



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**

**МЕТОДИКА ЗА ОЦЕНКА НА
ГЕОЛОЖКИЯ РИСК**

Директор:

(проф. д-р Р. Наков)



Ръководител:

(доц. д-р Н. Добрев)

София, декември, 2014 г.

Съдържание

УВОД	4
ЧАСТ I. ГЕОДИНАМИЧНИ РИСКОВИ КАТЕГОРИИ – ГЕОДИНАМИЧЕН РИСК, ГЕОДИНАМИЧНА ОПАСНОСТ, ВЕРОЯТНОСТ И УЯЗВИМОСТ - СЪЩНОСТ, СТРУКТУРА И ЗНАЧЕНИЕ НА ГЕОДИНАМИЧНИТЕ КАТЕГОРИИ.....	5
1.1. Състояние на проблема, терминология, рамка за определяне на геоложкия риск.....	5
1.2. Геоложка уязвимост, опасност и риск за нуждите на териториалното планиране.....	10
1.3. Насоки и значимост на геодинамичното райониране по геоложки риск	13
ЧАСТ II. МЕТОДИКА ЗА КОЛИЧЕСТВЕНА ОЦЕНКА НА ГЕОДИНАМИЧНИТЕ РИСКОВИ КАТЕГОРИИ.....	22
2.1. Оценка на наличната нормативна база.	22
2.2. Подбор на вида и степента на оценка на геодинамичните рискови категории.....	26
2.3. Препоръчителни видове и степени на райониране и мащаби	28
2.4. Методи за райониране по геоложка опасност и риск, верификация и приложение за нуждите на териториалното планиране.....	36
2.5. Методика за организация на мониторинг на опасните геодинамични явления, превенция, подготовка и квалификация на кадри	51
ЧАСТ III. КАТЕГОРИЗАЦИЯ НА НАЙ-ОПАСНИТЕ ГЕОДИНАМИЧНИ ПРОЦЕСИ И ЯВЛЕНИЯ В БЪЛГАРИЯ	56
3.1. Активни разломи.....	56
3.2. Ерозионно-абразионни процеси	64
3.2.1. Ерозия.....	64
3.2.2. Абразия	73
3.3 Гравитационни процеси	87
3.3.1. Срутища	88
3.3.2. Свлачища и кално-каменни порои	95
3.4. Особени почви.....	104
3.4.1. Пропадане на лъос.....	104
3.4.2. Втечняване на слаби почви	110
3.4.3. Набъбване на строителни почви.....	118
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	123

Работен колектив

1. доц. д-р Николай Добрев, ръководител (Геологически институт – БАН)
2. акад. Илия Бручев (Геологически институт – БАН)
3. проф. Радослав Након (Геологически институт – БАН)
4. доц. д-р Дончо Карастанев (Геологически институт – БАН)
5. доц. д-р Пламен Иванов (Геологически институт – БАН)
6. доц. д-р Бойко Беров (Геологически институт – БАН)
7. гл. ас. Мирослав Кръстанов (Геологически институт – БАН)
8. доц. д-р Георги Франгов (ВСУ „Любен Каравелов“)
9. доц. д-р Радослав Върбанов (УАСГ)
10. доц. д-р Стефчо Стойнев (МГУ „Св. Иван Рилски“)
11. гл. ас. Антонио Лаков (МГУ „Св. Иван Рилски“)
12. инж. Стоянка Карадинкова (Геозащита – Перник)
13. инж. Тинко Пеев (Геозащита – Плевен)
14. инж. Ивелин Гаврилов (Геозащита – Плевен)
15. инж. Йордан Йорданов (Геозащита – Варна)

УВОД

Необходимостта от съвременни и модерни методи за оценка на природните разрушителни процеси, довеждащи и до бедствени и катастрофални състояния в редица райони, се мотивира от тяхната висока активност през последните години, дадените човешки жертви, повишаване на социалното напрежение; тежките последствия за социално-икономическата сфера, изразяващи се в разрушаване на сграден фонд, инфраструктура, исторически паметници, нарушаване на земеползване и унищожаване на площи, прекъсване на комуникации; влошаване на екологичните условия.

