбонатни скали - варовици и мергели. Биологичната и хемогенната абразия се проявяват винаги заедно с механичната и имат второстепенна роля при формиране на морските клифове.

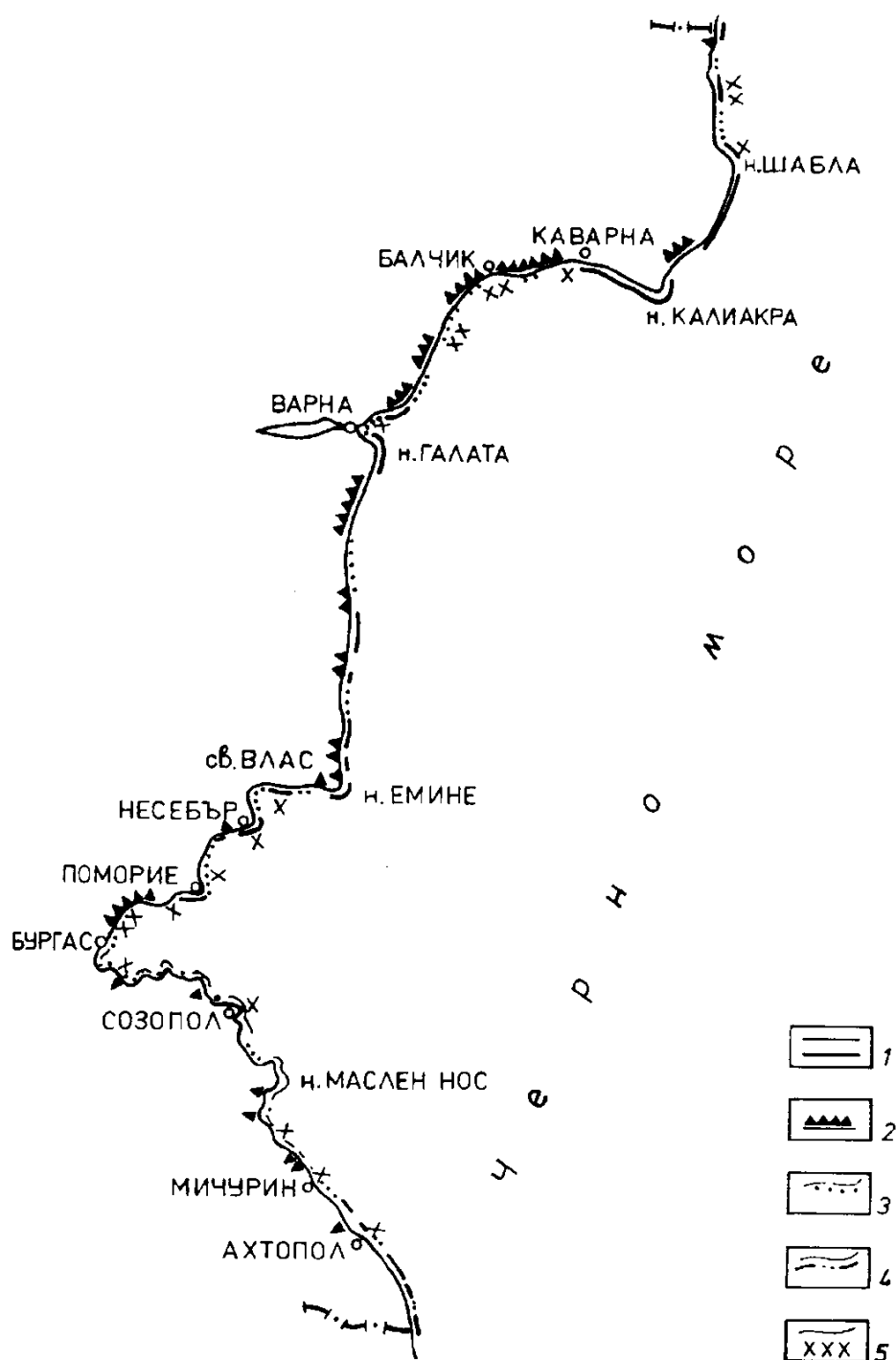


Фиг. 2.8. Хемогенен тип абразия при м. Яйлата (сн. Н.Добрев, 2012 г.)

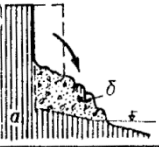
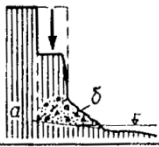
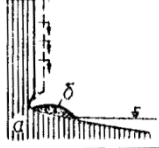
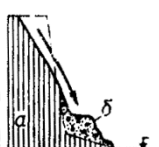
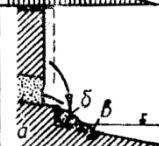
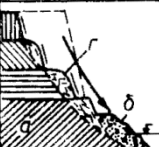
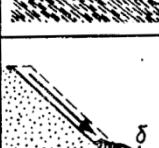
Най-важните условия за развитието на абразионния процес са геоложкият строеж и якостно-деформационните свойства на скалите. От значение са: вълновият режим, експозицията на брега, колебанията на морското ниво, количеството на наносите, наклонът на подводния брегови склон и височината на клифа.

По Черноморското крайбрежие са формирани осем типа клифове (Шуйский, Симеонова, 1982) (фиг. 2.9 и 2.10).

При инженерногеоложките изследвания на Черноморската брегова ивица зоните, засегнати от екзогеодинамичните процеси, се свързват с отделните морфоструктури, при което се обособяват две морфосистеми: абразионно-ерозионна и абразионно-акумулативна.



Фиг. 2.9. Схема на типовете брегове разпространени по Българското Черноморие (Симеонова, 1988): 1 – абразионни; 2 – абразионно-денудационни; 3 – акумулативни; 4 – абразионно-аккумулятивни; 5 – въздействие на техногенни фактори.

№ по ред	№ на типа абразионно клиф по Шуйский, 1972	Схема	Наименование	Фактори (процеси), формиращи типа клиф
1	I		абразионно-срутищно-сплейни	вълново действие
2	II			вълново действие
3	III			денудация (изветряне, ерозия) и слабо вълново действие
4	VI		абразионно-ерозионни	плоскостна ерозия и слабо вълново действие
5	VII		абразионно-суфозионни	вълново действие, суфозия, силно обводняване от подземните води
6	IV		абразионно-свличащи	вълново действие, свличания, обводняване от подземни води
7	V		абразионно-свличащо-срутищни	вълново действие, денудация
8	VIII		разрушен чрез свързан с абразионния клиф еднородни и неоднородни скални масиви	вълново действие

Фиг. 2.10. Типове абразионни клифове и схема на тяхното разрушаване (Шуйский, Симеонова, 1982)

Към абразионно-ерозионната система са привързани процесите: механична абразия, термоабразия, химическа абразия, ерозия на дъното от теченията, свличаща, обрушване, възникване на мътни потоци. Това са група процеси, свързана с гравитационно преместване на скални маси и възникването като краен резултат на „отрицателни” форми на релефа. Трите вида абразия протичат най-активно при хидродинамическо водно въздействие върху рохкави и слабо циментирани скални

типове. Осъществява се силно разрушително въздействие на „пневматичния ефект“ от мигновената компресия в декомпресия на въздуха в пукнатините и празнините на здрави (силно циментирани) седименти в кристалинни типове скали. В условия на големи скорости на движение на водните маси на граничния слой на такива скални типове е наблюдавана кавитация (Марински, 1981).

Инженерногеоложките условия на съответните абразионни брегове се характеризират освен по данни за наблюдаваните в тях участъци, така и по т.н. профил на участъка с дънния релеф и също с данни за приливно-отливните течения. Последните изпълняват голяма геологическа дейност. Тя се изразява в размиване и акумулация - участие в движението на наносите в бреговата зона.

Абразионно-аккумулятивната морфосистема се характеризира предимно с процесите: акумулация и движение на наноси, подводни свлачища и обрушвания, движение на суспензионни процеси, възникнали под действието на екзогенни фактори и др.

От досегашните изследвания по Българското Черноморие се установява, че абразионните процеси преобладават пред акумулационните и други процеси (Каменов и др., 1970; Попов, Мишев, 1974). Бреговете, изложени на абразионно въздействие са над 70 % от дължината на бреговата линия. Тези данни изискват детайлно изследване на бреговия профил с оглед неговата устойчивост срещу въздействието на вълнови и невълнови фактори, а също и с оглед участието на отделните му съставки в подхранването на съвременните плажови и дънни утайки, Установено е доминиращото влияние на вълновата абразия (пред химическата и биогенната) за нашето Черноморско крайбрежие.

В разнообразните прояви на абразионните процеси главно участие вземат формирането на клифове, ниши, пещери, абразионни мостове, моделирането на бенчови зони, нарушаването на устойчивостта на бреговия склон и др. Резултат на абразията са свлачищата и срутищата северно от н. Калиакра и н. Шабла, между гр. Каварна и р. Батова, при устието на р. Провадийска, южно от устието на р. Караагач и др. Тя моделира на дълбочина 2-3 m под съвременното ниво на морето плитководна тераса с ширина по-голяма от 150 m, която на места предпазва дъното и брега от по-интензивно вълново разрушаване.

Растителността (гъсти морски водорасли), която се развива при тези благоприятни условия по дъното и в непосредствена близост до брега, с кореновата си система разяжда основните скали (Петрова-Караджова, 1975). С това се създават условия за развитие на биогенен тип абразия, каквато е при с. Бяла, южно от н. Черния нос и др.

По време на щорм и при разбиването на морските вълни върху брега и бреговите понижения в различните пукнатини на клифа нахлуват под налягане пръски морска вода. Ако това специфично вълново действие е насочено към карбонатни седименти или към редуващи се по-здрави и по-слаби скали с карбонатни прослойки, с голяма скорост се развиват химически процеси на разтваряне на карбонатите. При това в напуканите и в окарстените варовити отложения се образуват кори, хралупи, ниши и останки на разтваряне. Така протича хомогенният тип абразия. Нейната проява е основно върху варовиците, мергелите и в другите варовити разновидности по северното Черноморие, но също така се среща и по южното. Биогенният и хомогенният тип абразия се развиват заедно с механическата абразия. Те имат второстепенна роля при формирането на абразионния клиф по нашето Черноморие.

Пример за различна скорост на развитие на механическа абразия и нейното взаимодействие със свлачищата, на контакта море-суша, които процеси усложняват инженерногеоложките условия, при отрицателно въздействие на техногенните фактори е Черноморската брегова зона между градовете Варна и Бургас. Тази част от крайбрежието се разделя на следните райони: Галата-Камчийски, Емински, Несебърски, Сарафовски, съответстващи на тектонския строеж, петрографския състав на скалите и протичащите в тях процеси. Бреговата линия, ориентирана приблизително в направление север-юг, пресича напречно преходната зона, Балканидните структури със запад-източна ориентация на дългите им оси и Бургаското понижение в Средногорската зона. За доминиращата роля на абразионното и свлачищно въздействие влияние оказват геоложкия строеж на крайбрежния склон, в който участвуват горнокредни палеогенски и неогенски седименти, кватернерни отложения (със значителна дебелина), запълващи долината на р. Камчия и части от Бургаското понижение. Високият в северната част бряг е моделиран в Моминското плато и в Старопланински антиклинални и синклинални структури с преобладаващо североизточно западане на пластовете, което дава отражение върху типа на склоновите деформации. Ниският на юг бряг пресича Бургаското понижение, изградено от хоризонталните пластовете на терциерни и кватернерни седименти.

Установява се интензивно влияние на абразията в Галата-Камчийския район, където преобладават носови участъци, изградени от податливи на абразия изветрели пясъчници и карбонатни седименти и особено свлачищата с величина на придвижване до 9 m/a. Активизирането на екзогеодинамичните процеси, в това число и на абразията в останалите райони и брегови участъци, например при гр. Несебър, Поморие, къмпинг Европа и др., е причинено и от техногенни фактори.

В Галата-Камчийския район съвременните свлачища онаследяват възникналите през различни периоди на квартернера, на фона на благоприятния морфоструктурен и геоложки строеж и влиянието на повърхностни и подземни води, различни по площен и дълбочинен обхват свлачища. Те обхващат 46 % от дължината на склона. Свлачищните процеси са се активизирали многократно и при различни нива на морето, в резултат на което са се формирали етажно разположени свлачища. Някои от тях са консистентни. Значителни по обхват са и древните свлачища в прибрежните долинни склонове на р. Камчия, формирани при нейното дълбоко ерозионно врязване през плейстоцена.

В Еминския район североизточното западане и значителният наклон на сенонските и еоценски флишки седименти предопределят възникването на консеквентни свлачища, с бързо развитие на процеса и значително разрушаване на свлачищните пакети в основата на склона. Няколко от свлачищата имат значителни размери. На места са проявени и консистентни свличания, като някои от тях са достигнали състояние на консистентни потоци. Западно от нос Емине, поради западането на пластовете към склона, деформациите са по-редки и имат повече облика на срутища.

В Несебърския и Сарафовски райони се отделят два типа участъци: със стръмен бряг, с проявени абразионни и свлачищни процеси и ниски брегове, с акумулативни процеси за развитие на плажови ивици. Последните са природни модели на свлачищно-седиментационни процеси и натрупване, особено в Сарафовските акумулативни форми, на тежките минерали. При това измененията на съдържанията на тежката фракция и на видовия състав на отделните тежки минерали, в границите на бреговия профил отразяват високата динамична активност на свлачищната брегова зона, обусловена от свлачищните и абразионни процеси.

По-малките, но с разрушителен ефект върху сгради и съоръжения свлачища при к.к. Св. Влас, гр. Равда и гр. Несебър, са пример за активизиране развитието на свлачищния процес от техногенни фактори - допълнително оводняване на склоновите масиви и свлачищни маси поради неизправност във водопроводни и канализационни мрежи, неправилно изземване на пясък от плажови ивици и от косата на Атанасовското езеро.

Освен Сарафовската и Балчишката брегова зона служи като интересен пример за проява на процесите: интензивно изветряне на отложенията на долната, средна и горносарматската литоложка задруги с отражение върху развитието на линейната странична и повърхностна ерозия и на абразионната дейност. Тези

процеси взаимодействат със свлачищата по надводните и подводни части на бреговата зона (Каменов и др., 1969).

С промените в ерозионния базис е свързан интензитетът на линейната ерозия. Това е особено отчетливо и в долините на Черноморските притоци. За морския брегови склон обикновено, са характерни линейно-ерозионни форми от II и III стадий, с активизирано действие и по-рядко форми с ерозионно врязване в плажбенчовата зона, независимо от информацията за чувствителните колебания на този базис през кватернера. Пониженията му са съпътствани от разрастването на дълбочинната ерозия, в резултат на което се увеличава стръмнината на склоновете. Това улеснява възникването, в миналото, и понастоящем на долинни свлачища с посока на движение към руслото на доловете. По този начин ерозията съдейства за намаляване устойчивостта на склоновете.

От 1983 г. Институтът по океанология при БАН измерва скоростта на абразия в 112 полигона с обща дължина 7,8 km по методика, предложена от Пърличев (1986). Общата маса на абрадирания материал, който се изнася на подводния брегови склон, се оценява на 467 100 t/a. (табл. 2.4).

През последните десетилетия абразионният процес се активизира поради повишаване на морското ниво със скорост 1,5 mm/y в резултат на глобалното затопляне на климата и четирикратното намаляване на подхранването на плажовете с наноси, поради строителството на хидротехнически съоръжения на язовири по черноморските реки както и намаляването на запасите от черна мида, която е в основата на биогенната седиментация по Българското Черноморско крайбрежие.

За картографиране на процеса на абразия са използвани данни от следните източници: Симеонова (1988), Симеонова и Тимов (1969, 1972), Шуйский и Симеонова (1982), Stanchev et al. (2013), ортоизображения с висока резолюция и топографски карти в мащаб 1:5 000 (осигурени от МРРБ), и геоложки карти в мащаб 1:100 000. Сканираните карти са геореферирани и ректифицирани в ГИС среда. При оцифроването на ортоизображенията за абразионните участъци от бреговата линия, височината на клифа е определена чрез контура на препокриващата топографска карта. При оценката на абразионната опасност е взета под внимание скоростта на абразия, която в най-голяма степен зависи от петрографския състав и якостно-деформационните свойства на скалите.

Таблица 2.4. Абрадиран материал от Българското Черноморско крайбрежие (Пейчев, Димитров, 2012; Пейчев, 2014)

№	Абразионен участък	Дължина, km	Средна скорост на абразия m/year	Абрадирана площ, m ² /year	Абрадиран обем, m ³ /year	Абрадирана маса, x1000 t/year
1	Н. Сиврибурун – н. Шабла	12,0	0,30	3600	39960	57,9
2	Н. Шабла – н. Калиакра	25,8	0,05	1290	22446	56,6
3	Н. Калиакра – гр. Каварна	11,0	0,05	550	9460	23,8
4	Гр. Каварна – КК “Албена”	14,3	0,16	2288	38210	76,4
5	КК “Албена” – н. Св. Георги	6,6	0,13	858	5663	11,0
6	Н. Св. Георги – н. Галата	3,5	0,20	700	11760	24,2
7	Н. Галата – н. Емине	29,2	0,16	4672	66342	136,7
8	Н. Емине – гр. Несебър	12,8	0,07	896	15411	25,0
9	Гр. Несебър – гр. Поморие	7,7	0,09	693	5772	12,1
10	Гр. Поморие – н. Форос	4,5	0,22	990	7821	12,6
11	Н. Форос – р. Резовска	99,0	0,01	990	10989	30,8
Общо		226,4	0,08	17527	235834	467,1

По този начин е съставена прогностична карта на абразионната опасност. На основата на тази карта, Българското крайбрежие се класифицира по геоложки строеж и височина на клифа по следния начин (табл. 2.5):

Табл. 2.5. Категоризация на брега по податливост към абразия

Характеристика на брега	Степен	Точки
Магмени скали (латити и др.); наличие на ефективни противоабразионни съоръжения; пристанищни съоръжения	Много ниска	1
↓	Ниска	2
Варовици, мергели, флиш, изветрели скали	Средна	3
↓	Висока	4
Лъос, слабоспоени неогенски седименти	Много висока	5

а) с много ниска степен на риск: брегови клифови участъци, изградени от вулкански скали (калиево-алкални трахити, латити, псамофитни и псефитни туфи, тефроиден (пирокластичен) флиш, вулканити, андезитобазалти, базалти), които се разкриват по най-южния бряг между носовете Форос и Резово – дава се 1 т. ;

б) със средна степен на риск: брегови клифови участъци, изградени от варовици, глини, глинести мергели, пясъци и пясъчници. Такъв е регионът между носовете Шабла и Форос в средната част на крайбрежието – дават се 3 т.;

в) с много висока степен на риск: брегови льосови и глинести типове клифове, където брегът е изграден от льосови отложения, покриващи горносарматски варовици (между носовете Сиврибурун и Шабла, в най-северната част на крайбрежието) и от глини, пясъчливи глини и алевролити, разкриващи се в района на Бургаския залив (средна и южна част на крайбрежието) – дават се 5 т.

Класификационната скала приема и 2 междинни степени – с ниска (2 т.) и с висока (4 т.) степен.

❖ Срутища

Срутищата представляват внезапно откъсване, падане, претъркаляне и отлагане на големи скални късове или блокове в основата на склонове или скални откоси под действието на силите на тежестта. След откъсването (отделянето) си от масива, скалният къс пада, подскача, търкаля се или се плъзга по повърхността на склона. Отделянето на блокове става по пукнатинни системи, разломни зони, зони на разтоварване на масив или по пласторед. Съгласно световната класификация на гравитационните процеси Varnes (1978) и приетата Методика за оценка на геоложкия риск (2014), тези опасни явления се разделят на скално "преобръщане" и скално "срутване", като все още се описват с общото понятие „срутища“.

При срутването (rock fall) механизмът на откъсване от скалния откос е в пряка зависимост от тежестта на скалния блок, механичното изветряне и наличието на пукнатинни води. Основните действащи сили са тези на опън. При другия основен вид скална деформация – скалното преобръщане (rock toppling), скалният блок се завърта в посока към въздушната страна на откоса и се преобръща. Последният тип скална деформация е характерен за вертикалните откоси по платата.

Срутищата се проявяват предимно в планински райони по стръмни до отвесни склонове, изградени от здрави, но напукани скални разновидности. Размерите им се обуславят от наклона и височината на склоновете и напукаността на масивите. Малките срутища са по-често срещани и имат по-малки последствия. При големите срутища значителната по обем скална маса с внезапното си

раздвижване може да нанесе големи щети и разрушения. В някои случаи срутищният материал се отклонява или „обтича“ срещани препятствия.

Причини за възникването на срутищата са:

- увеличаване на наклона на склона/височината на откоса поради ерозия в основата или абразия (фиг. 2.11);
- отслабване на якостта на скалите при изветрителни процеси (вкл. и периоди на замръзване и размразяване на масива), от водонасищане по време на валежи или от подземни води;
- при сеизмични въздействия (фиг. 2.12);
- поради строителната дейност на човека (например взривни работи, подкопаване и др.).

Подходящи условия за възникване на срутища са скални склонове, засегнати от разломи, с наличие на наклонени пластове, затъващи по посока на склона, периферните зони на плата, а така също високи каньоновидни или тесни речни проломи. Размерите на обрушените скални блокове в голяма степен се определят от напукаността на скалите, степента на изветрянето и тектонската им преработка (Сергеев, ред., 1982). В гранити, гнайси и здрави пясъчници скалните призми достигат до 3-5 m в диаметър, в алевролитите - до 1-1,5 m.



Фиг. 2.11. Срутище при нос Калиакра, 2013 г.



Фиг. 2.12. Обрушване на скални блокове при входа на скалната църква „Св. Св. Константин и Елена“ след земетресението при с. Камен бряг на 05.08.2009 г., $M_s = 5.0$ (сн. К. Костов, публ. в Dobrev et al., 2014)

Малки срутища с обем до 500 m^3 се срещат сравнително често в Западна Стара планина и високопланинската част на Рило-Родопския регион (Каменов, Илиев, 1963). Активизират се обикновено през дъждовни периоди. В същите райони се срещат и по-големи по обем срутища и тяхното възникване се обуславя от по-силни земетресения. В редица случаи инверсният геоложки строеж, състоящ се от горен крехък пласт с дебелина до 30-40 m, залягащ върху по-деформируема подложка от глини или мергели, обуславя проявата на срутищни процеси в горната част на склона и свлачищни – в долната. Обрушеният материал се омесва със свлачищния делапсий, увеличава активните сили в склона и след време активизира свлачищния процес. Характерен е примерът със срутището от 06.07.1991 г., което разруши част от Преображенския манастир (Илиев и др., 1992). Подобни процеси са проявени по периферните зони на платата в Североизточна България, включително по Черноморското крайбрежие и Източните Родопи. Опасността от срутищата се изразява главно в две направления – като пряка заплаха за изградени сгради, пътища и др. съоръжения и като възможност от преграждане на речни долини и образуване на езера, които при прорив могат да залееят долината.