Настоящата задача е съставена в изпълнение на Договор № РД-02-29-189/31.05.2014 г. между МРРБ и Геологическия институт – БАН. Необходимостта от съставяне на национална методика за оценка на геоложкия риск произлиза от нуждите на стопанското и устойчиво развитие на нашата страна. Това изисква да се знаят опасностите, които произтичат от геолошко естество; да се определят най-застрашаващите ни геоложки процеси и явления; да се дадат насоки за тяхното описание, оценка на потенциала от възникване на тези явления, тяхната опасност и произтичащия риск.

Напоследък в световната практика навлизат все по-модерни и методи за оценка на природните разрушителни процеси. Оттук произлиза и актуалността на въвеждането и прилагането им на територията на страната. По тази причина при разработването на методиката трябваше да се изяснят и уточнят инженерногеоложките понятия, които са международно приети или са в процес на утвърждаване, и да се съобразят с нашата геоложка действителност. Самата оценка на геоложкия риск е предшествана от редица други геоложки оценки – на податливостта, на уязвимостта, на опасността. Методиката цели изясняване на тази последователност докато се стигне до крайните оценки на геоложкия риск. Подобна методика е призвана да даде насоките, по които трябва да се реализира крайният продукт на всички предварителни оценки, а именно геодинамичното райониране и картографиране на геоложкия риск. Това е важно, защото този риск е най-често функция на няколко разрушителни геоложки процеса или последователност от геоложки събития, които са взаимно обвързани. Така се стига до оценки на единичния геоложки риск и на геоложкия риск с мултивалентен характер. В методиката са застъпени анализът на действащата нормативна база, подборът и видът на геодинамичните рискови категории и са препоръчани видовете и степените на райониране в съответните мащаби – особено необходимо за нуждите на териториалното планиране. Една такава методика предлага начините за организация на мониторинг на опасните геоложки явления като основната цел е съобразяването с геоложката обстановка и превенция на населението от човешки загуби и икономически щети. Методиката ясно очертава насоките и значимостта на районирането по геоложки риск.

Всички тези основни въпроси и проблеми са обект на настоящата разработка за методика на оценка на геоложкия риск. При разработването ѝ са отчетени вижданията на работния колектив от Геологическия институт, ВСУ „Любен Каравелов”, МГУ „Св. Иван Рилски”, УАСГ, Института по океанология – гр. Варна, Геозащита ЕООД – гр. Варна, Геозащита ЕООД - гр. Перник и Геозащита ЕООД - гр. Плевен, бележките и предложенията на колеги от бранша, разчети и информация на Дирекция "Устройствени планове, национална експертиза, инфраструктурни проекти и геозащита" към МРРБ.

ЧАСТ I. ГЕОДИНАМИЧНИ РИСКОВИ КАТЕГОРИИ – ГЕОДИНАМИЧЕН РИСК, ГЕОДИНАМИЧНА ОПАСНОСТ, ВЕРОЯТНОСТ И УЯЗВИМОСТ - СЪЩНОСТ, СТРУКТУРА И ЗНАЧЕНИЕ НА ГЕОДИНАМИЧНИТЕ КАТЕГОРИИ

1.1. Състояние на проблема, терминология, рамка за определяне на геоложкия риск

В края на 1980-те години започна, а в последствие се утвърди използването на ГИС в териториалното планиране и използването на земята, натрупан беше и значителен опит. При картирането на свлачищата и другите разрушителни геоложки процеси има вече множество утвърдени методи изцяло или частично на базата на ГИС (Chacon et al., 2006). Преглед на историята и приложенията на ГИС може да се намери в много монографии (Burrough 1986; Peuquet and Marble 1990; Worboys, 1995; Worboys and Duckham 2004, etc.). По отношение на прилагането на геоложки карти в строителното инженерство е констатирано, че в много страни, те все още не са широко използвани (Griffiths 2002), включително и когато се извършва картиране на свлачищно-опасните райони.

Първа стъпка във всяка програма за смекчаване на последиците от разрушителни геоложки процеси е съставянето на **карта на тяхното разпространение и регистър** с основните техни елементи като площен и дълбочинен обхват, механизъм, активност, цикличност. В началото на 1990 г. анкетата, предложена от Brabb (1993) за илюстриране на началната точка за Международното десетилетие на намаляване на Природни бедствия (1991-2000), показва липса или слабо покритие на свлачищно картографиране в Европа. Десет години по-късно в много страни в националните геоложки служби, в отделите по опазване на околната среда и в други правителствени агенции се развиват GIS базирани свлачищни картографски проекти (Agostoni et al., 1998; Chau и Lo 2004; Chau et. al. 2004a,b; Delmonaco et al., 2004; Giardino et al. 2004). По това време в България беше публикувана Карта на геоложката опасност с обяснителен текст (Илиев-Бручев и др., ред., 1994).

Като се имат предвид големите различия в механичното поведение на различните геодинамични процеси като ерозия, абразия, срутища, свлачища, потоци и други по-сложни движения, особено внимание трябва да се обърне на инвентаризацията на разрушителните процеси, които ще бъдат обединени в крайния анализ, за да се получи дадена синтетна карта. Много важна е информацията за размера, скоростта, степента на развитие и динамиката им за правилната оценка на свързаните и предизвикани от тях опасност и риск.

Основните принципи за всички проучвания и районираня по свлачищен хазарт и риск са предложени от Varnes (1984) и допълнени от Chacon et al. (2006), но могат да бъдат полезни и валидни и за районираня по геоложки хазарт и риск:

1. Миналото и настоящето са ключа към бъдещето.
2. Основните условия, които причиняват свличанията и другите разрушителни геоложки процеси могат да бъдат идентифицирани.
3. Степента на опасност може да бъде оценена.
4. Рисковете, произтичащи от геоложките разрушителни процеси, могат да бъдат оценени и количествено.

Основните видове карти, свързани с програмите за смекчаване на геоложките опасности и за управление на геоложкия риск, са:

- ✓ **Карти на разпространение** (или *описателни карти, inventory maps*),
- ✓ **Карти на податливостта на терена** (*susceptibility maps*),
- ✓ **Карти на геоложката опасност (хазарт)** (*hazard maps*) и
- ✓ **Карти на геоложкия риск** (*risk maps*).

Карти на разпространение на разрушителни геоложки процеси

На тези карти се показват местата и очертанията на разрушителните геоложки процеси. Представят се също набор от данни за единично или множество събития. На дребномащабните карти се показват само местата на процесите/явленията, докато на едромасщабните карти могат да се отбележат много повече детайли и да се представят и други подходящи данни (Spieker & Gori 2000, 2003а, б).

Карти на податливостта на терена към разрушителни геоложки процеси

Картите на податливостта показват къде могат да възникнат свлачища или други разрушителни процеси. Основната концепция за податливост на терените включва пространственото разпределение на факторите, свързани с процесите на неустойчивост, за да определят опасните райони без отразяване на фактора време. Този подход е полезен за области, в които е трудно да се осигури достатъчно историческа информация за разрушителните процеси, липсват или са оскъдни метеорологични данни за валежите, неизвестни са интензивността и магнитуда на земетресенията, които са активизирали свлачища и други неблагоприятни процеси. Въпреки че това са карти на фактическия материал, в някои случаи може да има известна степен на интерпретация, тъй като тя може да се основава на геоморфоложки признаци, анализ на аерофотоснимки или полеви картировки. Например, районирането по податливост към свличане (или друго гравитационно явление) обикновено включва описание на фактическия материал, например на стари свлачища или срутища заедно с оценка на зоните с потенциал за проява на такива явления и в бъдеще, но те не включват оценка на честотата (годишната вероятност) за възникването им.

На тези карти податливостта на терените се градира в категории от стабилни до нестабилни. За представяне на податливостта се използват цветови схеми, на които нестабилните райони се показват с по-топли цветове (червено, оранжево и жълто), а със студени цветове (сини и/или зелени) се представят по-стабилните райони (Spieker & Gori, 2000, 2003а, б).

Карти на геоложката опасност

Геоложката опасност се определя като „вероятност от проява в определен период от време и в рамките на дадена област на потенциално разрушително явление“ (Varnes, 1984). От опита на USGS (Американска геоложка служба), напр. определението за „карта на свлачищна опасност“ включва райониране показващо годишната вероятност от проява на свлачища в цялата област. Една идеална карта на свлачищна опасност трябва да показва

не само вероятността за проява на свлачище на определено място, но също така и вероятността дадено свлачище да се разпространи и да засегне съседни терени (Spieker & Gori, 2000, 2003a, б).