Борбата със срутищата е трудна и се изразява в разчистване на падналия материал, обрушване на разхлабени блокове по склона или тяхното закрепване чрез анкериране или циментация. За предпазване на съществуващи съоръжения се практикува изграждането на улавящи подпорни стени, мрежи и др.

Оценката за срутищната активност или за опасността от възникване на тези процеси (срутване и преобръщане) обикновено се взема по време на полево изследване, когато на място се установява наличието на падналите скални блокове от масива и зоната на обрушване. При оценката на опасност от срутищни явления се приема, че местата, където има проявени срутвания, могат да бъдат рискови и в бъдеще. По време на полевите изследвания трябва да се установи и изясни следната информация:

- Местоположение на падналите късове от масива
- Зона на обрушване
- Максимална отдалеченост на падналите късове от откоса (ъгъл на сянката)
- Честота на обрушване
- Време на годината, когато активността е най-висока
- Размери и количество на падналите късове по време на обрушване
- Физически характеристики на обрушения материал
- Условия и фактори за срутищните проявления
- Налични данни за инциденти, свързани със срутищната активност

Падналият скален материал се натрупва надолу по склона, образувайки по този начин сипеи.

В практиката опасността от срутища също така се разделя на два вида съгласно техния произход:

- Деформации, възникващи по скални откоси
- Единични скални късове, разположени по склон (Japan Road Society, 2000)

При оценката на срутищната опасност са оценени скалните откоси, зоните на транспорт и акумулация на падналите скални блокове (Wieczorek et al., 1999). Дадени са 2 стойности за срутищната опасност в зависимост от данните, с които разполагаме за честотата на проявленията, потенциалните обеми на обрушените маси и качеството на скалния масив по показателя RMR (Bieniawski 1989), а също така и други характеристики на скалния масив (Japan Road Society, 2000). Използваните при оценката стойности на срутищната опасност са показани в таблица 2.6.

Табл. 2.6. Категоризация на скалния откос и подножието му по срутищна опасност

Характеристика на скалния откос и подножието му	Степен	Точки
Наличие на следи от стари обрушвания по склона без следи от съвременна дейност; възможни срутищни явления с обем под 10 m^3 по време на екстремни ситуации от природен или техногенен произход	Много ниска	1
Наличие на следи от стари обрушвания по склона без следи от съвременна дейност; възможни срутищни явления с обем над 10 m^3 по време на екстремни ситуации от природен или техногенен произход	Ниска	2
Ниска честота на проявление и/или възможни обеми на обрушени маси под 10 m^3 и/или $\text{RMR}=40-60$	Средна	3
Средна честота на проявление и/или възможни обеми на обрушени маси около 10 m^3 и/или $\text{RMR}=20-40$	Висока	4
Висока честота на проявление и/или възможни обеми на обрушени маси над 10 m^3 и/или $\text{RMR}<20$	Много висока	5

❖ Свлачища

Свлачищата са световен проблем и България не стои встрани от него. Това проличава от честите съобщения на информационните агенции за катастрофални събития в различни страни от различни части на света и различни географски ширини.

Проявените през последните години свлачища по Черноморското крайбрежие и други части на България и тежките последствия от тях, основателно предизвикват тревога и загриженост в цялата общественост в страната. Освен големите материални загуби се причиняват и човешки жертви (Варна 2014 г.). Тези бедствия за пореден път потвърждават отдавна установената истина, че територията на България е с висока степен на свлачищна опасност. В национален мащаб свлачищата засягат или застрашават над 2 300 сгради, над 20 000 m пътища в населените места и над 19 000 dka площ (Върбанов и др., 1999, 2006).

Съставянето на карти на свлачищата е една от основните дейности в общия спектър на геоложката опасност и геоложкия риск. В България картирането на свлачищата има своя история и положителни резултати. Най-напред се появяват едромасабни схеми и карти на малки територии (Манафов, 1902; Берегов, 1941; Ланджев, 1946; Вълев, 1959; Каменов и Демирев, 1965 и др.).

Един етап в картирането на свлачищата и прякото му приложение в строителството е инженерногеоложкото райониране на Варненското крайбрежие за планирането и строителството на курортните комплекси от Каменов и Демирев през 50-те години на 20 в. На тях историята е отредила място на основоположници на системното изследване на свлачищата в България. Ценни резултати са получени

в Геологическия институт на БАН, ЦЛВГ, МГУ, УАСГ, НИСИ, Минпроект, НИПРОРУДА. Над 300 публикации са посветени на свлачищата. В много от тях са приведени карти и схеми.

През всичките тези години и до сега ценни резултати бяха получени от колективите инженергеолози в Геологическия институт на БАН. Всичко направено досега заслужава положителна оценка. Резултатите са използвани за научни и приложни цели, решаване на важни за страната задачи (разработване на програми, проекти, нормативни документи, реализация на укрепителни дейности на много обекти).

Като гравитационни процеси, свлачищата са свързани с придвижване на земни маси по различно дълбоки повърхнини. Проявяват се в наклонени терени - речнодолинни склонове, морски брегове, хълмисти земи, периферии на плата, предпланински и планински възвишения. Такива у нас са Северното Черноморско крайбрежие, високият Дунавски бряг и десните склонове на притоците му, Предбалкана, проломните участъци на реките Искър, Камчия, поречията на р. Струма, Места, Въча, Арда, Чепеларска, крайнините на котловините в Южна България. Голяма част от населените места, вилните зони и курортните комплекси в силно урбанизираните територии са разположени върху склонове с проявени или потенциални свлачища.

Свлачищата са един от основните елементи, формиращи геоложката опасност в България. Те са широко, но неравномерно проявени на нейната територията. Срещат се всички известни и описани в литературата типове и видове свлачища по международно приетата класификация на Varnes (1978) по механизъм на движение и на UNESCO-WPWL (1993) по степен на активност - древни и съвременни, активни, временно стабилизирани и затихнали, големи, средни и малки по площ и дълбочинен обхват, катастрофални, бързи и бавни, блокови, пакетни и консистентни, в глинести и кристалинни скали. Този пъстър набор от различни по механизъм, размери и скорост на проявление свлачища в най-голяма степен се определя от разнообразния геолого-тектонски строеж на територията, разчленения релеф, подземните води и физико-механичните свойства на различните литоложки разновидности.

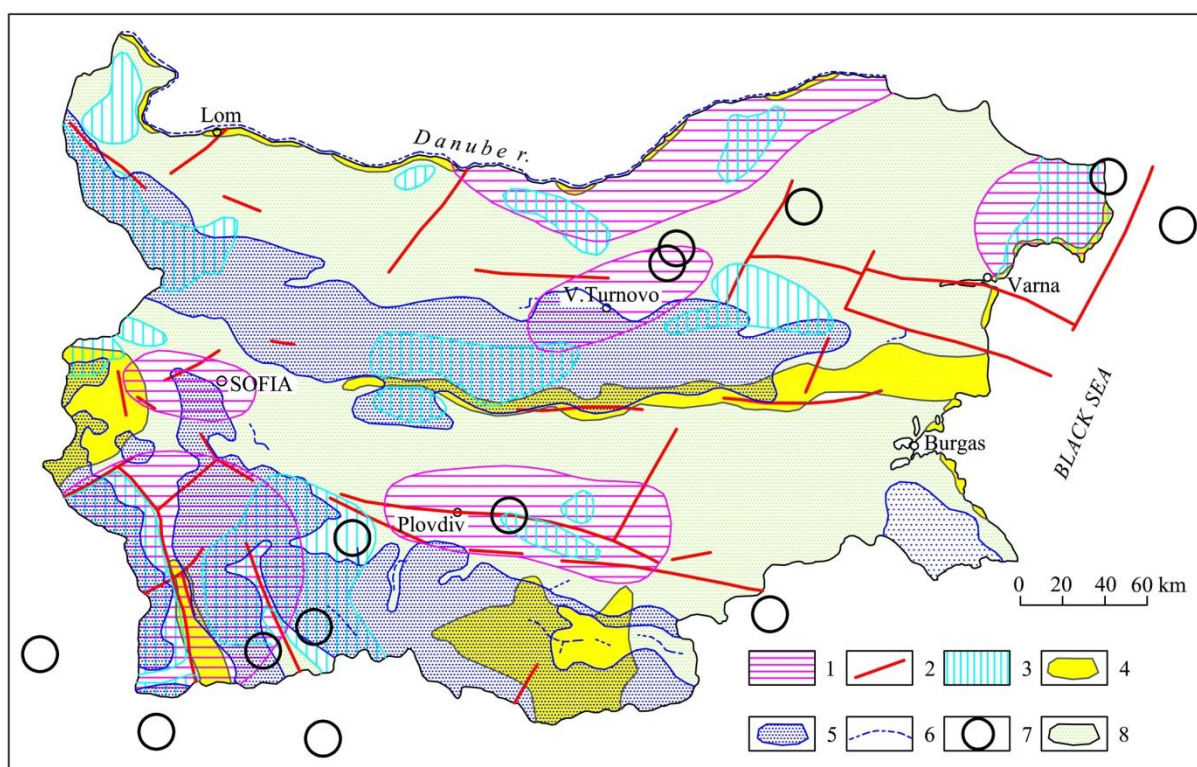
Основни фактори, обуславящи свлачищната активност са бавните тектонски вертикални движения, земетресенията, абразията, ерозията, валежите, колебанията на подземните води и на речния отток, техногенната дейност (фиг. 2.13).

Тежестното влияние на дестабилизиращите фактори при формирането на склоновата устойчивост е различно. Една част от тях като съвременни вертикални движения и земетресения имат регионално значение, други действат локално –

ерозия, абразия, валежи. Проявата на активните свлачища може да се свърже тясно със съвременната тектонска активност.

Важни условия за развитието на ерозионни, абразионни и свлачищни процеси по склоновете са:

- видово разнообразие на скалите и строителните почви, наклони на пластовете, наличие на глинести слоеве,
- слаби прослойки и контакти, тектонски нарушени зони, наличието на повърхностни и подземни води.



Фиг. 2.13. Ендо- и екзогенни фактори за възникване и активизиране на свлачищните процеси: 1. сеизмичност над VIII степен; 2. активни разломи; 3. райони със съвременни вертикални движения $> +2 \text{ mm/a}$; 4. райони с ерозия и абразия; 5. Райони с валежи $> 700 \text{ mm/a}$; 6. райони с колебания на плитки подземни води; 7. епицентри на земетресения с $M > 5$; 8. райони с ниска степен на ендо- и екзогенни фактори

Физико-механичните свойства на отделните литоложки видове - зърнометричен състав, плътност, естествено водно съдържание, консистенция, върхова и остатъчна якост на срязване, играят водеща роля върху формиране на склоновата устойчивост. Режимът на подземните води - начин на подхранване и дрениране, дълбочина на залягане, амплитуда на сезонни колебания на нивата, оказват многопосочно въздействие върху свлачищата.

Склоновете са подложени на влиянието на естествени и техногенни фактори, които допринасят в различна степен за проявата на свлачищни процеси.

Естествените фактори са свързани с подкопаване на основата на склоновете, предизвиквано от ерозионното действие на реки, дерета и техните притоци и морската абразия. Съществува тясна връзка между участъците с активна ерозия и абразия и проявата на гравитационни процеси – свлачища, срутища, пълзене на склонове. Това се дължи на сравнително лесната размиваемост на отложенията, която определя и техните ниски якостни показатели.

Техногенните фактори, предизвикващи възникване и активизиране на свлачища, са направата на дълбоки строителни изкопи, прокарване на пътища, добив на полезни изкопаеми и инертни материали, динамични въздействия и др. Претоварването на горните части на свлачищата е резултат от изграждане на пътни насипи, ново строителство и др. Оводняването на свлачищните склонове се причинява от инфилтрация на атмосферни валежи, неизправни и липсващи канализации, оттечки от водопроводните мрежи, изтичащи води от магистрални тръбопроводи, неправилно отвеждане на повърхностния отток. Динамичните въздействия от една страна понижават якостта на срязване на строителните почви, а от друга - създават допълнителни сили, понижават склоновия стабилитет. Сътресения и вибрации се предизвикват от земетресения, щормове, взривни работи, тежки транспортни средства, добивна техника.

На фона на неравномерното териториално разпространение на свлачищата са обособени райони с повишена концентрация на тези явления (Каменов, Илиев, 1963).

Един от тях е Северното Черноморско крайбрежие. Като цяло Черноморското крайбрежие е един от районите на страната, където периодично възникват катастрофални свлачища. Благоприятни условия за това са геологотектонският строеж, геоморфоложките условия, инженерногеоложките свойства на скалите и строителните почви.

Въз основа на геологотектонския строеж българското Черноморско крайбрежие може да се раздели на 3 части - северна, платформена, изградена от почти хоризонтално залягащи седиментни скали с терциерна и кватернерна възраст; средна - в рамките на старопланинските структури, изградена от различно наклонени тектонски преработени горнокредни и терциерни седименти с преобладание на флишки фаacies; южна - обхващаща структурите на Бургаския синклинорий с подчертано преобладание на горнокредния седиментно вулканогенен комплекс, прорязан на места от млади плутонити с наложени терциерни депресии и малки петна от средно- и горномiocенски седименти. При тази геоложка даденост по-подходящи условия за възникване на свлачищни процеси съществуват по северната част на крайбрежието.

В геоморфоложко отношение теренът в крайморската част на Варненската депресия има платовиден характер. В участъка северно от Варна се разполагат 2 плата - Франгенското и Добруджанското, разделени от долината на р. Батова. Надморската височина на ръбовете намалява в северна посока. Източният ръб на Фрагенското плато е с надморска височина 200 - 250 m, Добруджанското - от около 200 m при левия бряг на р. Батова докъм Балчик, 60 - 70 m в района на нос Калиакра, 40 m при с. Камен бряг и до 11 m при с. Крапец. Долината на р. Батова е врязана 200-250 m в миоценските седименти, има равно дъно и сравнително стръмни долинни склонове.

Върху Мизийската платформа са отложени субхоризонтални терциерни и кватернерни отложения, затъващи на североизток под наклон до 5°. В резултат на генералния наклон на младите седименти в района около Варна се разкриват по-долните етажи на миоцена, представени от глинесто-варовит и песъчлив фациес - глини, слабоспоени пясъчници и песъчливи варовици, които в северна посока затъват в дълбочина, а на повърхността се разкриват глинесто-варовитите седименти на сармата. Това е обусловило развитието на циркусни, делапсивни свличания при Варна, сложно устроени свлачища в района на Балчик до типично блокови свличания - в района на курортния комплекс Русалка.

Почти непрекъснатата свлачищна ивица северно от Варна до Каварна има дължина около 30 km и широчина, достигаща до 2-3 km. Много от свлачищата в този район са древни, с голям площен и дълбочинен обхват, но са в стадий на продължителна стабилизация без сигнали за съвременна активност - например тези по течението на р. Батова. Други обаче са в състояние близко до гранично равновесие и е достатъчен малък допълнителен импулс - оводняване, ерозия, подкопаване или динамично въздействие за активизиране на свлачищния процес. Големите свлачищни комплекси, развити по Северното Черноморско крайбрежие, са благоприятна среда за многократно активизиране на свлачищните процеси. Веднъж претърпели свлачищно деформиране скалите и почвите се характеризират с понижено съпротивление на срязване.

Друг голям свлачищен район е този по високия Дунавски бряг. Почти непрекъснатата свлачищна ивица се проследява между гр. Дунавци и устието на р. Искър. В западната част на областта около с. Арчар и поречието на р. Дунав се разполага една зона на свлачища, която достига чак до гр. Козлодуй. Това е част от така наречените свлачища от Ломската група, които са развити в пределите на Ломската депресия (фиг. 2.14 и фиг. 2.15). Често пъти главният откос при тези свлачища достига височина 50-60 метра като между него и р. Дунав са оформени от две до четири свлачищни стъпала. Характерни са обратните наклони, развитието на

съвременни заблациявания като не са редки случаите на свлачищни активизации с по-малки размери в пределите на основните свлачищни тела. В свлачищните процеси взимат участие льосовите и плиоценските наслаги. Много от свлачищата са временно затихнали и стабилизирани, но при неразчетени антропогенни въздействия, най-често подсичане на склонове и намокряне, са възможни локални свлачищни активизации.



Фиг. 2.14. Главният свлачищен откос при с. Сливата – пример за свлачище от Ломската група (сн. Б. Беров 2013 г.)

Развитите тук свлачища са стари и имат дълбоко разположена хлъзгателна повърхнина. В по-голямата си част тя е субхоризонтална и преминава по плиоценски прахови сивозелени или черни глини, които имат ниски якостни параметри. Льосовият комплекс участва в свлачищния процес като статичен товар. Възникването на свлачищата е предопределено от ерозионното действие на р. Дунав, което е довело до разкриването на повърхността на слабите глинести пластове, а съвременната активност на тези свлачищни склонове се свързва с предизвиканите колебания на нивото на подземните води, земетресенията, съвременната странична ерозия на р. Дунав, както и сезонните колебания на водното ниво на реката.



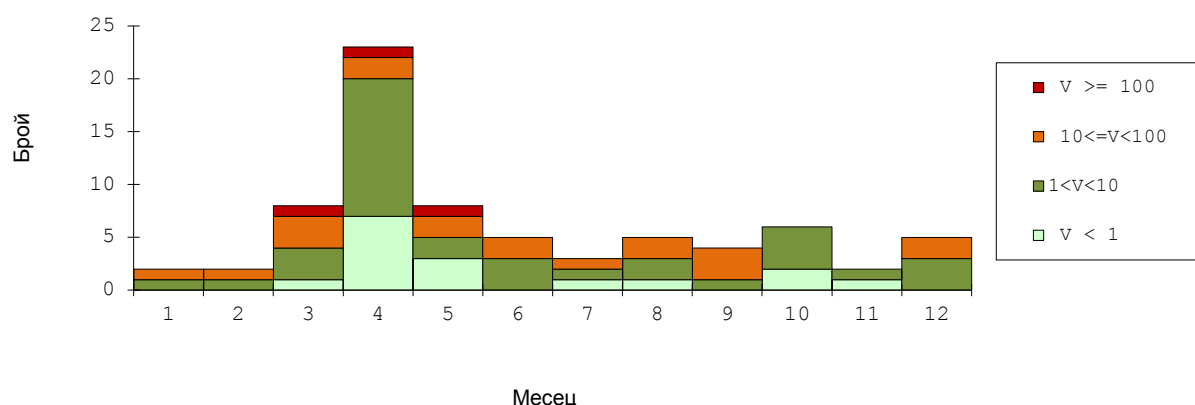
Фиг. 2.15. Свлячище при с. Орсоя (сн. И. Бручев 1978 г.) - западно Дунавско крайбрежие

Със значително големи размери е свлячищната зона около гр. Оряхово, започваща на десетина километра източно от града и завършваща на запад до устието на р. Скът. Брегът на р. Дунав при Оряхово е висок, с относително голям наклон и голяма дебелина на лъсовите отложения. Под лъса се разполагат плиоценски глинени и пясъци в алтернация като образуват над 8 на брой водоносни и водоупорни хоризонта. Водите от пясъчните хоризонти се изливат като извори по склона. Те влошават склоновата устойчивост като променят консистенцията на глините и подпомагат свличането. Тук се наблюдават всички елементи на една свлячищна зона - свлячищни откоси, нахълмвания, заблациявания, валове, пукнатини и др. Главни фактори за свлячищните активизации са ерозията в основата на склона от р. Дунав и големият наклон и подземните води. В оформилите се свлячищни стъпала различни участъци от терена се придвижват с различна скорост. Скоростта е по-голяма в доловете и овразите, където свлеченият материал се изнася по-бързо и освобождава пространства за нови свличания. В миналото са известни бързи и внезапни свлячищни активизации, при които има и човешки жертви. Общо за гр. Оряхово са засегнати над 300 сгради и прилежащите им дворове и улици.

В пределите на града са изпълнени редица противосвлячищни мероприятия, главно подпорни стени и дренажни съоръжения. Това в значителна степен е допринесло за стабилизирането на свлячищните терени. Но окончателно и трайно стабилизиране е практически неосъществимо. Наклонявания на подпорните стени

и нови напуквания в тях са доказателство, че свлачищните процеси не са преустановени.

В източна посока по течението на р. Дунав по-значителни свлачищни райони са развити около Никопол, Свищов и Тутракан. Плитки консистентни свличания с малка скорост на движение се проявяват почти всяка година в Оряхово, Свищов и Тутракан. Според сезонното разпределение плитките катастрофални свличания са концентрирани през периодите март-април и октомври-ноември. По-високият брой на свличания през пролетта в сравнение с есента е свързан с допълнително оказаното влияние от валежите и снеготопенето, а така също и от техногенното оводняване на земните маси от постоянно течащите чешми през зимния период. При дълбоките катастрофални свлачища времепроявлението е в по-широк диапазон - от февруари до май и от октомври до декември. Разпределението им по месеци е почти равномерно и то показва, че причините за тяхното проявяване са свързани не само с оводняването на склоновете, а са резултат от влиянието на различни фактори (фиг. 2.16).



Фиг. 2.16. Месечно разпределение на задвижените свлачищни маси в зависимост от техния обем (V , 10^6 m^3) (по Frangov et al., 1996)

Множество свлачища са развити в долнокредните седименти на Предбалкана. Често срещан случай е варовикови или пясъчникови блокове с различни размери да пълзят върху подложка от глини или глинести мергели. Такива свлачища се наблюдават по р. Янтра - северно от В.Търново, а също в Ловешко, Севлиево, Врачанско (Илиев ред., 1994). Областите, обхващащи части от Предбалкана, са засегнати от над 250 свлачища. Те са сравнително плитките и със значително по-малък обем от свлачищата по Дунавското и Черноморско крайбрежие. Предизвикани са предимно от речна ерозия и антропогенна дейност

(подсичане на стръмни склонове, претоварването им с насипи, повишение на нивата на подземните води). Активните свлачища в тези области са над 150 или 62% от броя на регистрираните тук свлачища (Карта на свлачищата ..., 2006).

В пределите на Старопланинската инженерногеоложка област са регистрирани редица прояви на свличания. С по-значителни обеми са свлачищата, станали в проломите на реките Искър и Камчия. Развити са в местата с широко застъпени глинести шисти, глинни, мергели, както и дебели делувиални наноси. С най-големи размери е проявеното свлачище при гр. Своге, на десния бряг на р. Искър (фиг. 2.17). В процеса на свличане участват тектонски преработени палеозойски лиски и лежащите над тях кварцити и делувиални наслаги. Поради ерозионното действие на р. Искър в основата на свлачищните маси са настъпвали многократни съживявания на свлачищните процеси. В Лудокамчийския пролом също са разпространени свлачищни процеси, които засягат основно палеогенски и горнокредни седименти. На много места по склоновете се наблюдават свличания на по-дебели делувиални наслаги. Те стават по основната скала или по оформени повърхнини на свличане в самия делувий (Каменов, Илиев, 1963).