Карти на геоложкия риск

Картите на геоложкия риск показват очакваната годишна стойност на щетите в целия засегнат район като комбинира информацията за вероятността от картата на геоложката опасност с анализ на всички възможни последствия (повреди на имущество, аварии и загуба на обслужване) (Spieker & Gori, 2000). Тя може да се основава на концепцията за елементите в риск, тяхната уязвимост, специфичния и общия риск (Varnes 1984).

Елементи в риск са населението, имотите, икономически дейности, включително публични услуги и т.н. в дадена област. Те проявяват дадена уязвимост, дефинирана като степента на загуба, когато са засегнати от разрушително природно явление. От това е ясно, че даден елемент в риск следва да представи различни стойности на уязвимост в зависимост от определен тип разрушителен процес застрашаващ неговата цялост.

Специфичният риск за всеки елемент в риск ще зависи от вероятността за възникване на даден конкретен процес и съответстващата му уязвимост.

Крайният общ риск интегрира специфичните рискове за различните елементи в риск, попадащи в застрашената зона. Следователно, общите дефиниции на Varnes (1984) могат да бъдат полезни за картографиране на геоложкия риск. Въпреки това трудностите при изготвянето на такива карти се дължат на липсата на паралелни изследвания върху техническа оценка на щетите от геодинамични процеси и уязвимостта на елементите в риск, поради изключително разнообразие от ситуации, които могат да се случат при тяхната активизация.

Термините „*геоложка опасност*“ и „*геоложки риск*“ са сърцевината на темата, която, въпреки споменатите по-горе концепции, в действителност могат да се разгледат по много различни начини. Препоръчано е оценката на риска бъде оставена отворена, така че тя да може да обхване различни значения в зависимост от изискванията на дадено конкретно изследване. Например за оценка на свлачищен риск е предложена система (Fell, 1994) включваща следните предпоставки, допускания и компоненти:

1. Класификацията на проявеното или потенциално свлачище е по Varnes (1978).
2. Свлачището се характеризира с магнитуд (M) в зависимост обема в m^3 (Таблица 1).
3. Вероятността (P) е дадено свлачище да се прояви в рамките на определен период от време (обикновено една година) (Таблица 2).

Таблица 1. Класификация на свлачищата по магнитуд (M)

M	Описание	Обем (m^3)	
7	Изключително голямо	>5 000 000	
6	Много голямо	>1 000 000	<5 000 000
5	Средно голямо	>250 000	<1 000 000
4	Средно	> 50 000	<250 000
3	Малко	> 5 000	<50 000
2	Много малко	>500	<5 000
1	Изключително малко	<500	

Таблица 2. Класификация на свлачищна вероятност (P)

P	Описание	Годишно
12	Изключително висока	1
8	Много висока	0,2
5	Висока	0,05
3	Средна	0,01
2	Ниска	0,001

4. Опасността (H) се описва с магнитуда (M) и вероятността (P) от възникване на дадено свлачище (Таблица 3),

$$H = M \times P$$

Таблица 3. Класификация на свлачищната опасност (H)

H	Описание
≥ 30	Изключително висока
$\geq 20 < 30$	Много висока
$\geq 10 < 20$	Висока
$\geq 7 < 10$	Средна
$\geq 3 < 7$	Ниска
≥ 2	Много ниска

5. Уязвимостта (V) е степента на загуба на даден елемент или съвкупност от елементи, засегнати от свлачището, изразена върху скала от 0 (без щети) до 1 (тотална загуба) (Таблица 4). За загуба на живот, уязвимостта е вероятността, че даден живот (елемент в риск) ще бъде изгубен при положение, че свлачището се прояви.

Morgan и др. (1992), предлагат да се въведе следното уравнение за уязвимост (V):

$$V = V_{(S)} + V_{(T)} + V_{(L)}$$

$V_{(S)}$ е пространствена уязвимост, т.е., че даден елемент в риск ще бъде засегнат от свлачището поради пространственото му положение;

$V_{(T)}$ е времева уязвимост, която представя вероятността от времево въздействие, като се вземат предвид постоянните промени на елемента на риск. Например в дадена къща може да има хора или не в зависимост от времето на въздействие.

$V_{(L)}$ е вероятността от загуба на живот на дадено лице в ударения елемент в риск, или част от стойността на ударения елемент, който е загубен.