Фиг. 2.17. Свлачище „Езерище” до гр. Своге (сн. Н.Добрев 2007 г.)

По-главните свлачищни райони в Южна България са привързани основно към терциерните басейни, разломните зони в Рило-Родопския регион, речнодолинните склонове на планинските реки, периферията на лавовите покрови в Източните Родопи.

Типичен неогенски басейн в Южна България е Софийската котловина. Свлачищата са разпространени в периферията на котловината в близост до оградните планини и по стръмни брегови склонове. Характерни примери са свлачищата в Банкя, при селата Кокаляне, Бистрица, Драгалевци, Драговищица, Кътина, в София - Южния парк (под хотел "Витоша"), в кв. Земяне и др. Подобна е ситуацията и в другите Задбалкански котловини, разположени между Стара планина и Средна гора, както и по-южните котловини като Пернишката, Радомирската, Бобовдолската и др.

В периферните участъци на лавовите покрови и речните склонове в Източните Родопи също съществуват условия за възникване на свлачищни процеси. Геоложкият строеж може да се схематизира като двуслойна среда, включваща горен крехък пласт от вулкански скали, залягащ върху долен по-деформируем и пластичен пласт, състоящ се от пясъчници, мергели и туфи. След отцепване от масива вулканските блокове се омесват с глинестопесъчливите маси и формират големи блокажно-консистентни свлачища. Такива са свлачищата по р. Върбица, при с. Джебел - т.нар. "Счупената планина", при Смолян и др.

Голяма част от свлачищата в Източните Родопи са тясно свързани с ерозионните процеси и по-значителните овлажнявания на скалните маси по склоновете (фиг. 2.18). Свличания са развити и в местата, заети от палеогенски отложения и делувиялни наслаги с по-значителни дебелени. Свлачищни процеси засягат и в зоните, където изветрели и натрошени кристалинни шисти западат към долините. Свлачищата в палеогенските задруги са с по-големи дълбочини и мобилизиран обем от свличащи се материали (Каменов, Илиев, 1963).

Огромни свлачища са проявени по разломни зони и структури, оконтуряващи и пресичащи Рило-Родопския регион, по Струмската разломна зона (фиг. 2.19), в Симитлийската котловина (фиг. 2.20), по Местенските разломи северно от Гоце Делчев около селата Дебрен, Огняново, Балдево, Господинци, Осиково, Гостун.

Свлачища с различни размери са развити в неустойчивите палеогенски седименти. При кристалинните шисти, големи скални пакети се свличат по оформени пукнатини с глинест запълнител или по повърхнини на напъняване (Каменов, Илиев, 1963).



Фиг. 2.18. Главен свлачищен откос на свлачището при с. Устра и с. Ген. Гешево – Източни Родопи (сн. Б. Беров 2014 г.)



Фиг. 2.19. Главен свлачищен откос на свлачището при Ораново (сн. Н. Добрев)



Фиг. 2.20. Свличане на повърхностен слой по силно наклонена разломна повърхност от Струмската разломна зона в Кресненското дефиле (сн. Н. Добрев)

Свлачищата могат да се разгледат в три групи – 1) плитки с циклична активност; 2) дълбоки, условно стабилизирани; 3) дълбоки, с периодично активизиране на отделни части от тях (Илиев-Бручев и др., 1994).

Най-многобройни са свлачищата от първата група. Дълбочинният им обхват е до 6-8 m и имат площ до 2-3 dka. Развити са във всички инженерногеоложки региони по речно-долинните склонове. Активността им най-силно се влияе от валежите, ерозията и техногенната дейност. Проявяват се често през дъждовни периоди. Нанасят сравнително малки щети и последствията от тях са лесно отстраними.

Към втората група се отнасят свлачищата, проявени в миналото. Техните размери са големи - дълбочина до 30-40 m, площ - над 10 dka. Понастоящем се намират в състояние на временна стабилизация. Големи "затихнали" свлачища има по Дунавското и Северното Черноморско крайбрежие, в Централния Предбалкан, Западна и Източна Стара планина, Родопите. Опасността от тях е потенциална, но тя може да се прояви при екстремни ситуации – интензивни валежи, силни земетресения, щормове, засилена ерозия и др.

Най-опасни са свлачищата от третата група. Това са големи, сложно устроени свлачища, с дълбочина на основната хлъзгателна повърхнина до 50-60 m и повече и площ десетки декари. Склоновете, върху които са проявени, се намират в състояние близко до гранично равновесие и за активизиране на свлачищния процес са достатъчни малки по размер допълнителни дестабилизиращи фактори - абразия, ерозия, продължителни валежи или интензивно снеготопене, сеизмично и техногенно въздействие. Дълбоките свлачища се движат (пълзят) с бавна, относително постоянна скорост по най-дълбоко разположената хлъзгателна повърхнина. В техния обсег се проявяват по-плитки локални съвременни активизации. Последствията в тези случаи са най-тежки, а противодействието е трудно, скъпо и не всякога успешно. Сериозни проблеми създават свлачищата от тази група в района на Дунавското крайбрежие между с. Сливата и с. Орсоя, с. Г. Цибър, градовете Оряхово, Свищов, Тутракан, крайбрежната ивица по северното Черноморско крайбрежие между курортните комплекси “Св. Св. Константин и Елена”, “Златни пясъци” и “Албена”, района на гр. Балчик, Източномаришкия басейн, по долините на реките Искър, Струма, Места, Арда, Вьча, Камчия.

Свлачищните процеси и техните негативни последици са известни отдавна. Поради ниското икономическо и демографско ниво в миналото те са имали локално значение и не са представлявали значим обществен интерес. Много по-лесно и приемливо е било преместването на ограничен брой население и ново застрояване, отколкото изследователски и приложни дейности за противосвлачищни мероприятия. През последните няколко десетилетия, разрушителният ефект на свлачищните, ерозионните и абразионните процеси и явления се увеличава рязко, поради значителната урбанизация, индустриализация и развитие на комуникационна инфраструктура.

Категоризация на свлачищната опасност

Съобразно критериите, залегнали в Националната програма за превенция ... (2014), целящи приоритизиране на свлачищата, в зависимост от степента на активност и риска, който те носят, се обръща главно внимание върху степента на активност и териториалния обхват на свлачищните процеси (табл. 2.7.).

Свлачищата, влизащи в списъка на приоритетните, са:

- всички, които са описани като активни;
- периодически активни, засягащи жилищни и обществени сгради; пътища от Републиканската и общинската пътна мрежа, инфраструктурни обекти и съоръжения;

- потенциални в свлачищно отношение терени, при които основни фактори са ерозията (по р. Дунав) и абразията (по Черноморското крайбрежие);
- застрашаващи общински път, осигуряващ единствен достъп до населено място;
- стари потенциални свлачища, по които вече има отпуснати средства за укрепване – по експертна преценка.

Свлачищата, към които могат да се правят периодични ревизионни мониторингови дейности са:

- всички стабилизирани свлачища.

Периодичноактивни свлачища, засягащи паркове, овощни градини, вилни имоти, стопански и промишлени сгради, които не се използват и са полу- или напълно разрушени и улици и пътища с местно значение по експертна преценка могат да отидат към средна степен на опасност, а тези, засягащи само горски фондове и земеделски земи – към ниска и много ниска степен на опасност.

Критериите за оценка са съобразени с *Методиката за приоритизиране на свлачищата* от 2013 г. и *Наредба №12* с известни допълнения и подобрения. Оценката включва няколко характеристики, касаещи състоянието на свлачищата и елементите на риска, който носят. Това става чрез точкуване на известните показатели за всяко свлачище с използване на формулата:

$$P = S \cdot E \quad [1]$$

Където:

P - показател

S - характеристика на състоянието на свлачищата

E - елементи на риска

Формула [1] може да се представи като умножение на елементи, касаещи особеностите (характеристиките) на свлачищния процес и елементите на риска.

Състоянието на свлачищата (S) се определя по:

- степен на активност
- техния размер/площен обхват

Елементите на риска са базирани на икономическа и социална значимост (E) и се определят от:

- урбанизацията на територията
- категорията на застрашаваните обекти

Табл. 2.7. Категоризация на склоновете по свлачищна опасност

Характеристика на склона Степен на активност и териториален обхват на свлачищните процеси	Степен	Точки
Наличие на следи от стари свличания по склона без следи от съвременна дейност; възможни свлачищни явления с площ под 1000 m ² по време на екстремни ситуации от природен или техногенен произход	Много ниска	1
Наличие на следи от стари свличания по склона без следи от съвременна дейност; възможни свлачищни явления с площ от 1000 до 10000 m ² по време на екстремни ситуации от природен или техногенен произход	Ниска	2
Потенциално опасни с периодична активност свлачищни терени. Ниска честота на проявление и/или възможни площи на свлачищните процеси от 10000 до 20000 m ²	Средна	3
Потенциално опасни с периодична активност свлачищни терени. Средна честота на проявление и/или възможни площи на свлачищните процеси от 10000 до 20000 m ²	Висока	4
Активни, с периодична активност на свлачищните склонове. Висока честота на проявление и/или възможни площи на свлачищните процеси над 20000 m ²	Много висока	5

Геолого-тектонските условия и релефът на страната обуславят развитието на голям брой свлачища на нейната територията. Възникването и активизирането им се предизвиква от действието на разнообразни естествени и техногенни процеси и фактори. Многогодишните изследователски и приложни дейности по свлачищата са довели до установяването на важни закономерности в разпространението им, на факторите за възникване и активизиране, на техния механизъм, динамика и пр. Все още, обаче, съществуват и много нерешени проблеми, по-важните от които са: картирането на свлачищните територии не само за ТУП, но и за други цели в различни мащаби; осигуряване на необходимия инструментариум (съоръжения и апаратура за полеви и лабораторни изследвания); за повишаване на достоверността на получаваните данни (литоложки профили, дълбочина на хлъзгане, величини на деформациите), за установяване на адекватни стойности на физикомеханичните показатели (предимно за якост на срязване); използване на нови техники, технологии, методи и комплексни екипи за интегрална оценка на чувствителни към свличане територии и прогнозиране на свлачищната опасност.

От този кратък преглед на свлачищната ситуация в страната изводът, който се налага е, че територията на България е с висока степен на свлачищна опасност, с вероятност за големи икономически загуби, социални и екологически последствия.

❖ Кално-камененни потоци (кално-камененни порои, сели):

Кално-каменните потоци (порои) представляват бързодвижеща се маса, в която е налице комбинация от рохкава почва, скали, органична материя, въздух и вода, която тече надолу по склона като каша. Известни са още като кално-каменни потоци и сели. Те често са причинени от интензивен повърхностен воден отток, предизвикан от паднали за кратък период значителни валежи или от бързо снеготопене, което еродира и мобилизира рохкава почва или скален материал по стръмните склонове. Често са свързани със стръмни долове, а в основата на склоновете се образуват пролувиални конуси. Известни са също и като свръхконцентрирани наводнения (hyperconcentrated floods). За да се разграничат от обикновените водни потоци, изходният материал трябва да бъде в насипно състояние и способен да "протече", като най-малко 50% от него трябва да бъде съставен от частици с пясъчен или по-голям размер (Маслов, 1957). По-голямата част от тези явления протичат с голяма скорост, с което създават риск за населението и инфраструктурата, като често вземат и жертви.

За да възникнат кално-каменни потоци са необходими определени условия. Най-важното е наличието на подхранваща зона. Тя трябва да има: 1) много стръмен наклон, 2) голямо количество несвързани склонови материали, 3) източник на голямо количество влага и 4) рядка растителност. Идентифицирането на участъците, където преди са се случвали такива явления, е първата стъпка към разработването на план за намаляване на опасността и риска от възникването на това явление.

Тяхна разновидност са *калните потоци (кални свлачища)*. Те се състоят от материал, който е достатъчно водонаситен и протича бързо. Съдържат най-малко 50 процента пясък, прах и глинести частици.

Отломъчна лавина (Varnes, 1978): Това е разновидност на много бърз до изключително бърз поток от отломъчен материал, развиващ се по стръмни склонове в планински райони.

Разпространение в страната. Макар и тези явления да са нетипични за страната, техни проявления са регистрирани в различни райони (фиг. №№ 2.21, 2.22). Основните подхранващи материали са изветрителните кори – най-често в гранитни масиви (Palacios et al., 2003; Sasaki et al., 2001; Добрев, Георгиева, 2010, и др.), също така и зони на подхранване се формират във вулкански (пирокластични) седименти, както и в слабоспоени терциерни седименти. Периодично се случват в Кресненското дефиле (табл. 2.8), където подхранващата зона е от изветрели и силно тектонски обработени гранити (Добрев, Георгиева, 2010). Сведения за такива процеси имаме в Родопите, в Задбалканските котловини и в други части на Югозападна България (Каменов, Илиев, 1963; Илиев-Бручев и др., 1994). Подобни

прояви са се случвали по югозападните склонове на Пирин, където активно участие в селевите проявления вземат плиоценските седименти. Оголеността на склоновете, високата енергия на релефа и значителното натрупване на изветрели и натрошени скални маси допринасят за проявата на кално-каменни порои по южните склонове на Стара планина - в района между Златица и Казанлък. Най-пресни остатъци от такива проявления са налице при с. Църквище, западно от Челопеч и при с. Антон (Каменов, Илиев, 1963).

Таблица. 2.8. Проявени опасни геоложки процеси в района на Кресненското дефиле с предизвикани от тях последствия (Добрев, 1999; Добрев, Георгиева, 2010, с допълнения)

Процес, дата,	Местоположение	Последици	Източник на информация
1	2	3	4
Обрушване, март 1991	Южна част на грабена и началото на Кресненското дефиле	Нападали едри скални късове прекъсват стария път София-Кулата	Добрев, 1999
Кално-каменен порой, 04.10.1993	Северна част на Кресненското дефиле, подножието на Въртичица и Кръсто	Потоци от кал и грубоотломъчен материал прекъсват на няколко места за около 6 часа пътя София-Кулата. По случайност няма жертви.	БНТ, местни жители, Добрев, 1999
Кално-каменен порой, 28.12.1993	Северна част на Кресненското дефиле	Явленията от 4 октомври се повтарят, но с по-слаба сила	БНТ, местни жители
Кално-каменен порой, март 1994	Северна част на Кресненското дефиле	Кал и грубоотломъчен материал се изсипва върху пътя София-Кулата. Връзката е бързо възстановена	БНТ, Добрев, 1999
Обрушване, 25.02.1996	3 km Ю от Крупник	Голям скален блок пада върху ж.п.линията София-Кулата - счупени релси, прекъсната е линията	в-к "Континент" от 26.02.96
Кално-каменен порой, 04.09.1998	Северна част на Кресненското дефиле	Пътят София-Кулата е прекъснат за 2 часа.	в-к "Труд", бр. 249 от 14.09.98
Кално-каменен порой, 13.09.1998	Северна част на Кресненското дефиле	Пътят София-Кулата е прекъснат за 6 часа. По случайност няма жертви.	БНТ, в-ци "Труд" и "24 часа" от 14.09.98
Кално-каменен порой?, 06.04.2006	Кресненско дефиле	Пътят е затворен заради свлачище?	news.blagoevgrad24.bg
Кално-каменен порой?, срутища? 17.11.2007	Кресненско дефиле	"Активизирани са множество свлачища"	www.mediapool.bg
Кално-каменен порой, 24.05.2009	Северна част на Кресненското дефиле	6-7 хиляди кубични метра камъни и земна маса затварят и двете платна по път E79 за 1 час	24 май 2009 / News.dir.bg
Падащи камъни и земна маса, 27.12.2009	Кресненско дефиле	„Затруднено движение. Едната лента от пътя е била затворена в ранния следобед заради свлачище в Кресненското дефиле.“	dariknews.bg/ http://btv.bg

1	2	3	4
Кално-каменен порой, 30.09.2013 22:00	Кресненско дефиле	„Голямо свлачище на кални маси затвори за близо три часа движението в района на Кресненското дефиле Срутването е станало в понеделник около 22,00 часа, а причината е в поройния дъжд, който валил в района няколко часа. Над 1000 кубически метра земни и кални маси затворили шосето, няма пострадали. „	В-к „Стандарт“ от 01.10.2013
Обрушвания 01.10.2013	Кресненско дефиле, в прохода Предел по пътя Симитли - Гоце Делчев	„Паднали камъни в района на Кресненското дефиле и в прохода Предел по пътя Симитли - Гоце Делчев”	В-к „Стандарт“ от 01.10.2013
Срутище, 07.02.2015	Кресненското дефиле	„Международният път Е-79 остана блокиран при местността "Османска чеима" близо до Симитли. Скалната маса - 10 куб. метра, се свлече върху двете пътни платна около 9 часа тази сутрин”	http://novinite.bg/articles/87565/Svlachishte-blokira-E-79-v-Kresnenskoto-defile-zachasove#sthash.kSVUaFhE.dpuf
Обрушване на скали от тектонска зона, 05.03.2015	Кресненското дефиле	Голямо свлачище затваря Кресненското дефиле. Повече от 2 месеца се работи по обходния маршрут.	http://insmarket.bg
Срутище, 11.03.2016	Кресненското дефиле	„Огромен скален къс се откъсна от канара над главен път Е-79 в Кресненското дефиле, няколко камъка паднаха на пътното платно, стана и лека верижна катастрофа.”	БГНЕС http://news7.bg
Срутище, 08.05.2015	Кресненското дефиле	„Скален къс падна и се заби в микробус, минаващ през Кресненското дефиле. Като по чудо, няма загинали, пострадали са петима от пътниците в превозното средство.”	http://news7.bg
Свлачище, 03.08.2015	Кресненското дефиле	„Свлачище блокира движението на главен път Е 79 в Кресненското дефиле. Около 18 ч. днес на пътя се е свлякла маса от кал камъни и вода и е препречила движението.”	http://kanal3.bg/news/bulgaria/society/12670-Svlachishte-zatvori-Kresnenskoto-defile#sthash.X6G7gu1u.dpuf
Свлачище и обрушвания 27.09.2015 г.	Кресненското дефиле	„Активирало се свлачище от дъждовете през последното денонощие. Паднали са камъни и земна маса на пътя. По-рано тази сутрин при падане на камъни е ударен преминаващ през участъка ТИР. Не са нанесени значителни щети.”	http://dariknews.bg/view_article.php?article_id=1505465
Срутище, 27.11.2015	Кресненското дефиле	„Огромни късове скала паднаха върху едно от платната и затрудниха преминаването на автомобилите. Късовете скала за щастие са паднали в момент, когато нямало преминаващи автомобили.”	http://news7.bg



Фиг. 2.21. Най-старата известна снимка на последици от кално-каменен порой в страната (Биолчев, 1964)



Фиг. 2.22. Пороен конус в северната част на Кресненското дефиле – мястото с най-чести проявления на кално-каменни порои в България (Добрев, 1999)

През 1939 г. в резултат на водонасищане след продължителни валежи, един хълм, разположен между две дерета западно от с. Лозен, Софийско и изграден от палеогенски блокаж с глинесто-песъчлив запълнител, преминава в течнопластична консистенция и хълмът се устремява с висока скорост надолу към равнината. Задвижените маси с обем милиони m^3 за кратко време се придвижват в хоризонтал-

но направление 200-300 m. Скално-глинесто-дървесната маса се разлива ветрилообразно в котловината. Понастоящем теренът, върху който се е излял кално-каменният порой, представлява полегат склон с дребно нахълмяване, а в някои понижени участъци нагоре по склона се установяват заблатявания.

По време на интензивни валежи с екстремни стойности също е възможно да възникнат явления с характеристики, отчасти сходни на кално-каменните порои, какъвто бе случаят в южните части на гр. Варна през м.юни 2014 г.



Фиг. 2.23. Зоната на подхранване на кално-каменни порои в северната част на Кресненското дефиле (снимка Н. Добрев, м. септ. 2014 г.)

При класифицирането на тези явления е важно да се вземат под внимание техните специфични особености – характерен геоложки строеж, геоморфоложки особености, като се направи отчетлива диференциация между зоните на подхранване (фиг. 2.23) , транспорт и акумулация (табл. 2.9). Именно последните 2 зони носят най-голям риск за икономиката и инфраструктурата на страната, там се дават и човешки жертви. При класификацията е взет предвид и фактът, че този процес е бил по-

широко разпространен през първата половина на миналия век в Източните Родопи и по южните склонове на Централна Стара планина (Каменов, Илиев, 1963; Илиев-Бручев и др., 1994), но след прилагането на противоерозионни мерки (залесяване и др.) през 50-те и 60-те години, опасността от възникване е силно намалена. Случай на обломъчна лавина с дадени човешки жертви е описан в Смолянско – по долината на р. Черна (Илиев-Бручев и др., 1994).

Табл. 2.9. Характеристики на опасността от възникване на кално-каменни порои

Описание	Точки
Стара зона на подхранване; малки обеми на ерозиран материал	1
Съвременна зона на подхранване, големи потенциални обеми на ерозиран материал	2
Слаб поток, ниска скорост на движение	3
Рядка проява, но с висока скорост на движение	4
Висока честота на проявленията; висока скорост на движение; обломъчни лавини	5

1-много ниска, 2-ниска, 3-средна, 4-висока, 5-много висока опасност

❖ Пропадане на лъос

Лъосовите почви у нас заемат общо около 12 000 km². От тях около 10 000 km² са покрити с пропадъчен лъос, който образува една непрекъсната ивица южно от р. Дунав. В западните райони на Северна България ширината на тази ивица е до 30-35 km, а в източните – до 60-65 km. Дебелината на лъосовите отложения е от 40-50 m в близост до р. Дунав, намалява на юг и към Предбалкана достига 3-5 m (Минков, 1968).

Съгласно възприетата у нас класификация на лъосовите почви се различават няколко разновидности – лъосовиден пясък, песъчлив лъос, типичен лъос, глинест лъос и лъосовидна глина (Минков, 1968). Типичният и глинестият лъос покриват най-големи площи в Северна България (фиг. 2.24).

Характерни за пропадъчния лъос са недоуплътнената структура (обемната плътност е под 1,60 g/cm³) с много макропори (обем на порите над 45-50 %) и ниска степен на водонасищане (най-често под 0,6). С най-силно изразени пропадъчни свойства са типичният и глинестият лъос – средните стойности на коефициентите им на относително пропадане при геоложки товар $\delta_{col\gamma}$ и при допълнителен товар от 0,3 МПа $\delta_{col0,3}$ са съответно 3,2% и 6,5% при типичния лъос и 2,5% и 6,5% при глинестия лъос. При песъчливия лъос средните стойности на тези коефициенти са по-малки – $\delta_{col\gamma} = 2,2\%$ и $\delta_{col0,3} = 4,5\%$. Лъосовидният пясък се характеризира със средно относително пропадане при геоложки товар $\delta_{col\gamma} = 1\%$ и $\delta_{col0,3} = 2\%$ при допълнителен товар от 0,3 МПа. Практически лъосовидните глини са непропадъчни при геоложки товар $\delta_{col\gamma} = 0\%$, а при 0,3 МПа $\delta_{col0,3} \approx 2\%$.

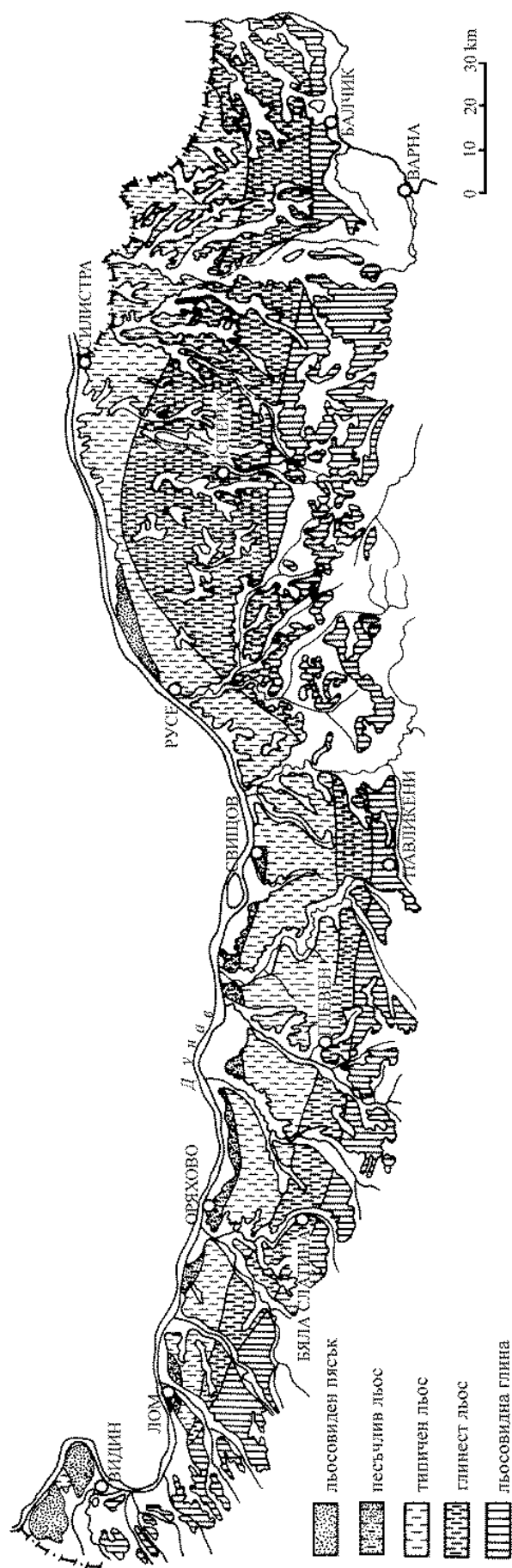
Сумарното пропадане Σ_c обаче зависи не само от величината на относителното пропадане δ_{col} , което фактически съвпада с т.н. обем на макропорите n_{mp} , но и от дебелината на пропадъчния слой, която се определя от нивото, до където δ_{col} или n_{mp} става $< 1\%$ при съответния товар. Тази дебелина е най-голяма в комплексите на песъчливия и типичния лъос. Поради това потенциалното Σ_c при песъчливия лъос е по-голямо, отколкото при глинестия, въпреки по-високите стойности на δ_{col} при него. На практика в райони, покрити с песъчлив лъос са реализирани много по-значителни пропадания.

Пропадането е процес, който се осъществява след намокряне на лъоса в пропадъчната зона, вследствие на което се предизвиква разрушаване на водонеустойчивите структурни връзки, сближаване на почвените частици и намаляване на порестостта. Под действие на геоложки и/или допълнителен товар, но без да се увеличава товара, се реализира бързо и по правило неравномерно слягане на лъосовата основа от няколко десетки до 80-100 cm, с всички неблагоприятни последствия за строителните конструкции и съоръжения.

В много случаи, поради специфичната зърнометрия, недоуплътненост и сравнително висока водопропускливост на лъоса, пропадането се съпровожда с развитие на процес на вътрешна ерозия (или суфозия), при който се извършва изнасяне на почвени частици. Това предизвиква прогресивно разрушаване на почвената структура и образуване на различни по размери и форма празнини в лъосовия масив, най-често на границата между лъосовата основа и съоръжението или на границата между различните литоложки разновидности (например, лъос – грубозърнести алувиални наслаги или лъос - окарстени варовици). Особено неблагоприятни в това отношение са окрайнините на лъосовите плата, склоновете участъци и речните тераси, където лъосът най-често заляга направо върху силно дрениращи материали.

Лъосът в Дунавската равнина се характеризира със силно изразена вертикална и локална площна нееднородност. Физикомеханичните му характеристики се изменят значително на малки вертикални и хоризонтални разстояния. Това причинява спорадичност в появата на деформирани участъци, което съществено затруднява ремонтно-възстановителните работи.

Поради естеството на процеса на пропадане, най-силно засегнати от него са застроените територии и районите с изградени напоителни системи, където овлажняването на лъосовия масив е неизбежен процес. Загубите от пропадане са преки и косвени. Преките се формират от средствата за възстановяване на пострадалите сгради и съоръжения, а косвените - от нарушаване на икономическата дейност, произведена продукция, както и от социално-психологически въздействия върху обществото.



Фиг. 2.23. Разпространение на лъсовите разновидности в Северна България (по Минков, 1968)

Във всички по-големи градове в Дунавската равнина – Русе, Свищов, Козлодуй, Силистра, Плевен, Добрич, Оряхово, Бяла, Тутракан, Лом и др. в състояние на потенциална опасност от деформиране са стотици сгради, фундирани до средата на 60-те години, както и такива, построени след това, но недостатъчно осигурени срещу слягане и пропадане. Само в Русе през 80-те и 90-те години са установени около 150 случая на тежки аварии от пропадане на промишлени, обществени и жилищни сгради и съоръжения.

Отрицателната роля на пропадането на лъоса особено силно се проявява при съоръжения с воден режим, каквито са хидротехническите, хидромелиоративните и ВИК. Практическият опит е показал, че строителството на иригационни съоръжения в пропадъчни лъосови почви е 3 до 5 пъти по-скъпо отколкото в непропадъчни терени. Най-големите пропадания у нас са измерени именно при такива съоръжения в Северна България – 100 и повече сантиметра, като пропадналите участъци са с ширина 40-50 m и дължина от 100 до 300 m (Минков и Евстатиев, 1975). В напоителната система „Шишманов вал”(около Козлодуй, с. Гложене, с. Хърлец, с. Бутан) е измерено и най-голямото пропадане на лъос у нас (170 cm) и са наблюдавани суфозионни ями с дълбочина 4-5 m и диаметър 10-20 m, които са се появявали внезапно след няколко месечно функциониране на каналите.

Условия и фактори за възникване и активизиране на процеса на пропадане

Главните условия за възникване на пропадане на лъоса са следните:

- Зърнометричен състав с прахова фракция над 80%, преобладаващо в диапазона 0,06-0,01 mm;
- Граница на протичане $W_L < 30\%$;
- Обемна плътност на скелета $\rho_d < 1,60 \text{ g/cm}^3$, особено под $1,50 \text{ g/cm}^3$;
- Степен на водонасищане $S_r < 0,8$, особено под 0,6;
- Коефициент на относително пропадане δ_{col} (или обем на макропорите n_{mp}) $\geq 1\%$, с повишено внимание трябва да се оценява лъосовата основа дори още при δ_{col} или n_{mp} над 0,5%;

Основните фактори за възникване и активизиране на процеса на пропадане са:

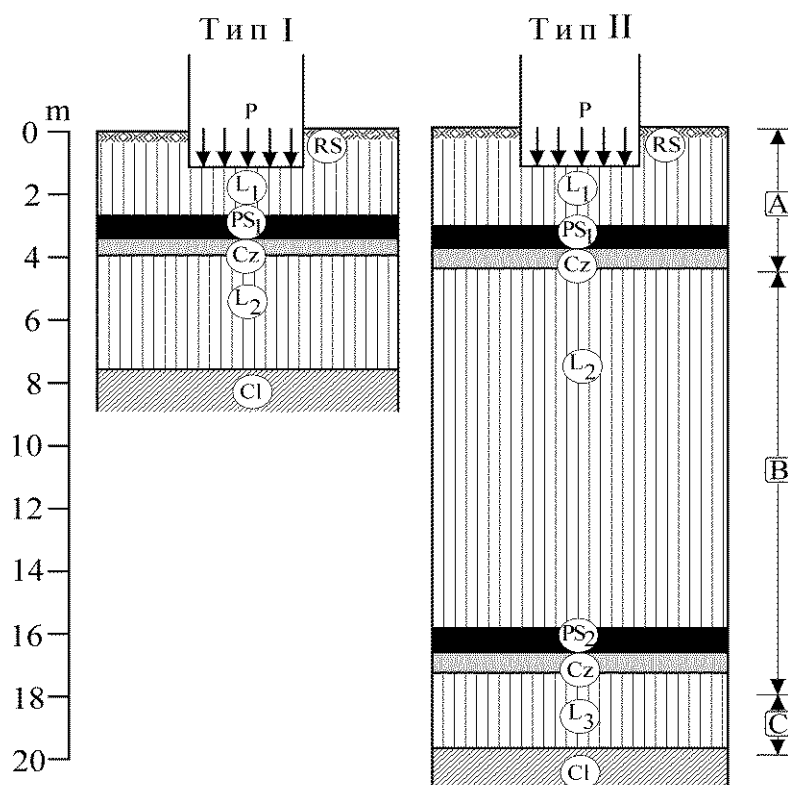
- Повишаване на степента на водонасищане на лъосовата основа по различни причини, както естествени, така и антропогенни; на практика процесът на пропадане започва да се развива още при незначително нарастване на естественото водно съдържание с няколко процента, т.е далеч преди пълно водонасищане; счита се, че процесът на пропадане се реализира в голяма степен още при $S_r = 0,6$ (Houston et al., 2001)
- Геоложки и/или допълнителен товар по-голям от началното напрежение на пропадане p_{coll} – напрежението, при което δ_{col} или $n_{mp} \geq 1\%$, съгласно Нормите за проектиране на плоско фундиране (НППФ);

Категоризиране на процеса (критерии, степени)

В България лъсовите основи, съгласно НППФ, се разделят на два типа в зависимост от тяхната пропадъчност при геоложки товар:

- първи тип (Т-I) – сумарното пропадане от геоложки товар е $\Sigma I_{cy} < 5$ cm;
- втори тип (Т-II) – сумарното пропадане от геоложки товар е $\Sigma I_{cy} > 5$ cm.

Лъсовата основа тип Т-I пропада практически само при допълнителен строителен товар, когато е по-голям от началното напрежение на пропадане p_{coll} . Последното се определя от лабораторни изпитвания по метода на двете криви съгласно БДС 14783-79. Особено достоверни са данните от измерени пропадания на съоръжения в конкретния район. Обикновено първи тип лъсови основи са със сравнително малка дебелина до 7-10 m (фиг. 2.25). При тях са развити най-често до два лъсови хоризонта L1 и L2, в които се реализира пропадането, и една погребана почва.



Фиг. 2.25. Тип на лъсовите основи по пропадъчност

RS – съвременна почва; L₁, L₂, L₃ – лъсови хоризонти; PS₁, PS₂ – погребани почви; Cz – карбонатна зона; Cl – лъсовидна глина; Горна зона А – не пропада при геоложки товар, но пропада при допълнителен; Междинна зона В – пропада при геоложки и допълнителен товар; Долна зона С- непропадъчна.

Лъсовата основа тип Т-II пропада, както при геоложки, така и при допълнителен товар. Дебелината ѝ може да достигне до 50 m. На фигура 2.25 е показан типичен за Дунавската равнина случай на втори тип лъсова основа с дебелина лъса около 20 m. В този случай земната основа се състои от три лъсови хоризонта, разделени от две погребани почви. Отделят се три зони: горна (зона А) – не пропада при геоложки товар, но пропада при допълнителен; междинна (зона В) – пропада при геоложки и допълнителен товар; долна (зона С) - непропадъчна.

Долната граница на пропадъчната зона определя дълбочината на пропадане, което е особено важно за избор на най-ефективното противопропадъчно мероприятие. Тази дълбочина варира в много широки граници – от 9-10 до 30-40 m (Минков и Евстатиев, 1975).

В таблица 2.10 е представена категоризация на лъсови терени по степен на пропадъчна опасност, която е базирана основно на типа на лъсовата основа и на общата дебелина на първия и втория лъсови хоризонти, в които се реализира най-значителната част от сумарното пропадане.

Таблица 2.10. Категоризация на лъсови терени по степен на пропадъчна опасност.

Характеристика на лъсовия терен	Степен	Точки
Терени, покрити от лъсовиден пясък и лъсовидна глина – практически непропадъчни при геоложки товар и слабо-пропадъчни при допълнителен товар	Много ниска	1
Терени с лъсова основа тип Т-I и дълбочина на пропадъчната зона < 5 m от повърхността	Ниска	2
Терени с лъсова основа тип Т-I и дълбочина на пропадъчната зона > 5 m от повърхността	Средна	3
Терени с лъсова основа тип Т-II и дълбочина на пропадъчната зона < 15 m от повърхността	Висока	4
Терени с лъсова основа тип Т-II и дълбочина на пропадъчната зона > 15 m от повърхността	Много висока	5

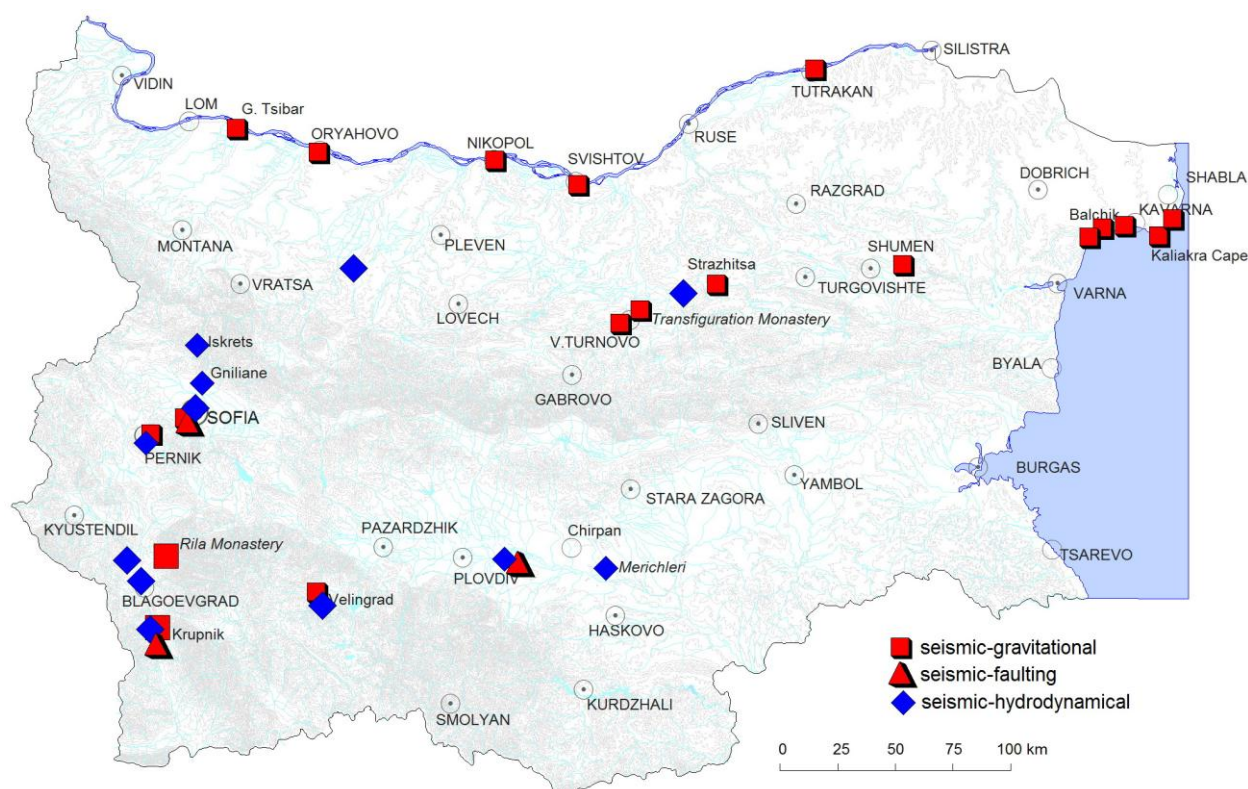
❖ Втечняване на слаби почви

Протичането на водонаситени несвързани строителни почви е многократно повтарящ се процес в определени райони при силни земетресения. С него е свързана загубата на носеща способност на отложенията, деформациите по терена, накланянето, напукването и разрушаването на сгради и съоръжения.

Определението за втечняване, дадено от “Committee on Soil Dynamics of the Geotechnical Engineering Division” (1978) и възприето в инженерната практика през последните години, е “процес на преминаване на несвързаните почви от твърдо състояние в течно в резултат на нарастване на порния натиск и намаляване на ефективните напрежения”. По този начин втечняването се дефинира като процес на промяна на състоянието на водонаситените несвързани почви, независимо от причините които го обуславят (статично натоварване, динамични въздействия, морски вълни), както и характера и вида на деформациите, които възникват.

Илиев-Бручев (ред.) и др. (1994) отнасят явлението втечняване към *"процесите с непрекъснато действие, водещи и до внезапни (рискови) явления"*.

Втечняване на слаби почви на територията на България е регистрирано практически при всички по-силни земетресения (с магнитуд над 5.0), както от местни, така и от външни огнища (фиг. 2.26). Конкретните случаи са описани от Бранков, ред., (1983); Илиев и др. (1994) и др. Процесите на втечняване могат да обхванат обширни територии и да увеличат значително разрушителния ефект от земетресенията.



Фиг. 2.26. Вторични сеизмогенни деформации наблюдавани в България
1 – сеизмогравитационни, 2 – сеизморазривни, 3 - сеизмохидродинамични

Документираните втечнявания са основно в Крайдунавските низини (Видинската, Козлодуйската, Чернополската, Свищов-Беленската, Бръшлянската); по долното течение на река Янтра и около Горна Оряховица; в терасата на река Голяма (гр. Стражица); в терасите на река Искър (Софийско) и на река Марица (между Чирпан и Пловдив); река Янтра (при град Горна Оряховица); в пясъчните коси в районите на Бургас и Варна, в крайморските лимани.

Първите сравнително по-подробни данни за разрушителния ефект на Шабленското земетресение (Ковачевски, 1901) недвусмислено показват, че с най-големи повреди са сградите, фундаирани върху водонаситени алувиални, елувиално-алувиални и пролувиални отложения.

Подробният анализ на последствията на разрушителните Пловдивско и Чирпанско земетресение през 1928 г. (ДИПОЗЕ, 1932) показва, че те са били съпътствани не само от големи деформации на терена, но и от широко проявление на “водно-пясъчен вулканизъм”, свързан с протичане на водонаситени алувиални пясъци. Водно-пясъчните фонтани и кратери са регистрирани на много места по пукнатините в ниските тераси около река Марица. Водно-пясъчните вулкани са достигали височина 2-3 метра и са наводнявали и натрупвали пясъци в приземните етажи на жилищата. Втечняванията на водонаситени алувиални отложения са допринесли за значително увеличаване на разрушителните ефекти. Проучванията на нанесените щети в изосеистната област на земетресенията от 1928 година установяват, че най-силно са разрушени селищата сред ниските алувиални тераси на река Марица и притоците ѝ – селата Садово, Чалъково, Поповица, Милево, Виница, Любеново, Скобелево, Златна ливада, град Първомай и други.

Земетресението с епицентър Вранча (Румъния) през 1977 г. е предизвикало втечняване на водонаситени пясъци и изкуствени насипи в терасите на река Дунав и река Янтра (землищата на селата Новград, Кривина, Ценово, Джолюница и Белцов), остров Голям Вардим, при град Русе (фиг. №№ 2.27 и 2.28). Най-значителни са били разрушенията на пристанищни съоръжения и промишлени сгради, фундаирани върху водонаситени слаби почви (Бранков и др., 1983) - завод Свилоза, пристанищата на Русе, Свищов, Никопол и Лом, в някои райони на град Варна и курортния комплекс по долината на река Камчия.

Втечняване на водонаситени пясъци са наблюдавани и в терасата на река Струма (фиг. 2.29) по време на Крупнишкото земетресение от 1904 година и в терасата на река Янтра по време на Горнооряховското земетресение 1913 година.

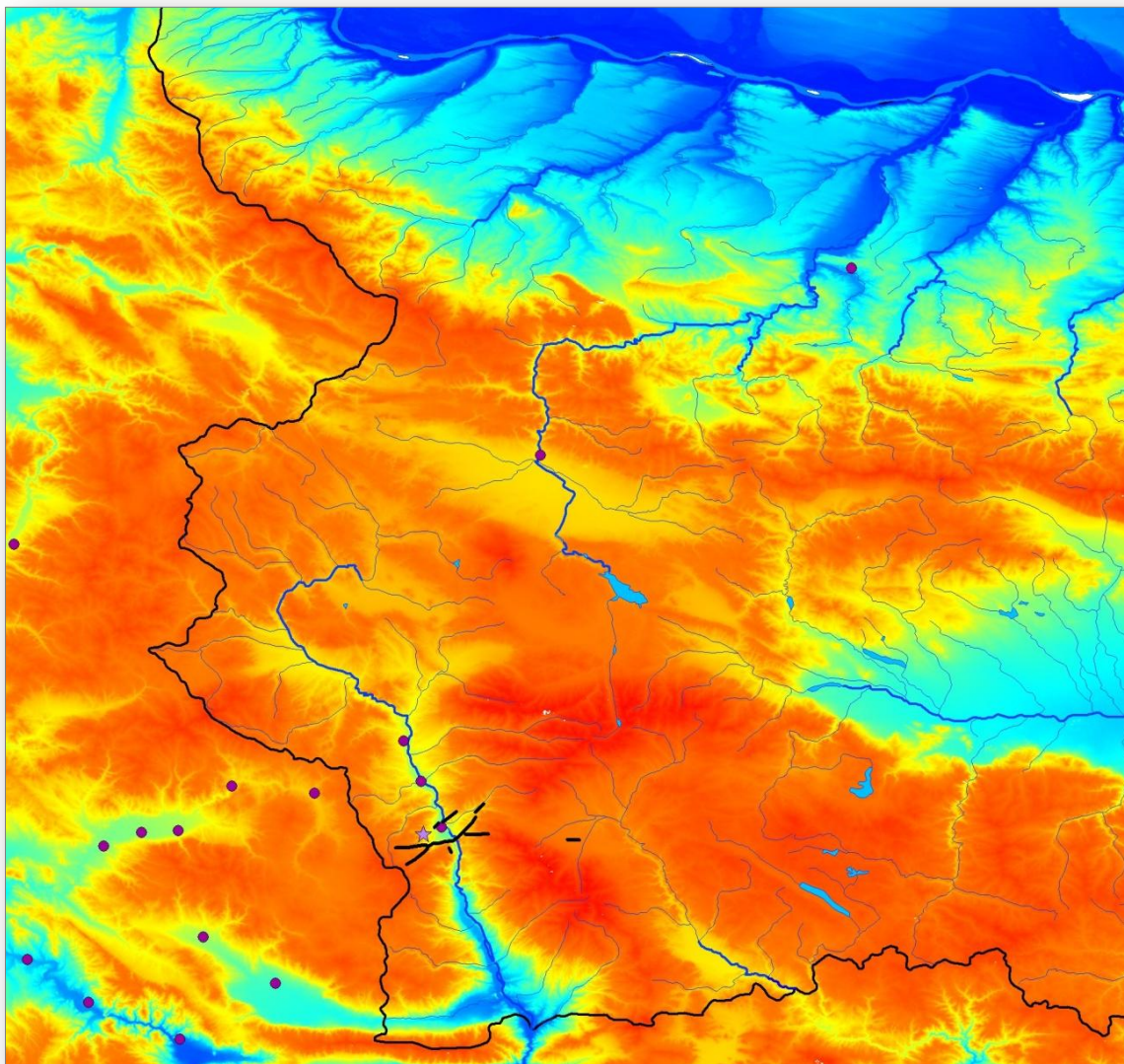
Хидродинамични явления са констатирани в северната периферия на Софийската котловина по време на Крупнишкото земетресение от 1904 (Вацов, 1905; Ivanov, Frangov, 2000).



Фиг. 2.27. Деформации на терена причинени от втечняване на водонаситени пясъци в терасата на река Янтра при с. Новград (сн. акад. Ил. Бручев)



Фиг. 2.28. Деформации на терена причинени от втечняване на водонаситени пясъци в района на село Вардим (сн. акад. Ил. Бручев)



Фиг. 2.29. Регистрирани случаи на втечняване по време на земетресението от 04.04.1904 г. $M=7.8$ в района Крупник-Кресна (Ambraseys, 2001; Dobrev & Petrov 2007). Най-отдалечените от епицентъра случаи на втечняване са: с. Рупци, Плевенско - 182 km, Враня, Сърбия - 118 km и Гниляне, Софийска котловина - 107 km (случаите на втечняване са показани с кръгчета, епицентърът е със звезда).

Релефът на Софийската котловина е равнинен и предпланински със средна надморска височина 550 m. През кватернера бавното издигане на съседните планини заедно с някои части от Софийския басейн е довело до образуването на 3-4 речни тераси на р. Искър и нейните притоци. Най-ниската точка в полето - 506 m е там, където р. Искър напуска Софийското поле и навлиза в пролом през Стара планина (т.нар. Курилски праг). Тук се събират главните реки, които отводняват котловината - от северозапад р. Блато, а от изток - р. Лесновска (фиг. 2.30).

Нивата на подземните води в грунтовия басейн на реките Искър и Лесновска варират от 0 до 4 m, средно от 1 до 1,5 m. Площите на постоянно заблатените терени в ниските централни части на Софийската котловина, главно по поречията на реките Блато, Лесновска и Искър са възлизали на 30 km². Сезонно заблатените площи заемат още около 100 km². По-голямата част от тези терени сега са осушени и рекултивирани (Алдомировското блато). Постоянни заблатявания са останали източно от с. Долни Богров в кв. Гниляне, изворите на р. Блато при Опицвет и Безден.

В Софийското поле потенциално застрашени от протичане са кватернерните пясъци, залягащи на неголеми дълбочини (фиг. 2.31). Подлежащи на втечняване са всички финозърнести, несвързани или слабосвързани фракции, когато са водонаситени. Най-склонни към втечняване в Софийската котловина са водонаситените отложения от ниските заливни тераси на по-големите реки протичащи през басейна (Беров, 1996; Berov, Ivanov, 1995). Втечняване на пясъци се явява често при сондажни работи в речните отложения.

При сеизмични въздействия се предизвиква повишение на поровото налягане в долния пясъчлив слой до критични стойности, над които се достига до нулево триене между пясъчните частици и разкъсване на покривния водоупорен пласт. Проявява се водно-пясъчен вулканизъм и постепенна редукция на поровото налягане. Сеизмичното въздействие на Крупнишкото земетресение от 1904 г. е съпроводено от шест хидроразривни деформации и изхвърляне на втечнен пясък по терасите на р. Искър при с. Гниляне на височина до 10-15 m (Вацов, 1905). Разстоянието от епицентъра на земетресението до разглеждания район е 115 km и констатираните прояви на протичане на пясъците добре корелира с установени от други изследователи зависимости между магнитуда на земетресенията, разстоянията и сеизмохидродинамичните явления (Holzer, ed., 1998).

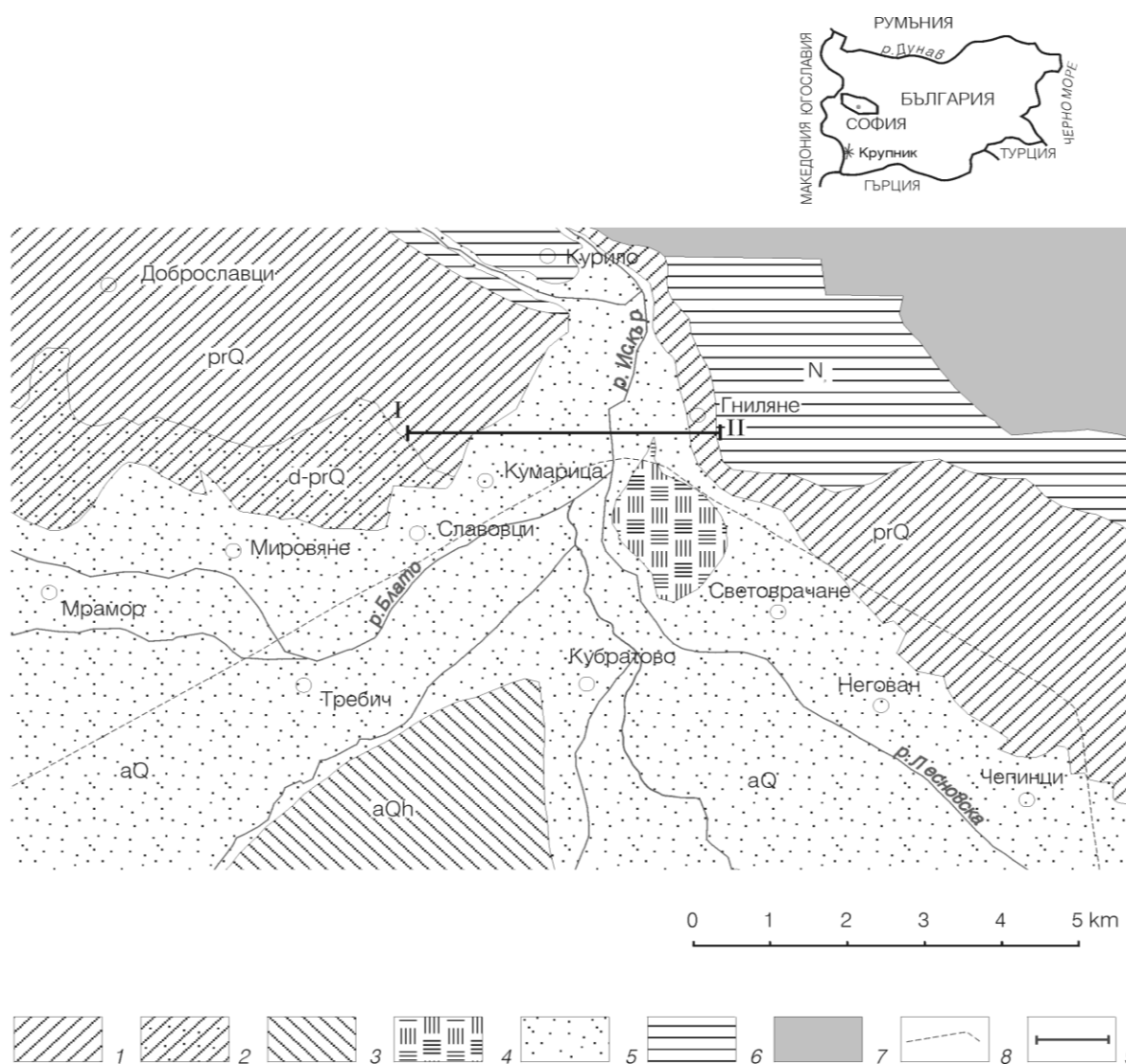
Стражишките земетресения през 1986 г. показват и един друг аспект на втечняването - а именно известен демпфериращ ефект, изразяващ се в намаляване на силните колебания на повърхността (Michailov et al., 1990). Независимо от наблюдаваното втечняване на пясъчни пластове от терасата на река Голяма в дълбочинния интервал между 5 и 12 метра, разрушенията са били по-малки в сравнение с тези по долинния склон, което се дължи на намаляването на максималните ускорения на земната повърхност, вследствие на поглъщане на голяма част от сеизмичната енергия.

Процесът на втечняване на водонаситени несвързани почви се влияе от голям брой фактори, а именно:

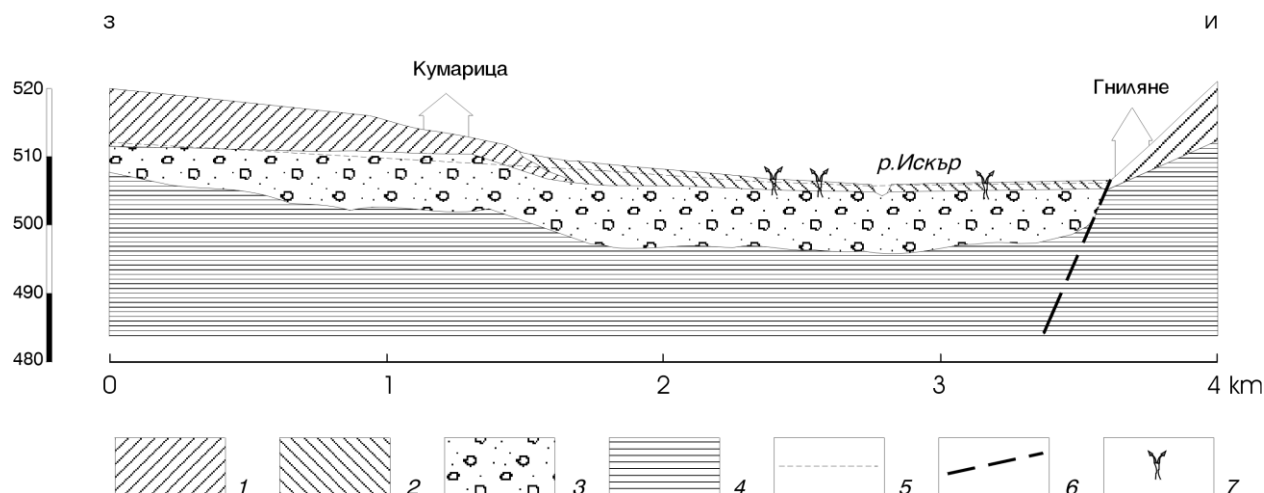
- ✓ зърнометричният състав – праховите и еднородни пясъци са по-склонни

към втечняване, в сравнение с едрозърнестите при равни други условия. Важно значение има и сортировката на пясъците.

✓ относителната плътност – това е един от най-важните фактори влияещи върху процесите на втечняване. Колкото по-голяма е относителната плътност на пясъка, толкова по-малка е вероятността той да се втечни при сеизмични въздействия.



Фиг. 2.30. Инженерно-геоложка карта на района в северната част от Софийската котловина: 1 - чакъли и валуни с глинесто-песъчлив запълнител, prQh; 2 - глини, песъчливи, с чакъли, d-prQh; 3 - глини, черни, прахови (смолници), aQh; 4- глини, с растителни включения (езерно-блатни образувания), lQh; 5 - пясъци и чакъли с глинесто-песъчлив и песъчлив запълнител с глини, aQh; 6 - глини прахови и песъчливи, niN₁₋₂; 7 - скални инженерногеоложки разновидности, Mz+Pz; 8 - околоръстен път на гр. София; 9 - геоложки разрез I-II.



Фиг. 2.31. Геоложки разрез I-II : 1 - глини, песъчливи, с чакъли, d-prQh; 2 - глини, кафяви, песъчливи с отделни чакъли, aQh; 3 - пясъци и чакъли с глинесто-песъчлив и песъчлив запълнител; 4 - глини прахови и песъчливи, piN₁₋₂; 5 - ниво на подземните води; 6 - разлом; 7 - сеизмо-хидродинамични прояви (втечняване).

✓ параметрите на динамичното въздействие – при ударно въздействие може да се втечни едновременно целият пласт, докато ако динамичното въздействие е вибродинамично, втечняването започва от горната част на пласта и постепенно се развива в дълбочина (Florin and Ivanov, 1961).

✓ условията за дрениране и размерите на пластовете – когато пясъците са с по-висока проводимост, възможностите за дрениране нарастват, което прави тези пластовете по-устойчиви при динамични въздействия по отношение опасността от втечняване.

✓ геоложката възраст на отложенията – пясъците с по-стара възраст имат по-голямо съпротивление срещу втечняване в сравнение с по-младите, което се дължи на възникването на контакти между частиците и наличието на структурни връзки.

✓ историята на натоварването – пясъците, които са били подложени на динамични въздействия в миналото и са реализирани деформации в тях, са по-малко чувствителни към втечняване.

✓ разтвореният във водата въздух – разтвореният във водата въздух намалява възможностите за втечняване на пясъците, тъй като при динамичните въздействия част от порния натиск, който се формира в пласта се разсейва в резултат на свиването му.

Вероятност за втечняване в определен район е налице, когато са изпълнени следните условия:

- наличие в геоложки разрез на дълбочина до 30 м на водонаситени слаби почви (пясъци, тини или льос);

- водонаситените слаби почви са с дебелина по-голяма от 3 м, или се намират между два водонепропускливи пласта.
- допустими са динамични натоварвания.

В специалната литература са известни различни методи за оценка склонността на водонаситените пясъци към втечняване (Seed, 1979 и др.), напр.:

- статистически (емпирични) методи, основаващи се на изследване поведението на водонаситени пясъци при минали земетресения и някои от физичните и механичните им показатели.
- аналитични методи, основаващи се на сравнение на напреженията индуцирани в почвата от сеизмично въздействие с тези предизвикващи втечняване, определени в лабораторни условия.
- числени методи, основаващи се на прогнозиране на измененията на порния натиск при сеизмични въздействия въз основа на диференциалното уравнение на филтрационната консолидация.

С най-голяма податливост (потенциал) към втечняване са младите геоложки седименти с кватернерна (Q) възраст - съвременни и холоценски (Youd and Hoose, 1977, Youd and Perkins, 1978). Това са предимно алувиални образувания (глини, пясъци и чакъли), изграждащи речните и морски тераси, съвременни недоуплътнени водонаситени насипи и др. Тази характеристика е използвана и при настоящата оценка на явлението за България (табл. 2.11).

Табл. 2.11. Категоризация на терените по опасност от втечняване на слаби почви

Описание	Податливост на геоморфоложките единици към втечняване.	Потенциал за втечняване (степен)	Точки
Пролувиални отложения холоценски и по-стари, слабо водонаситени, средно плътни до плътни	Тераси, хълмове, планини	Много ниска	1
Преотложени, водонаситени почви, средно плътни до плътни	Пролувиални конуси, естествени диги, пясъчни дюни, заливни равнини, морски бряг, други равнини	Ниска	2
Глини, пясъци и чакъли със средна плътност		Средна	3
Естествени диги, пясъчни дюни, водонаситен льос, ниска до средна плътност	Съвременни и холоценски речни легла, низини, блата, мелиоративни земи, ниски речни и морски тераси	Висока	4
Съвременни и холоценски алувиални и морски отложения, пясъци и глини с ниска плътност		Много висока	5

❖ **Набъбване на строителни почви**

Набъбването е един от инженерногеоложките процеси със съществен неблагоприятен ефект за строителната дейност. То е елемент от т.н. "обемно непостоянство" на строителните почви, свързано с увеличаване на техния обем и разуплътняване на скелета при водонасищане, и обратно - обемно свиване и уплътняване при изсъхване. В природни условия тези два взаимно свързани процеса се реализират най-често последователно и циклично, под влияние на сезонните колебания на влажностния режим на масива. Набъбването е от процесите с непрекъснато действие водещи и до внезапни (рискови) явления

Набъбването най-често води до напукване на стените и носещите конструкции на сградите, а при съоръжения и до невъзстановими нарушения.

Набъбването и съсъхването на масива оказват решаващо влияние и върху неговите механични свойства. Разуплътняването на скелета на грунта и неговото водонасищане водят до пропорционално намаляване на якостта на срязване, което от своя страна е благоприятен фактор за развитие на склонови процеси и явления и намаляване на носимоспособността на земната основа. От друга страна, при обратния процес на свиване на грунта, в масива се развиват вертикални пукнатини, които в последствие осигуряват достъпа на вода и предават хидростатичното разклоняващо налягане по стените си, водещо до тяхното развитие в дълбочина. Този процес е особено опасен за насипни съоръжения, диги от глинести материали или с глинести ядра, и води до постепенното им разуплътняване и разрушаване.

Факторите, определящи параметрите на набъбване, са състав и строеж на глинестата почва (вида на глинестите минерали и микроструктурата на грунта) и големина на прилагания върху почвата външен товар.

Набъбващите почви у нас са представени предимно от холоценски черни глини (смолници) и блатни глини. Смолниците са разпространени в Северна България, Софийско, Бургаско, Чирпанско и др. Те се разкриват на повърхността и при цикличното им навлажняване и изсъхване, изменят обема си, при което плитко фундираните сгради се напукват и деформират. Характерен пример в това отношение е квартал "Красна" във Вършец, където повечето от едно- и двуетажните къщи и постройки са напукани, като някои от пукнатините са със ширина 2 - 3 см. Друг типичен пример са проблемите с набъбване на земната основа в различни части на гр. Перник и повредите в сградите и съоръженията, които най-често са отнасяни за сметка на иначе широко развитите в района свлачища и движения на масива над стари минни изработки.

Към набъбване са склонни и някои плиоценски и олигоценски глини и по-стари мергелни глини, които в естествени условия се намират в преуплътнено състояние.

Набъбващите глини в България обхващат целия диапазон - от слабо- до силнонабъбващи, като плиоценските глини от Ломско и Софийско са с най-високи стойности на набъбване. Деформацията на набъбване се изменя от 6% при смолниците от Монтанско до 48% при плиоценските глини от Софийско. Напрежението на набъбване за черните глини от Бургаско е 0,08 МПа, а за плиоценските глини от Ломския басейн достига до 0,29 МПа.

Най-важната особенност при **оценка на рисковите категории** за набъбването е, че то има определена териториална привързаност, определена от една страна от разпространението на набъбващи почви и зоните с неблагоприятна техногенна намеса (оводняване на масива, екранизиране, замърсяване на почвите и др.) от друга. Освен това е наложително в засегнатите райони да се диферинцират пораженията от обемно непостоянство на почвите от тези, предизвикани от свлачища и/или движение на масива над минни изработки (Методика за оценка ..., 2014).

Табл. 2.12. Категоризация на опасността от набъбване на строителни почви

Описание	Точки
Слабо набъбващи почви. Наличие на пукнатини с дълбочина над 0.5÷1.0m и възможност за проникване на повърхностни води в тях.	1
Набъбване с малка интензивност и сила на набъбване, предизвикано от промяна във влажностен режим.	2
Набъбване с близка или по-голяма от натоварването на единични сгради и съоръжения сила на набъбване	3
Набъбване, засягащо групи сгради и съоръжения със значителни диференциални премествания на основите	4
Набъбване с голяма интензивност и сила на набъбване, засягащо цели квартали със значителни диференциални премествания на основите.	5

1-много ниска, 2-ниска, 3-средна, 4-висока, 5-много висока опасност

3. Определяне уязвимостта на териториите, като се отчитат всички влияещи върху нея фактори, включително влиянието на климатичните промени.

Казаното дотук, подчертава значимостта на природните бедствия в живота и развитието на обществата и възможностите им за противодействие в различни исторически епохи, а и в бъдеще. Ефективността на това противодействие е функция на икономическото развитие на страните, на равнището, достигнато от науките и технологиите, на наличието на държавнически и политически умения да се управляват кризисни състояния, на готовността на обществото да ги посреща. За да изпълни предназначението си, тази сложна конфигурация от лица, организации, дейности и др. има нужда и от оценки на геодинамичните рискови категории, когато е възможно и в количествено изражение. Макар и много полезни, геодинамичните рискови категории: опасност, риск, уязвимост не винаги са достатъчни, поради голямата сложност и разнообразие на бедствията, които имат свои собствени белези, характеристики, особености, измерители. Най-същественият елемент в обединяващото звено е, че всички без изключение са разрушителни с всички произтичащи от това последствия. Универсален измерител на сумарните загуби е финансовият им еквивалент, който при големи бедствия достига внушителни размери. Когато това се отнася за малка страна, с ниска степен на икономическо развитие, с недостатъчни възможности за бързо и ефективно противодействие, тя може да изпадне в тежка обща криза. Сведения за катастрофични събития от различно естество съществуват в много източници от древността до наши дни и независимо от наличието и на хиперболизации, в тях има и много истини.

Подялбата на видовете оценки се основава на различни показатели и признаци, например: качествени, полуколичествени и количествени, според информацията, на които се основават. Същите белези носят и съответните графични изображения в различните им видове – графици, карти и районираня. По тези оценки се групират и страните, от които едни са на равнището на качествените оценки, други използват и полуколичествени, а трети са достигнали до количествените. Последните вероятно са най-малобройни и съответно това са най-напредналите в икономическо, технологично и научно отношение страни, в т.ч. и от Европейския съюз. Друга подялба на оценките е по степента на тяхната приложимост и обхват: а) общи оценки, валидни за всички видове природни бедствия; б) групови оценки, валидни за отделни групи бедствени процеси; в) индивидуални оценки, характерни за отделни видове бедствия (напр. за земетресенията това са магнитуди и интензивности). Те също имат своите класификации, скали, числени характеристики. В градацията на явленията от един и същи вид, по-силните от тях придобиват бедствени състояния, останалите са с незначителни или никакви

последствия. По числените характеристики на тези явления и по количеството и разнообразието на последствията се определя мястото им в приетите класации. Пролічвава как малък сектор от структурата на природните бедствия, притежава широки изследователски хоризонти, които предстои да бъдат овладявани.

Много често бедствията са комбинирани от каскадно разположени и взаимно зависими разрушителни процеси (фиг.3.1). Това също трябва да се отчита при оценките.



Фиг. 3.1. Пример за каскадна серия от разрушителни процеси в условия на морско крайбрежие, намиращи се в причинно-следствени зависимости.

Процесът на оценяване на уязвимостта включва идентифициране, количествено определяне и приоритизиране на различните видове уязвимости в дадена система. Уязвимост от гледна точка на управление на геоложките опасности означава оценка на заплахата от страна на потенциални опасни явления за населението и инфраструктурата. Тя може да се анализира в различни аспекти – политически, социални, икономически или екологични. Докато опасността може да бъде

изразена чрез честотата на определен вид явление, например свличане с определен обем или от определен тип, то при оценката на риска се добавят и потенциалните човешки загуби (годишна вероятност на човешки загуби) и на имущество (годишна стойност на имуществени загуби) за елементите, изложени на риск, които представляват времеви и пространствени вероятност и уязвимост.

3.1. Преглед на природните процеси и влиянието им върху разглежданата територия

Всяка територия може да бъде засегната от влиянието на различни природни процеси (природни явления). Те се проявяват като мощни разрушителни сили, предизвикващи неблагоприятни, дестабилизиращи последици. Обикновено протичат бързо, повторяеми са във времето и най-често не могат да бъдат управлявани от хората. За профилактика (намаление) на очакваните щети от въздействието им и при избор на ефективни защитни мерки е необходима оценка на уязвимостта на изследваната територията.

Оценката на уязвимостта се основава на изследване на взаимодействието на природните процеси с различните обекти, разположени на разглежданата територия. Тази оценка намира широко приложение в областта на прогнозирането на природни процеси и планирането на превантивни мерки, които могат да бъдат взети, за да се смекчат неблагоприятните последици от въздействието на природните процеси.

Уязвимостта е свързана с характеристиките и обстоятелствата на една територия, общност или система. Тези характеристики и определени обстоятелства правят общността или системата податливи на опасностите и загубите. Има много аспекти на уязвимост, произтичащи от различни физически, социални, икономически и екологични фактори.

Примерите могат да включват: лошо проектиране и строителство на сгради, неадекватна защита на активи, разположени върху разглежданата територия, липса на обществена информация и осведоменост, ограничено официално признаване на рискове и липсата на мерки и готовност за избягване на щетите, незачитане на разумно управление на околната среда (UNISDR, 2009) и др.

Според различните видове загуби уязвимостта може да се определи като физическа уязвимост, икономическата уязвимост, социалната уязвимост и уязвимост на околната среда. В случая разглеждаме физическата уязвимост, предизвикана от естествени природни процеси, причиняващи природни бедствия. За оценката на уязвимостта е необходимо да се познават естествените природи

процеси. Те от своя страна могат да окажат няколко вида въздействия върху разглежданата територия, а именно:

- Еднократен ефект от природни бедствия: това са бедствия, които се повтарят често, но бързо се развиват във времето. Тук се включват циклони, торнадо, светкавици, наводнения, цунами, земетресения, свлачища и други.

- Мултипликационен ефект: проявата на различни природни бедствия едновременно (земетресение и други), както и при многократно повтарящи се процеси (наводнения, лавини, урагани, торнадо, и т.н.)

Въздействията могат да бъдат с внезапен характер или постоянни във времето (табл. 3.1).

Внезапните въздействия не само се характеризират с неочаквани събития и кратка продължителност, но също така и със значителна интензивност и по-тежки последици. Повторната поява на еднократни ефекти в едни и същи природни условия, в рамките на отделните области е характерна практика за много процеси.

Таблица 3.1. Основни естествени процеси

Внезапни естествени процеси		Постоянни естествени процеси	
Геоложки процеси	Метеорологични процеси	Геоложки процеси	Метеорологични процеси
Земетресения	Суша	Пропадане на льос	Заблацияване
Свлачища	Вълнение	Карст	Промяна на климата
Свлачищни потоци	Цунами	Странична ерозия	Заблацияване на съществуващи водоеми с намаляване на кислорода във водата (еутрофикация)
Срутища	Наводнение *	Дълбочинна ерозия	
Лавини	Ураган	Повърхностна ерозия (отмиване)	
Вулканични изригвания	Торнадо	Изветряне на скални комплекси	
	Температурни аномалии, Градушки, Недостиг на вода, Горски пожари	Плитки подземни води	

* Наводнение – процесът е от естествен и техногенен характер

Постоянното въздействие от природните процеси е относително непроменливо във времето и пространството (ерозия, абразия и др.). Част от тези процеси са значително повлияни от човешката дейност. Когато промените от постоянните въздействия се натрупат, територията на тяхното развитие се разширява, достига се до едно критично ниво, което е придружено от «взривна»

ситуация. Някои процеси могат да се появят в групи и синхронно, други последователно – под формата на генетично свързани вериги, като при някои процеси единият предизвиква другия.

Естествените процеси се различават значително по:

- Причините за възникване. Те могат да бъдат природни и причинени от човека (техногенни, антропогенни).

- Време на проявата - постоянен (наводнения, ерозия, карст), и дългосрочен (сезонен) (наводнение), кратки във времето (свладище, наводнения предизвикани от аварии на хидросъоръжения и др.);

- Площно разпределение - голямо (ерозия), местно (карстови процеси);

- Процеси на взаимодействие – поединично и в групи. Например земетресение – свладищни потоци – в резултат - унищожаването на горите - развитие на ерозионни процеси, като същевременно се намалява обемът на производството на кислород - влошават се условията за човешка дейност и др.;

- Интензитет на въздействие - брой едновременно освободена енергия по време на действие на естествения процес (интензивността на екзогенен брой геоложки опасности е функция на обема и скоростта на еднократна сума движеща се маса от скали, вода-камък и сняг). Интензивността на разрушителното въздействие води до нарушаване целостта на природните системи, унищожаването на флората и фауната, и т.н.

- Обект на въздействието - отделни обекти на икономиката и геосистемата на разглежданата територия.

- Предвидимост - внезапна (с последствията от извънредна ситуация) и очакваните последствия (предварително предотвратими);

- Последствия - материални загуби (разрушаване на сгради, поради наводнения, карстови процеси и др.); влошаване на условията на живот (загуба на комфорт на обитаване в сграден фонд и т.н.); увреждане на здравето на хората и дори човешки жертви (земетресение, лавини, свладища); загуба на земеделски култури, поради ерозия; увреждане на околната среда (влошаване на качеството на отделните компоненти, тяхното унищожаване, нарушение на стабилността на Геосистема).

Отмиването на почвената покривка зависи от наклона на склоновете: отмиване почвената покривка повече от 60% се установява при наклон на склона над 10 градуса. Добивът в зони със слабо ерозирали терени намалява с 10-20%, а при силно ерозирали - 50-70%. По този начин се усещат материални загуби от повърхностната ерозия.

Лъсовите терени пропадат под действие на собственото си тегло при намокряне. Това води до загубата на товароносимост и образуване на местни понижения на терена.

Гравитационните процеси са разпространени в терени със стръмни наклони, с подходящ геоложки строеж и в планинските области. Възникват свлачища, срутища, лавини, кални потоци и др., които засягат най-често части от инженерни съоръжения и икономически обекти.

Климатичните особености и различните метеороложки фактори са взети под внимание при обособяване на отделните области и региони при Инженерногеоложкото райониране на България (Каменов, Илиев, 1963), тъй като влияят върху интензитета на развитието на отделни геоложки процеси, които имат решаващо значение за общата устойчивост и здравината на скалите. От интензитета и количеството на валежите до голяма степен зависи и развитието на свлачищните и ерозионните процеси. Физическото изветряне и разрушаването на скалите е непосредствено свързано с температурните колебания и най-вече с колебанията около 0°.

По отношение на промените в климата в България, се наблюдава тенденция към затопляне, както и увеличение на:

- честотата на екстремните метеорологични и климатични явления;
- регистрираните в метеорологичната мрежа случаи с проливни валежи за периода 1991-2008 година;
- честота на средния брой дни с гръмотевични бури и градушки в по-хладни десетдневия през април и септември през периода 1991-2008 г. спрямо същите за базисния период 1961-1990 г.;
- годишната амплитуда между максималната и минималната температура на въздуха намалява като минималната температура се повишава по-бързо от максималната.

Дебелината на снежната покривка показва тенденция към намаление в края на миналия век. Горната граница на широколистните гори се измества към по-голяма надморска височина. Съществува тенденция за увеличаване на недостига на вода в почвата в резултат на повишения разход на вода, която се изпарява от повърхността на почвата и чрез транспирацията на растителността. Средната годишна температура през 2009 г. е с 1,2°C над климатичната норма и това е поредната дванадесета година с температури по-високи от обичайните за страната. Десетилетието 2000-2009 е по-топло от предходното (1990-1999), което от своя страна е по-топло от десетгодишния период преди него (1980-1989).

След 1989 г., 18 от последните 21 години са с положителни аномалии на средната годишна температура на въздуха спрямо климатичната норма на базисния период 1961-1990 година.

Резултатите от прогнозирането на климатичните промени в България за следващите сто години, получени чрез прилагане на регионалния модел ALADIN (*Предварителна оценка на риска от наводнения, 2011. Басейнова дирекция за управление на водите в Източноевропейски район*), предвиждат:

- по-меки зими през следващите десетилетия и намаляване броя на дните с пикови ниски температури;
- процентът на летните дни да нарасне с 18-20% в повечето равнинни места в Южна България, а горещите дни да се увеличат до 30% до края на 21-ви век.
- повишение на средната температура в България между 2°C и 5°C до края на 21-ви век.
- най-значими са нарастванията на случаите с валеж между 5 и 10 литра за денонощие и тези над 40 литра за денонощие. Слабите валежи до 5 литра спадат значително.

За намаление на очакваните щети от въздействието на естествените процеси и избор на ефективни защитни мерки е необходима **оценка на уязвимостта на територията**. Тя се основава на изследване на взаимодействието на естествени процеси върху териториалните обекти, процеси и закономерности на тяхното развитие в изследваната област, на различни сценарии за развитие на процесите и очакваните последици от тях в бъдеще. Повечето от съществуващите подходи към оценката на уязвимостта не са универсални дори в рамките на един и същ вид геосистема, тъй като в зависимост от произхода, естеството и продължителността на използване на територията, промените ще имат своите специфики.

3.2. Метод за вътрешно-регионален преглед на риска с помощта на резултати от претегляне на опасностите

При съставянето на картата на обобщения (интегриран) риск използвахме подхода на претегляне на опасностите за цялата територия на страната. Съображенията ни за този подход са, че на настоящия етап ще липсват множество елементи и данни, които са необходими за оценката само на риска или само на опасността. Предложената по-долу схема е съобразена с редица изследвания в Европа, прилагани при съставянето на подобни карти. При настоящата разработка сме се придържали към Методиката за оценка на геоложкия риск (2014), както и на метода, разработен в „*Пространствени ефекти и управление на природни и технологични опасности в Европа - ESPON 1.3.1*“ – резюме под редакцията на Philipp Schmidt-Thomé:

https://www.espon.eu/export/sites/default/Documents/Projects/ESPON2006Projects/The_maticProjects/NaturalHazards/fr-1.3.1_revised-full.pdf

Методът е адаптиран към наличните данни и геосистемите в България.

Съгласно предложения метод, оценката на риска за дадена територия следва да се направи на базата на съвпадението на опасност и уязвимост (Blaikie, 1994; Helm, 1996; Крон, 2002). И двата елемента (опасност и уязвимост) се представят от определени показатели (фиг. 3.2). По-нататък, методът е описан като последователност от етапи, водещи до определянето на *класа на обобщения риск*.

Първи етап: Определяне на тегловната оценка на опасността за всяка отделна опасност от група експерти

Опасностите и уязвимостта се считат за претеглени, т.е., може предварително да се оцени, каква тежест в изследваната територия ще има вероятността от настъпване на дадена опасност и резултатите (уязвимостта) от нейното възникване. Тежестите за опасност (тегловната оценка) се получават чрез използването на метода на Delphi (комисията от експерти на всеки единичен риск).

Показателите за уязвимост също са частично претеглени (оценени), чрез прилагане на Делфи метода. Общата сума от тегловни оценки на опасностите може да се приравни към 100 %.

ОПАСНОСТ		УЯЗВИМОСТ			
Тегловна оценка на опасността	Коефициент на опасност (интензивност)	Показател А		Показател Б	
Претеглена Оценка на опасността		Клас	Тегловна оценка	Клас	Тегловна оценка
Обобщени резултати за опасност		Клас на уязвимост			
Обобщен клас на опасността					
КЛАС НА ОБОБЩЕНИЯ (ИНТЕГРИРАН) РИСК					

Фигура 3.2. Опростена процедура за определяне на класове за обобщения (интегриран) риск

Втори етап: Избор на показатели, които определят опасността и уязвимостта дадена територия

В случая "опасността" е представена от честотата (интензивността) на определен вид опасност за изследваната територия.

Уязвимостта е представена от показатели на БВП на глава от населението и гъстотата на населението. Показатели за уязвимост могат да бъдат многобройни (на фигурата са посочени само две от тях). *Подходът е отворен за включването на*

повече показатели, които могат да се използват в зависимост от наличните данни.

Интензивността на опасността може да бъде много ниска, ниска, средна, висока и много висока, като класовете са съответно от I до V.

Трети етап: Определяне на коефициента на опасност

Коефициентът на опасност се определя според интензивността на определен вид опасност за изследваната територия. Той се извлича от областния клас на интензивност за всяка опасност (Таблица 3.2).

Таблица 3.2. Класове на интензивност на опасността и съответстващия им коефициент за опасност

Класове на интензивност на опасността	Коефициент за опасност
I	0,2
II	0,4
III	0,6
IV	0,8
V	1,0

Коефициентът на опасност се използва като множител за създаване на претеглената оценката на опасността.

Четвърти етап: Получаване и обединяване на резултатите от претеглената опасност

Резултатът **средно претеглената опасност** се получава чрез комбинация на теглото на една опасност и предполагаемата интензивност на тази опасност в референтната (разглежданата) зона (например определена област от територията на страната). Възможно е за даден вид опасност да липсва надеждна информация или тя да не е представена на разположение на експертите. Тегловните стойности за всяка опасност и коефициентите на опасността, получена от потенциалната интензивност, се умножават за получаване на индивидуално претеглен резултат на опасност за всяка опасност (виж таблица 3.3, която дава една нагледна представа за получаването на отделните показатели за оценка на една хипотетична област).

Претеглен резултат на опасност = индивидуалното тегло на опасността * коефициента за опасност

Очакваният резултат (сумата от резултатите на всички опасности) достига стойност между 20% (в случай, че всички интензитет на опасност са клас I и 100%, в случай че всички опасности по интензивност са клас V. В представения пример обобщените оценки достигат до 38,6% (Таблица 3.3).

Таблица 3.3. Оценка и обобщаване на претеглените резултати за определен вид опасност (примерна оценка)

Опасност	Индивидуално тегло на опасността (тежестен коефициент)	Интензитет на класа опасност	Коефициент за опасност (интензивност)	Претеглен резултат на опасността
Вулкани	0,2	I	0,2	0,0
Наводнения	24,8	III	0,6	14,9
Свлачища	2,8	I	0,2	0,6
Земетресения	0,4	I	0,2	0,1
.....		...		23,0
Сума	100			38,6

Пети етап: Класифициране обобщените резултати за опасност

Изчислената обобщена претеглена оценка на опасностите се класифицира въз основа на скала от 5 класа (Таблица 3.4), като най-ниската възможна оценка е 20.

Таблица 3.4. Класификация на обобщения клас на опасност

Обобщен претеглен резултат за опасност в %	Обобщена претеглена оценка (клас) на опасност
20-35	I
35-50	II
50-65	III
65-80	IV
80-100	V

Полученият резултат служи за определяне на регионалния профил на риска чрез комбинация от опасност и уязвимост – виж табл. 3.6.

Шести етап: Определяне класа на уязвимост

Уязвимостта е представена от класа на уязвимост за всяка област от справката (данните):

Клас на уязвимост = индикатора А* тегловната оценка + индикатора Б* тегловната оценка +.....

Както вече споменахме, за индикатор А е приет брутният вътрешен продукт на изследваната област, за индикатор Б – гъстотата на населението в изследваната област. Списъкът с индикатори може да се разшири в зависимост от други налични данни (вид на сградния фонд, клас на наличната инфраструктура и др.).

В таблица 3.5 е показан начинът на изчисление на класа на уязвимост за два хипотетични подрайона от примерно изследвана област. Резултатът е: клас на претеглена уязвимост и клас за всеки подрайон в рамките на изследваната област.

Таблица 3.5. Определяне на класа на уязвимост (например два подрайона от една област).

Област	Гъстота на населението (Тегловна оценка 55%)			БВП на глава от населението (Тегловна оценка 45%)			Клас на уязвимост на Райони с гъстота на населението спрямо БВП
	Брой (население/ km ²)	% среден за Европа	Клас	Стойност	% сре- ден за Европа	Клас	Резултати (тегловна оценка 55;45)
1	2	3	4	5	6	7	8
Район А	1455	1233	5	23.145	112	3	IV
Район Б	242	205	4	16.149	78	3	IV

За определяне класа на уязвимост ползваме данни от таблица 3.6. Таблицата е разработена в „*Project 1.3.1 The spatial effects and management of natural and technological hazards in general and in relation to climate change 3rd Interim Report, March 2004*“

Таблица 3.6. Европейски референтни стойности за показателите за БВП на глава от населението и гъстотата на населението

Степен на уязвимост (Потенциални щети)	БВП на глава от населението		Гъстота на населението	
	Класове** (Средно за EU=100)	Стойност	Класове** (Средно за EU=100)	Стойност
1	2	3	4	5
I	<50	<10307	<25	<30
II	50-75	10307-15460	25-100	30-118
III	75-125	15460-25766	100-200	118-236
IV	125-175	25766-36073	200-250	236-590
V	>175	>36073	>500	>590
EU 15(100%)*	20613		118	

*European Commission 2000

**Classes as proposed in the 2nd ESPON Hazards Interim Report

За район А средната стойност за гъстотата на населението е 1455 човека на km² (таблица 3.5). Съгласно таблица 3.6 средната гъстота на населението в EU е 118 човека на km². Частното между дадената стойност и средната стойност за EU, умножена по 100, ни дава стойността на приведения показател към средноевропейските стойности (колона 3 от табл. 3.5). С получената стойност определяме класа по този показател съгласно табл. 3.5 (колона 8). По същия начин се процедира за останалите показатели.

Седми етап: Определяне на класа на риска (интегрирания риск)

Определянето на класа на интегрирания риск е последният етап, който се осъществява с помощта на матрица. Тя е съставена от комбинация от класа на обобщената опасност с получения клас на уязвимост (Таблица 3.7). Представената процедура дава възможност за по-нататъшно усъвършенстване до нива извън възприетите площи на изследване. Поради ограниченията на съществуващите данни, в случая е избрано за ниво площта на дадена област, за която има данни.

Таблица 3.7. Определяне на регионалния профил на риска чрез комбинация от опасност и уязвимост

Обобщената клас на опасност	Клас на уязвимост				
	I	II	III	IV	V
I	2	3	4	5	6
II	3	4	5	6 (регион А)	7
III	4	5	6	7	8
IV	5	6	7	8	9
V	6	7	8	9	10

В описаните по-горе случаи ще имаме за регион А – клас на опасност II и клас на уязвимост IV. За район Б, случаят е аналогичен.

По посочената по-горе методика се съставят картите за уязвимост по определени показатели за дадена територия, и карти с интегрирания (обобщен) риск за същата територия.

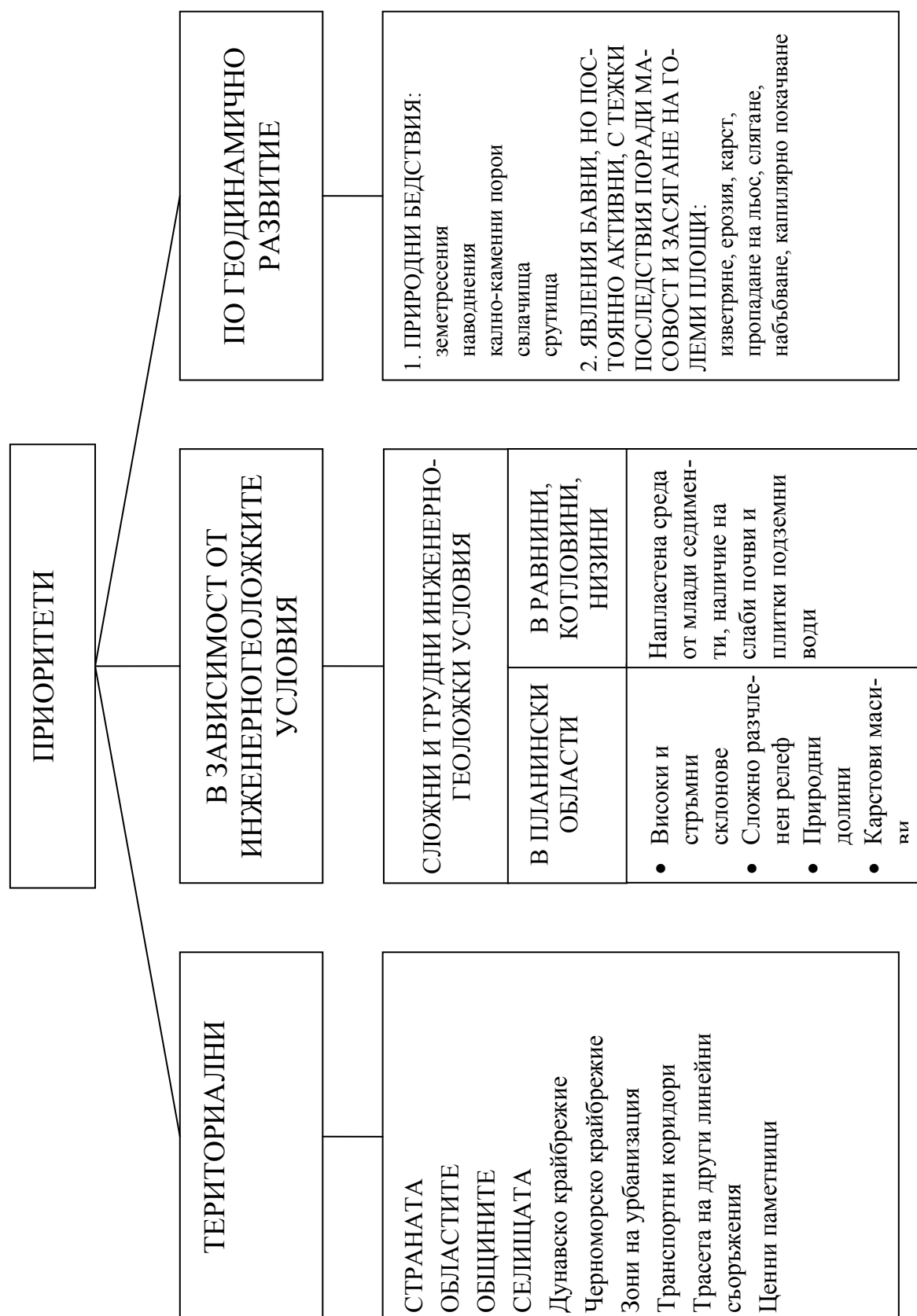
4. Приоритизиране на геоложките опасности за различните територии на страната в зависимост от конкретните инженерногеоложки условия и развита геодинамика

Геозащитните дейности във всичките им аспекти са разнообразни, трудоемки, скъпи и продължителни и това налага да се прави избор на приоритети, ешелонирани във времето. В аванс и в паралел следва да се оценяват рисковете за избраните процеси от геоложките опасности. Тази материя се разработва и се направлява от специално разработени документи – стратегии, програми, планове за действие на национално, регионално и международно равнище. Такива проекти се разработваха и в миналото, за времето си имаха и добри качества, но участието им беше да не се реализират, главно поради липса на финансови средства. И в днешните кризисни времена трудно се покриват разходите дори за текущите спасителни и неотложни аварийно-възстановителни работи (СНАВР). Анализът на този проблем по света показва, че почти никъде няма пълно покритие между необходимите и реално отпусканите средства за постигане на достатъчно висока степен на защита от природните процеси и особено от тежките бедствия. Но за напредналите страни този дефицит е по-приемлив, отколкото при малките – със слаби икономики.

Проблемът с приоритетите се оказва също сложен поради многото разнообразни геоложки опасности с висока степен на представителност и значимост за страната и нейните ограничени възможности за ефективно противодействие. Съобразно заданието е възприет един от начините за схематизиране на обстановката (фиг. 4.1). Следва да се добавят и някои пояснения и допълнения.

Към приоритетите, отделени на териториален принцип за цялата страна, се предвижда създаването на информационна система за геоложките опасности, която да служи за териториално-селищното устройство на страната, за ориентиране на управленски органи при вземане на решения, на експерти при разработване на нормативни документи, за образование и обучение и за осведомяване на населението. Важен елемент в тази система са обзорните карти (М 1: 500 000 и по-дребни) на цялата територия, отразяващи геоложките опасности и рискове. Аналогично е положението с областите, общините и селищата, като картите са в по-едри мащаби. При раздробяването на градоустройствените планове на селищата е необходимо да се отчетат природните дадености и условия, вкл. и геоложките опасности и рискове.

Към териториалните приоритети се включват също зоните с предстояща усилена урбанизация, в т.ч. Дунавското и Черноморското крайбрежие, транспортни коридори и трасета на други линейни съоръжения с голямо национално и международно значение.



Фиг. 4.1. Приоритети при оценката на противодействието на геоложките опасности в България

Специално внимание изискват ценни паметници на културно-историческото наследство, например Мадарският конник.

Източник на приоритети са също сложните и трудни инженерногеоложки условия, срещани в различни региони и области от подялбата на територията на България (Каменов, Илиев, 1963; Каменов и др., 1963). В планинските инженерногеоложки области с висока опасност от гравитационни явления (ерозия, свлачища, срутища, лавини, калнокаменни порои) се характеризират високи и стръмни склонове, проломни долини, разчленен релеф, карстови масиви. Опасността се увеличава при съчетание и с висока сеизмичност. В Мизийския регион, в котловините и низините също има ерозия и свлачища по реките и абразия по морските брегове, но доминираща е опасността от пропадане на лъос, плаващи пясъци, слягане и втечняване на водонаситени слаби почви. Основната опасност произлиза от плиткозалягащите подземни води. С тях са свързани още и заблатявания, засолявания, капилярно покачване, различни видове агресивности.

От геодинамичната обстановка и развитие се очертават две групи процеси и явления с приоритетно значение измежду десетките, влизащи в структурата на геоложките опасности в България. В първата група се включват тези, които достигат размерите на национални бедствия, причиняват жертви, големи разрушения в населените места, инфраструктурата и културноисторическото наследство, с тежки последствия за икономиката. Това са земетресенията, наводненията, кално-каменните порои, големите свлачища и срутища, антропогенните катастрофи. Във втората група явленията нямат белезите на тези от първата, те не са шумни и атрактивни, протичат бавно и извън вниманието на власти, медии и население, обаче нанасят големи щети със своята масовост, широко разпространение на големи площи и непрекъснато действие. Това са изветрянето на скалите, площната ерозия на почвената покривка и отнасянето на плодородни почви във водните басейни.

И понеже приоритетите също са многобройни, ще се прави избор според нуждите на съответното време.

5. Оценка на риска от бедствие за всяка опасност, като се отчитат и вторичните ефекти.

Важен критерий за всякакви подбори, видове и степени на оценки са възможностите за прогнози на явленията, в случая от бедствено естество. Проблемът за прогнозите, в смисъл на тяхното място, време и интензивност, засега няма пълно решение. Най-често се знае в кои места и райони какви бедствия могат да се очакват, но за времето се работи само с вероятности за времеви интервали. Въпреки, че навсякъде по света са изградени национални държавни, обществени и научни организации, ангажирани са световни и регионални институции като ООН и ЕС, научни съюзи и асоциации, всичките загрижени за намаляване на последствията от природни бедствия, все още тази борба не е на необходимото равнище, да отговаря на съвременните нужди на човечеството. Има разбиране какво трябва да се прави, оценява се високата значимост на превантивните дейности, основният проблем е недостигът на финансови средства. Те не достигат дори за спасителни и неотложни аварийно-възстановителни работи при вече възникнали бедствия. Това обстоятелство е обезпокоително за обществото и то трябва да намери изход от това положение.

Краткото определение за природно бедствие се формулира като природна катастрофа, която причинява големи разрушения или загуба на човешки живот.

В България възникват кризисни ситуации при бедствени геоложки процеси и тази опасност ще съществува и за в бъдеще. Големият брой свлачища, неравномерното им разпределение, засягането на урбанизирани територии, индустриални и енергийни зони, комуникации и др. водят до тежки последствия за населението, икономиката и околната среда. Управлението на геоложките рискове с цел тяхното намаляване е проблем с национално значение и неговото успешно решаване ще бъде важен принос за устойчивото развитие и просперитета на страната и нейното европейско бъдеще.

Екзогенните геоложки процеси ката срутища, свлачища, кално-каменни порои, пропадане на лъос и втечняване на слаби почви (при сеизмични въздействия) могат да се причислят пряко към природните бедствия. Процеси като ерозията и абразията, разпространени на територията на нашата страна, могат да се разглеждат като косвено влияещи процеси в каскадната последователност на екзогенните феномени. Като следствие от ерозията и абразията се явява подрязването и подкопаването на речните легла и морските брегове. В резултат се нарушава техният установен стабилитет и се задействат най-често свлачищни и срутищни процеси. Те от своя страна могат да протекат като бедствени според характера на своята разрушителност.

По степен на опасност и възможни последствия, събитията се разделят на четири категории: бедствие, катастрофа, авария и инцидент (Илиев-Бручев, ред., 1994) (табл. 5.1).



Фиг. 5.1. Подялба на разрушителните геоложки процеси по степен на опасност за територията на България

Бедствието се характеризира с наличие на жертви и ранени, разрушения върху обширни площи, големи и невъзвратими загуби, големи по обем възстановителни работи. При катастрофата всичко това е в по-ниска степен. Аварията е събитие с ограничен брой жертви и ранени, сравнително неголеми материални загуби и възможности за бързо възстановяване. Инцидентът се характеризира с единични или липса на жертви и ранени, малки загуби и бързо възстановяване. Независимо че границите между елементите на тази низходяща скала са относителни, тя е полезна при характеристиката на определена територия. За останалите характеристики на процесите и явленията, които съставят геоложката опасност - засегнати площи, форми в план, времетраене, скорост на протичане и степен на предсказуемост също могат да бъдат приети степенни скали.

Табл. 5.1. По-важни характеристики на процеси и явления

Видове разрушителни процеси съставляващи геоложката опасност	Възможни последствия ----- бедствие катастрофа авария инцидент	Засегнати площи ----- глобални зонални регионални локални	Форми в план ----- площни линейни точкови	Времетраене ----- постоянни дълготрайни краткотрайни	Скорост на протичане ----- внезапни бързи средни бавни	Степен на предсказуемост ----- висока средна ниска
1	2	3	4	5	6	7
Движения по разломи:	авария	зонални	линейни	постоянни	бавни	висока
линейна ерозия	катастрофа	регионални	линейни	постоянни	бавни	висока
площна ерозия	инцидент	регионални	площни	постоянни	бавни	висока
Абразия	катастрофа	регионални	линейни	постоянни	бавни	висока
Срутища	катастрофа	локални	точкови	краткотрайни	внезапни	ниска
Свлачища	катастрофа	локални	линейни	дълготрайни	бързи	ниска
Калнок. порои	бедствие	локални	линейни	краткотрайни	внезапни	ниска
Пропадане на льос	авария	локални	точкови	краткотрайни	бързи	средна
Втечняване	авария	регионални	точкови	краткотрайни	бързи	ниска
Набъбване и свиване на почви	инцидент	локални	точкови	дълготрайни	средни	средна

- Степента на опасност и възможните последствия се отнасят за максималната интензивност на съответния процес;

- Линейната форма в план, зависи от мащаба при който се разглежда дадения процес.

Пряко въздействие

Сградите, пътищата, ж.п. линиите и всякакви видове комуникационни и инфраструктурни съоръжения, които попадат в обсега на свлачищата, срутищата и кално-каменните порои, могат да претърпят различни степени на щети, повреди до тяхното пълно разрушаване.

При сеизмични въздействия, като вторично проявени процеси, могат да породят нови срутвания, свлачища, втечняване на слаби почви, протичане и пропадане на льос. Втечняването на слабите почви и пропадането на льоса от своя

страна също могат да причинят разрушаване на сгради, съоръжения и комуникации както и да доведат до загуба на човешки живот. Да припомним само, че при най-смъртоносното земетресение на 20-ти век - Таншанското земетресение с магнитуд 7,8 по Рихтер (Китай, 1976 г.), по официални данни жертвите са над 240 000 души, а други 164 000 души са тежко ранени. Една от основните причини за загубата на тези жертви е пропадането и втечняването на лъсови и слаби почви, които буквално са погълнали цели едноетажни и двуетажни сгради.

Свлачищата, срутищата и кално-каменните порои причиняват висока смъртност и множество наранявания: травми и задушавания от затрупване и заклещване в разрушените сгради.

Наблюдават се и краткосрочни и дългосрочни психични ефекти върху здравето на засегнатите хора.

Косвено въздействие

Всички разрушения на сградния и комуникационния фонд водят до икономически загуби.

Въздействието е огромно върху спасителните системи, намиращи се по пътя на свлачищата (болнични, здравни центрове, водни системи, енергийни и комуникационни линии, магистрали и по-нисък клас пътища, ж.п. линии и др.). Те могат да бъдат сериозно повредени или унищожени.

Косвеният ефект може да включва загуба на имущество, щети в животновъдството, селскостопанските култури и горския фонд, увеличаване на уязвимостта на населението, намаляване на възможностите за справянето с последиците.

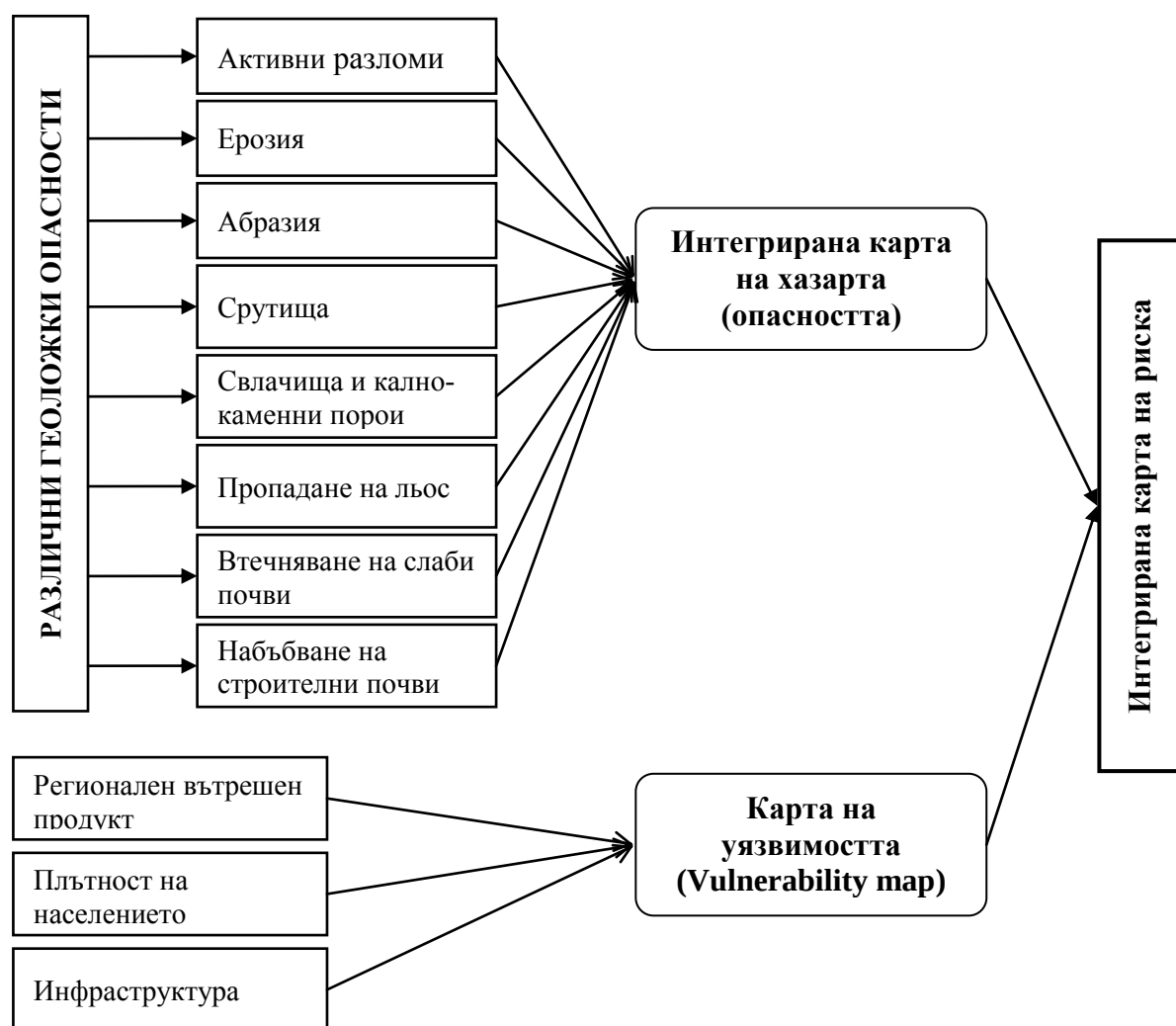
За да се оцени рискът от бедствие за всеки от споменатите геоложки опасни процеси трябва да се очертаят зоните и локалните участъци, в които съществуват условията и факторите за развитие на потенциално бедствие. Това означава, че в хода на картирането е необходима преценката в кои и около кои населени места са на лице подобни условия. Последните включват двете основни групи от условия:

- Геоморфоложките форми, като стръмни склонове и дълбоко всечени дерета, по които е възможно протичането на разрушителни свлачища или кално-каменни порои. Наличието на скални венци, стръмни брегови участъци, срутвания, от които биха засегнали сгради и съоръжения. Разпространението на лъсовите пропадъчни почви и слабите почви, склонни към протичане при сеизмично въздействие;
- Инженерногеоложките условия или вида на инженерногеоложките разновидности, тяхната тектонска преработка, степента на тяхната изветрялост и водонаситеност.

6. Синтезиране на геоложкия риск по територии и тяхното категоризиране в зависимост от него. Създаване на специализирани пространствени данни, които се поддържат и визуализират в среда на Географска информационна система (ГИС).

За оценка на интегралния геоложки риск за територията на България е избран т.нар. мулти-риск подход (фиг. 6.1), като се вземат предвид всички съответни геоложки опасности за определен район, както и неговата уязвимост и по този начин да се оцени нивото на риска от бедствия за този район.

Получената сборна (интегрирана) карта на риска позволява да се види за кои райони нивото на риск е високо, както и площите с потенциална опасност и тяхната уязвимост.



Фиг. 6.1. Изчисляване на индекса на Интегриран риск

Индивидуалната относителната стойност на всеки фактор, формиращ геоложкия риск, се оценява по методология, подреждаща рисковите фактори според евентуални загуби и вероятността за отделно опасно събитие. Това позволява да се класифицират геоложките опасности по рискови фактори и да се оцени относителният им принос към общия риск. За целта за всяка опасност се определя индивидуална относителна стойност или тежест (Табл. 6.1) - мн.висока, висока, средна, ниска, мн. ниска (I = от 0 до 1).

- Изчисляване на Интегрирания риск $R=H*V$ от 0 до 1 (Varnes and IAEG Commission..., 1984; Brabb, 1984)

Табл. 6.1. Относителни стойности за геоложките рискови фактори за територията на България

№	Геоложка опасност - процес (абривиатура)	Тегловна оценка (Индивидуални относителни стойности)
1	Активни разломи (AF)	1
2	Ерозия (ER)	2
3	Абразия (AB)	2
4	Срутища (RF)	5
5	Свлачища (LS)	4
6	Кално-каменни порои (DF)	5
7	Пропадане на льос (CL)	2
8	Втечняване на слаби почви (LQ)	1
9	Набъбване на строителни почви (SW)	0,5
	Общо:	22,5

Геоложката опасност за даден район може да се представи като сбор от индивидуалните стойности за отделните процеси, като е необходимо да се отчете и интензивността на тези процеси.

$$SUM_{\text{hazard}} = AF + ER + AB + RF + LS + DF + CL + LQ + SW \quad (6.1)$$

В началото всяка опасност се класифицира отделно, след което опасностите се комбинират според приетите оценъчни тежестни критерии (G) и се изчислява претеглената оценката на опасността - T за всички процеси (Табл. 6.2). Резултатът се представя в Интегрирана карта на хазарта (опасността), показваща за всяка област комбинирания (общия) потенциал на опасностите (T от 0 до 1).

За присвояване тежестни оценки за всяка от опасностите и създаване на обща карта на геоложка опасност е използван методът на Delphi (Helmer, 1966), базиран на експертни мнения чрез добавяне на интензивността на отделните опасности, класифицирани в пет класа по скала от 1 до 5, което показва много

ниска, ниска, средна, висока и много висока интензивност на съответния процес (табл. 6.3).

Табл. 6.2. Изчисляване на претегления резултат (T) за всяка опасност

№	Геоложка опасност - процес	Клас интензивност	Тежест (G)	Тежест (G')%	Общо (T) (за процес)
1	Активни разломи	$1 \div 5$	1	4,4	$T = I \times G$
2	Ерозия	$1 \div 5$	2	8,9	$T = I \times G$
3	Абразия	$1 \div 5$	2	8,9	$T = I \times G$
4	Срутища	$1 \div 5$	5	22,2	$T = I \times G$
5	Свлачища	$1 \div 5$	4	17,8	$T = I \times G$
6	Кално-каменни порои	$1 \div 5$	5	22,2	$T = I \times G$
7	Пропадане на льос	$1 \div 5$	2	8,9	$T = I \times G$
8	Втечняване на слаби почви	$1 \div 5$	1	4,4	$T = I \times G$
9	Набъбване на строителни почви	$1 \div 5$	0,5	22,2	$T = I \times G$

T е претеглен резултат на опасността; G - индивидуална тежест на опасността; I - коефициент за интензивност на опасността ($0 \div 1$)

Показателите, използвани за измерване на уязвимостта, обхващат както потенциалните щети, така и капацитета за справяне с тях в границите на социално-икономически, физически и екологични измерения. Показателите за потенциални щети измерват нещо конкретно, което може да бъде повредено от опасностите. Те измерват размера на възможните щети в определен регион.

Показатели за капацитета на справянето измерват способността на една общност или регион да се подготви или да отговори на опасностите.

Интегрираната оценка на риска от мулти-опасностите на дадена територия започва със съставяне на отделни карти за всяка опасност (фиг. 6.1.). Съставените по този начин карти показват районите, в които тази опасност е разпространена, както и интензивността на съответните процеси.

Картите на опасностите показват само къде и с каква интензивност са проявени отделните опасности, без да съдържат информация за уязвимостта на района. По този начин тези карти са просто карти на геоложката опасност, но не и карти на риска.

Табл. 6.3. Изчислени стойности на потенциала за всяка опасност

Геоложка опасност - процес	Интензивност (от 1 до 5)			тежест % по Делфи		Total
Активни разломи	5	мн. висока	1	1	4,4%	0,044
	4	висока	0,8			0,036
	3	средна	0,6			0,027
	2	ниска	0,4			0,018
	1	мн. ниска	0,2			0,009
Ерозия	5	мн. висока	1	2	8,9%	0,089
	4	висока	0,8			0,071
	3	средна	0,6			0,053
	2	ниска	0,4			0,036
	1	мн. ниска	0,2			0,018
Абразия	5	мн. висока	1	2	8,9%	0,089
	4	висока	0,8			0,071
	3	средна	0,6			0,053
	2	ниска	0,4			0,036
	1	мн. ниска	0,2			0,018
Срутища	5	мн. висока	1	5	22,2%	0,222
	4	висока	0,8			0,178
	3	средна	0,6			0,133
	2	ниска	0,4			0,089
	1	мн. ниска	0,2			0,044
Свлачища	5	мн. висока	1	4	17,8%	0,178
	4	висока	0,8			0,142
	3	средна	0,6			0,107
	2	ниска	0,4			0,071
	1	мн. ниска	0,2			0,036
Кално-каменни порои	5	мн. висока	1	5	22,2%	0,222
	4	висока	0,8			0,178
	3	средна	0,6			0,133
	2	ниска	0,4			0,089
	1	мн. ниска	0,2			0,044
Пропадане на льос	5	мн. висока	1	2	8,9%	0,089
	4	висока	0,8			0,071
	3	средна	0,6			0,053
	2	ниска	0,4			0,036
	1	мн. ниска	0,2			0,018
Втечняване на слаби почви	5	мн. висока	1	1	4,4%	0,044
	4	висока	0,8			0,036
	3	средна	0,6			0,027
	2	ниска	0,4			0,018
	1	мн. ниска	0,2			0,009
Набъбване на строителни почви	5	мн. висока	1	0,5	2,2%	0,022
	4	висока	0,8			0,018
	3	средна	0,6			0,013
	2	ниска	0,4			0,009
	1	мн. ниска	0,2			0,004
				22,5	100%	1,00

Интензивността на опасността се определя въз основа на данни, например за честотата и степента на проява на даден опасен процес. Те се различават поради специфичните характеристики на всяка опасност, поради което е невъзможно да се излезе с единна класификация, която да е валидна за всички видове опасности. Ето защо интензивността на всяка опасност е класифицирана в споменатите пет класа (Табл. 6.2) и по тях може да се направи карта за съответния процес със съответната атрибутивна таблица. Тази относителна скала донякъде преодолява затрудненията, въпреки проблема с големите, очевидно непреодолими различия в оценката на рисковете между няколко научни дисциплини. Това следва да се разглежда като един от основните проблеми, които пречат на комплексната или интегрирана оценка на риска. В допълнение, тази относителна скала позволява използването на различни опасности, свързани с данни по отношение на няколко пространствено съотнасящи се опасности.

Всяка от геоложките опасности е нанесена чрез специализирани пространствени данни, които се поддържат и визуализират в среда на Географска информационна система (ГИС) (Прил. 1, 2).

Интегрирана карта на опасност: Информацията за всички отделни опасности се интегрира в една карта, показваща за всяка област комбинираният (общият) потенциал на опасностите (Прил. 4).

Математически това е възможно и лесно да се направи (формула 6.1) с помощта на GIS. По-проблематичен е въпросът дали всички опасности трябва да бъдат обобщени с равни или различаващи се тежести, т.е. дали някои опасности са по-важни от други. Подобно претегляне на опасностите предполага нормативни решения, които, разбира се, имат съществено влияние върху резултатите от интегрираните стойности на опасност. Различните системи за претегляне могат да бъдат оправдани в зависимост от последните преживявания на бедствия и по този начин да е повишено възприемането на опасността. За да се дадат различни тежестни оценки на опасностите съответните специалисти и учените често използват т.нар Delphi процес. Методът Delphi, разработен от Хелмер (1966), се превърна в широко приета от широк кръг от институции, министерства, както и научноизследователски организации. Delphi методът се основава на структуриран процес за събиране и синтезиране на знания от една група от експерти чрез итеративно и анонимно изследване на мнения с помощта на въпросници, придружени от контролирана обратна връзка, даваща своето мнение. След няколко кръга от определяне на тежестни оценки, индивидуалните резултати са обобщени с цел постигане на колективни тежести за всички опасности. Всяка от опасностите носи определена тежест, процент от общата опасност, която приемаме за 1 (или 100 %).

Въз основа на това може да се извършва интеграцията на всички опасности и изготвянето на Интегрирана карта на опасността. За тази цел единният диапазон на класа на всяка опасност (1-5), респ. коефициентът за опасността се умножава с Delphi тежест на определена опасност в %. По този начин максималната оценка от всички процеси е 1 или 100 % (виж Табл. 6.3).

Карта на уязвимост: Информацията за проявените и потенциални опасности, както и капацитетът за противодействие срещу тях, се комбинират, за да се създаде карта, показваща общата уязвимост на всеки регион.

Друг основен компонент при оценката на риска е оценката на уязвимостта на даден регион от опасности. Тук се включват експозицията на опасности за дадена площ (инфраструктурни, промишлени съоръжения и производствен капацитет, жилищни сгради и др., които като обобщение са определени от регионалния БВП на глава от населението) и потенциала за човешки увреждания (дефиниран по гъстотата на населението в областта).

Използва се също така и фрагментацията на природните зони като показател за възможни въздействия върху различни екосистеми, тъй като има вероятност те да бъдат напълно унищожени, ако дадена опасност възникне.

Капацитетът за справяне с възникнала бедствена ситуация се отразява върху потенциала на отговор от населението на района. Капацитетът за справяне на дадена област се определя от гъстотата на населението и финансовата, социално-културната и институционална възможност да се справи с бедствието. За прагматични цели се изразява чрез националния БВП на глава от населението, защото ако се случи бедствие, обикновено държавата и националния икономически капацитет са призвани да се справят с последиците на бедствието.

Сумата от тези компоненти на уязвимост дава интегрирания индекс на уязвимост. Накрая, всеки компонент на уязвимост е класифициран в пет класа, като по този начин се улеснява интеграцията на икономическата и социална уязвимост към един интегриран индекс на уязвимост.

Интегрирана карта на риска: Информацията от интегрираната карта на опасностите и картата на уязвимостта се комбинират, за да се получи карта, която показва интегрирания риск, на който всеки регион е изложен.

Интегрираният риск позволява да се прави разлика между тези райони, които са само опасни и тези, които са рискови, както и тези, които имат висока степен на уязвимост.

За тази задача е извършено съчетаване на уязвимостта и потенциала на опасност, като се използва матрица 5x5 (Табл. 6.4). Стойностите на интензивността на опасност на даден регион и степента на уязвимост се сумират, за да се получи интегрирана стойност на риска в региона. Тази процедура на сумиране дава съответни рискови класа (стойности от 0 до 1). Синтезиране на геоложкия риск по територии и тяхното категоризиране в зависимост от него за населените места е илюстрирано в Приложения 3 и 5.

Таблица 6.4. Матрица на Интегрирания риск $R=H*V$.

Уязвимост - V (0-1)	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
Обща опасност-Total						
0	0	0	0	0	0	0
0,2	0	0,04	0,08	0,12	0,16	0,20
0,4	0	0,08	0,16	0,24	0,32	0,40
0,6	0	0,12	0,24	0,36	0,48	0,60
0,8	0	0,16	0,32	0,48	0,64	0,80
1	0	0,20	0,40	0,60	0,80	1

Както се вижда от матрицата, региони в един клас на риска могат да имат една и съща обща стойност на риска, но съставът на техните рискове може да бъде доста различен.

Литература

- Батанджиев, И. М. Матова, С. Стоянов. 1966. Пернишкото земетресение (1965 г.) и някои тектонски въпроси. – *Изв. Геол. инст.*, XV, 313-333.
- Берегов, Р. 1941. Свличания по Черноморското крайбрежие при гр. Балчик. – Год. Дир. природни богатства, отдел А, т. 1, 177-184.
- Беров, Б. 1996. *Разрушителни геоложки процеси в Софийската котловина*. - Автореф. докт. дис., София, 49 с.
- Биолчев, А. 1964. Гората и язвите на земята. *Сп. „Турист“*, кн. 5, 5-6.
- Биолчев, А. 1966. *Ерозия и борбата с нея*. ЗЕМИЗДАТ. София, 460 с.
- Бончев, Ст., Бакалов, П. 1928. Земетресенията в Южна България, на 14 и 18 април 1928 год. Предв. съобщение. – *Сп. Бълг. геол. д-во*, 2, 61-63.
- Бранков, Г. (отг. ред.). 1983. *Земетресението Вранча - 1977 г. Последствия в НР България*. София, изд. БАН, 428 с.
- Вацов, С. 1905. Отчет на забелязаните земетресения през 1904 година. - В: *Земетресения в България*, 5, София, 283 с.
- Вълев, Г. 1959. *Свлачищата в откритите рудници у нас*. – С., Техника, 138 с.
- Върбанов, Р., Бручев Ил., Г. Франгов, Н. Добрев, Пл. Иванов и др. 1999, 2006. *Карта на свлачищата в Република България (населени места, курортни комплекси и вилни зони и републиканска пътна мрежа), М 1 : 500 000*. - МРРБ – МС и Геол. инст. на БАН.
- Геоложка карта на България в М 1:100000*. Картни листа и обяснителен текст към тях.
- Григорова, Ек., Б. Григоров. 1964. *Епицентрите на сеизмичните зони в България*. БАН, 83с.
- Дипозе. 1931. *Отчет за извършеното от 25.IV. 1928 г. до 1 ноември 1931 г. на Дирекцията за подпомагане и възстановяване земетръсната област 1928 г.* С. 421 с.
- Добрев, Н. 1999. *Опасни геоложки процеси в Симитлийския грабен*. Дисертация, ГИ – БАН, 181 стр.
- Добрев, Н., М. Георгиева. 2010. Кално-каменните порои в северната част на Кресненското дефиле: характеристика на зоната на подхранване и свойства на изграждащите я материали. – *Сп. Бълг. Геол. д-во*, 71, 1–3, 113–121.
- Илиев, И. 1973. Влияние на земетресенията върху възникването и активизирането на свлачищата по Добруджанското Черноморско крайбрежие. - *Сп. Бълг. геол. д-во*, 34, 1; 75-85.
- Илиев-Бручев, Ил. (ред), Г. Франгов, Н.Добрев, П.Иванов, Д.Евстатиев, А.Божинова, Д. Карастанев, К.Тодоров, Р.Ангелова, Б.Рангелов, Ю.Карагюлева, П.Петров, Г.Алексиев, Ч. Младенов, Б.Манчев, Д.Бойков, П.Мечкарски. 1994. *Геоложката опасност в България. Карта в М 1:500 000 и обяснителен текст*. ВТС, Троян и изд. БАН, С., 143 с.
- Каменов, Б., А. Демирев, В. Вутков, Ст. Цветков, Е. Аврамова, И. Илиев, Г. Симеонова, Л. Илиева, Г. Милев. 1972. *Свлачищата по Балчишкото Черноморско крайбрежие*. *Изв. ГИ*, 19-20, 5-32.
- Каменов, Б., Ан. Демирев. 1965. Оползневые явления на побережье Черного моря между и Варной и Каварной. – *Доклады КБГА*, VII конгрес, т.5, 91-95.

- Каменов, Б., Демирев, А., Вутков, В., Цветков, С., Симеонова, Г., Илиева, Л., Тимов, Х. 1969. Свлачищата по Черноморското крайбрежие при с. Сарафово, Бургаско. - *Изв. Геол. инст., сер. инж. геол. и хидрогеол.*, 17-18; 23-44.
- Каменов, Б., И. Илиев, М. Гълъбов, Е. Аврамова, Ц. Станчева. 1963. *Инженерно-геоложка карта на България. М 1: 500 000. Обяснителен текст.* – С. Техника, 47.
- Каменов, Б., Ил. Илиев. 1963. Инженерногеолошко райониране на България. *Труд. геол. Бълг., Сер. Инж. геол. и хидрогеол.*, 2, 5-123.
- Кехайов, Т. М., Г. Симеонова. 1977. О характеристике зрозийонного метра Балканид Болгарии. - В: *Материалы 11 Конгресса Карпато-Балканской геологической ассоциации, гидрогеология и инж. геология.* Киев, 60-65.
- Ковачевски, Хр. 1901. Земетресението в Балчишко. – в-к “Народна сила”, бр. 13.
- Коцев, В., Р. Наков, Кл. Бърчфийл. 2000. Първи GPS данни за активната тектоника на България. - *Сп. на БАН, СХИИ*, т. 4, 59-68.
- Ланджев, И. 1946. Свлачищата и мерки срещу тях. – Сп. БИА, 10-11, 319-325.
- Леонтьев, О. К., Л. Г. Никифоров, Г. А. Сафьянов. 1975. *Геоморфология морских берегов.* Изд. МГУ. 336 с.
- Манафов, С. 1902. Срутиванията по скалистите откоси на ж.п. линия София-Роман. – Сп. БИАД, 7, 3-4, 52-61.
- Марински, Й. Г. 1981. Експериментално изследване влиянието на въздуха при удар на стълб течност по гладка твърда преграда. *С. Техническа мисъл.* 184, 81 - 86.
- Маслов, Н. 1957. *Инженерная геология.* М., Госстройиздат. 408 с.
- Методика за оценка на геоложкия риск. 2014. Геол. инс.-БАН, МРРБ, 123 с.
- Минков, М. 1968. Лъсът в Северна България. Комплексно изследване. – С., БАН, 202 с.
- Минков, М., Д. Евстатиев. 1975. Основи, облицовки и екрани от заздравени лъсови почви. - Техника, София, 189 с.
- Норми за проектиране на плоско фундиране. Наредба № 1 за проектиране на плоско фундиране. ДВ, бр. 85/08.10.1996 г.
- Пейчев В. 2014. Абразия. В: *Методика за оценка на геоложкия риск*, МРРБ. София.
- Пейчев В., Д. Димитров. 2012. *Океанология.* Варна. Изд. Онгъл. ISBN 978-954-8279-82-6. 490 с.
- Петрова-Караджова, В. 1975. Количествено разпределение и запаси на *Cystoseira barbata* (Good et Wood) Ag. в Черно море пред българския бряг. – *Известия на Института по рибни ресурси*, Варна, 14: 83-101
- Попов, В., К. Мишев. 1974. *Геоморфология на Българското черноморско крайбрежие.* С., 245 с.
- Пърличев Д. 1986. Методика на изследване на динамиката на брега и плитководното дъно. *Океанология.* С. № 15, 58-65
- Симеонова, Г. 1988. Формиране на брегова зона на водоемите при различните инженерногеоложки условия в България. БАН. София, Дисертация, 234 с.
- Симеонова, Г., Хр. Тимов. 1969. Изучаване на абразионната дейност при свлачищни брегове. – *Изв. Геол. и-т при БАН, сер. Инж. геол. и хидрогеол.*, XVII-XVIII, 57-64.
- Симеонова, Г., Хр. Тимов. 1972. Изследване на абразионната дейност при свлачищни брегове. VI-та научна сесия по хидрогеол. и инж. геол. на НТС по Водно дело.

- Станев, Ив. 1967. Почвена ерозия и борбата с нея. София, 268 с.
- Стойнев, С., Б. Константинов. 1991. Динамична (сеизмична) устойчивост на водонаситени пясъци. - Год. МГУ, т. XXXVII, св. III, София, 79-86.
- Шуйский, Ю.Д., Г. Симеонова. 1982. Относно типовете абразионни клифове, разпространени по българските брегове на Черно море, *Инж. геол. и хидрогеол.* С., БАН, 12, 11-21.
- Ambraseys, N.N. 2001. The Kresna earthquake of 1904 in Bulgaria. *Annali di Geofisica*. 44 (1), pp. 95-117.
- Berov, B., P. Ivanov. 1995. Possible secondary seismogenic deformations in Sofia kettle. - In: Proc. of the XV Congr. CBGA, September 17-20, 1995, Athens, Greece, 965-969.
- Bieniawski, Z. T. 1989. Engineering rock mass classifications: a complete manual for engineers and geologists in mining, civil, and petroleum engineering. Wiley-Interscience. pp. 40-47.
- Brabb, E.E. 1984. Innovative approaches to landslide hazard mapping. - *Proc. IV Int. Symp. On Landslides*, Toronto, Vol.1, 307-324.
- Burchfiel, B.C., R. Nakov, Tz. Tzankov, and L. Royden. 2000. Cenozoic extension in Bulgaria and northern Greece: the northern part of the Aegean extensional regime. – In: *Tectonics and Magmatism in Turkey and the Surrounding Area*, Geological Society London, Special Publication 173, edited by Bozkurt et al., 325-352.
- Committee on Soil Dynamics of the Geotechnical Engineering Division” (1978)
- Dobrev N. and Kostak B. (2000). Monitoring tectonic movements in the Simitli Graben, SW Bulgaria. *Eng. Geol.*, 57, 179-192.
- Dobrev N., P. Petrov. 2007. Terrain Effects Caused by 1904 Krupnik Earthquake. In: *Proc. of International Project "Seismo-Hydrogeological Vulnerability of the Environment and Society in the Balkan Region"*, Second Meeting, 22-26 Nov. 2006, Sofia. 139-146.
- Dobrev N., P. Ivanov, K. Kostov, O. Dimitrov, M. Krastanov, V. Nikolov, B. Berov. 2014. Identification of types of exogenic geological hazards along Bulgarian Black sea coast. – *Proc. BlackSeaHazNet Conclusion Workshop*, 16-20 Dec. 2013, Sofia, Bulgaria, 169-175.
- Florin, V., P. Ivanov. 1961. Liquefaction of Saturated Sandy Soils. Proc. 5-th International Conference Soil Mechanics Foundation Engineering, Paris, vol. 1, pp. 107-111.
- Frangov, G., P. Ivanov, N. Dobrev. 1996. Hazard evaluation of origin and activation of deep landslides in Bulgaria. In: *Proc. of the 7th Int. Symp. on Landslides*, Trondheim, Norway, 1903-1908.
- Holzer, T. (Ed.). 1998. The Loma Prieta, California, Earthquake of October 17, 1989 – Liquefaction. - U.S. Geological Survey Professional Paper 1551-B, United States Government Printing Office, Washington, 314 p.
- Houston, S.L., Houston, W.N., Zapata, C.E., & Lawrence, C. 2001. Geotechnical engineering practice for collapsible soils, *Geotechnical and Geological Eng.*, 19, pp 333-355.
- Ivanov, P., G. Frangov. 2000. Engineering-geological prerequisites for the seismic-hydrodynamic phenomena in the region of Gnilyane (Sofia District) during the Krupnik Earthquake in 1904. Reports on Geodesy, Warszawa, 4(49), 155-162.
- Japan Road Society. 2000. Rockfall countermeasure handbook. 422 p. (на японски)
- Jaranoff, D. 1963. La neotectonique de la Bulgarie. *Revue de geographie physique et de geologie dynamique*, V (2), 75-83.

- Kotzev, V., Nakov, R., Burchfiel, B.C., King, R., Reilinger, R. 2001. GPS Study of Active Tectonics in Bulgaria: results from 1996 to 1998. - *Journal of Geodynamics*, 31, 189-200.
- Matova, M., H. Spiridonov, B. Rangelov, P. Petrov. 1996. Major active fault in Bulgaria. *J. Earthquake Pred. Res.*, 436-439.
- McClusky, S., S. Balassanian, A. Barka, C. Demir, S. Erginav, I. Georgiev, O. Gurkan, M. Hamburger, K. Hurst, H. Kahle, K. Kastens, G. Kekelidze, R. King, V. Kotzev, O. Lenk, S. Mahmoud, A. Mishin, M. Nadarya, A. Ouzounis, D. Paradissis, Y. Peter, M. Prilepin, R. Reilinger, I. Sanli, H. Seeger, A. Tealeb, M.N. Toksoz, and G. Veis, 2000. Global Positioning System constraints on plate kinematics and dynamics in the Eastern Mediterranean and Caucasus, *J. Geophys. Res.*, 105, 5695-5719.
- Michailov, D., R. Glavcheva, S. Dineva, S. Elenkov, B. Konstantinov. 1990. Influence of local geological conditions on the macroseismic effects in town of Strazhitza. - *Natural Hazards*, 3, 153-160.
- Milev, G., B. Vrablyanski, 1988. Possibilities for the study of recent crustal movements in the Struma fault zone, on the basis of neotectonic and geodetic data and their relations to earthquakes. *J. Geodynamics*, 9, 265-277.
- Nakov, R., V. Kotzev, C. Burchfiel, R. King. 2005. Ten years of GPS Studies on the Active Tectonics of Bulgaria: an Overview and basic results. In: 80 years Bulgarian Geological Society, Proceedings of the Jubilee International Conference, Y. Yanev, R. Nedialkov, eds., *Bulg. Geol. Soc.*, 46-49.
- Palacios, D., R. Garcia, V. Rubio, R. Vigil. 2003. Debris flows in a weathered granitic massif: Sierra de Gredos, Spain. – *Catena*, 51, 115–140.
- Piccardi, L., N. Dobrev, G. Moratti, G. Corti, E. Tondi, G. Vannucci, M. Matova, V. Spina. 2013. Overview and new data on the active tectonics of Bulgaria: Towards a comprehensive seismotectonic map. *Acta Vulcanologica* 25, 1-2, 67-82.
- Radulov A., Yaneva M., Shanov S., Nikolov V., Kostov K., Nikolov N., Hristov V., Dobrev N. and Mitev A. 2012. *Report on field survey after May 22, 2012 Pernik earthquake, June 6, 2012. Part 1: Coseismic geological effects related to May 22, 2012 Pernik earthquake, Western Bulgaria*. Bulgarian Academy of Sciences, Geological Institute, 12 pp.
- Rangelov, B., van Eck, T., Papadopoulos, G., Pavlides, S., Shanov, S., and Schenk, V. 2000. Initial data for the magnitude reevaluation of the strong earthquakes during 1904 in Kresna – Krupnik zone (SW Bulgaria). *Reports on Geodesy*, Warsaw University of Technology, 4 (49), 51-55.
- Sasaki, Y., N. D. Dobrev, S. Shinagawa, T. Ohtani. 2001. Where do shallow landslides occur from – a case of the 1999 Hiroshima Rainstorm. – In: *Proc. of the Japan Society of Engineering Geology Meeting*. Koriyama, 31.10–01.11.2001, 259–262 (на японски).
- Seed, H. 1979. Consideration of the Earthquake Resistant. - *Design of Earth and Rockfill Jam*, *Geotechnique*. 29, N°3.
- Stanchev, H., Young R., Stancheva M. 2013. Integrating GIS and high resolution orthophoto-images for the development of a geomorphic shoreline classification and riskassessment—a case study of cliff/bluff erosion along the Bulgarian coast. *Journal of Coastal Conservation*, Vol. 17, p. 719-728. DOI 10.1007/s11852-013-0271-2
- UNESCO Working Party on World Landslide Inventory (WPWLI) 1993. A suggested method for describing the activity of a landslide. *Bull. IAEG*, Paris, 47, 53—56.

- Varnes, D.J. 1978. Slope movement types and processes. In Schuster, R.L. & R.J.Krizek (eds), *Landslides, analysis and control*. Special Report 176. Washington.
- Varnes D. J. and IAEG Commission on Landslides and Other Mass Movements on Slopes. 1984. *Landslide hazard zonation – a review of principles and practice*. UNESCO. 63 pp.
- Wieczorek G. F., M. M. Morrissey, G. Iovine and J. Godt. 1999. *Rock-fall Potential in the Yosemite Valley, California*. US Geological Survey Open-File Report 99-578.
- Youd, T.L., and Hoose, S.N., 1977, Liquefaction susceptibility and geologic setting. *Proceedings of the Sixth World Conference on Earthquake Engineering*, New Delhi, India, v. 6, p. 37-42.
- Youd, T.L., and Perkins, D.M., 1978, Mapping liquefaction-induced ground failure potential. *Journal of the Geotechnical Engineering Division*, p. 443-446.