Таблица 4. Класификация на свлачищна уязвимост за загуба на имущество (V) (без загуба на човешки живот)

V	Описание
$\geq 0,9$	Много висока
$\geq 0,5 < 0,9$	Висока
$\geq 0,1 < 0,5$	Средна
$\geq 0,05 < 0,01$	Ниска
$< 0,05$	Много ниска

6. Специфичен риск (R_S) се определя като произведение на вероятността (P) и уязвимостта (V) (Таблица 5),

$$R_S = P \times V$$

Таблица 5. Класификация на специфичен свлачищен риск (R_S)

R_S	Описание
$\geq 0,1$	Много висок
$\geq 0,02 < 0,1$	Висок
$\geq 0,005 < 0,02$	Среден
$\geq 0,001 < 0,005$	Нисък
$\geq 0,0001 < 0,001$	Много нисък

7. Елементи в риск (E) са всички компоненти на разглежданата територия.

8. Общият риск (R_t) е сумата от произведенията на специфичния риск (R_S) и елементите в риск (E),

$$R_t = \sum(E \times P \times V)$$

Въз основа на личен опит и предишни доклади по този въпрос, Фел (1994) смята, че обществото може да приеме относително високи рискове за природни свлачища като включени в широкото понятие „доброволни рискове“. Въпреки че признава необходимостта от по-нататъшни изследвания, той заключава, че за повреда на имущество може да се приеме годишен специфичен риск от порядъка на 10^{-2} , и че за природни свлачища може да приеме годишен специфичен риск от загуба на живот на 10^{-3} (в съответствие с доброволния риск на работното място).

Подобни оценки на геоложката опасност, уязвимост и риск следва да се направят по сходни методики за всички основни разрушителни геоложки процеси на територията на страната.

Опасните геоложки процеси на територията на страната са били обект на редица изследвания (Каменов, Илиев, 1963; Каменов, Демирев, 1965; Илиев, 1973; Evstatiev, Rizzo, 1984; Frangov et al., 1996; Франгов и др., 1997 и др.). Обобщени изследвания са представени в Картата на геоложката опасност в България (Илиев-Бручев, ред., и др., 1994). Най-разпространените от тях са гравитационните процеси – свлачища, срутища, кално-каменни порои, сипеи), процеси на ерозия и абразия, пропадане на льос, обемно непостоянни почви. През последните години особено внимание се обръща и на активните разломи на територията на страната, както и на някои вторични ефекти, предизвикани от земетресения – втечняване на почви.

1.2. Геоложка уязвимост, опасност и риск за нуждите на териториалното планиране

Проблемите около геодинамичните рискови категории, тяхната количествена оценка, приложението им за различни цели (нормативна уредба, териториално-селищно устройство, градско планиране и др.), се намират във фаза на интензивно разработване. Това включва разработване на методики, принципи, критерии, легенди, карти, районираня, проекти за мониторинги, прогнози, превантивни дейности. Предстои в една бъдеща трета фаза да се систематизират всички резултати. Настоящият проект всъщност е част от този цикъл.

Оценяването на уязвимостта е процес на идентифициране, количествено определяне и приоритизиране (или класиране) на различни 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 (табл. 6).

При съставянето на доклад за опасни геоложки процеси и придружаващата го карта на опасността могат да се използват различни критерии с цел да се помогне на проектантите или общински съвети, за да се изберат потенциалните територии за развитие и да се избегнат геологически уязвими райони. В рамките на участъците, категоризирани като средно- или високоуязвими, се препоръчва провеждане на специфични инженерно-геоложки оценки на място, които да бъдат провеждани преди всяко ново строителство, а така също и при друга необходимост. Тези оценки трябва да включват подробни описания на мястото, които идентифицират потенциалните опасности и рискове, както и планове за защита от потенциални геоложки опасности или намаляване на риска за съществуващите структури. Общините трябва да бъдат насърчавани да развият своите собствени критерии за развитие, за да се увеличи максимално ефективността на тези карти.

Районирането по опасност (hazard) използва резултатите от районирането по податливост (например към свличане), и разпределя приблизително честотата (годишната вероятност) към потенциалните явления. Трябва да се вземат предвид всички опасни процеси, които могат да засегнат зоната за проучване, включително и онези, които са встрани от нея, но при движението си могат да я засегнат. Опасността може да бъде изразена чрез честотата на определен вид явление (свличане, калнокаменен порой и др.) с определен обем или свлачища от определен вид, обем и скорост или, в някои случаи в

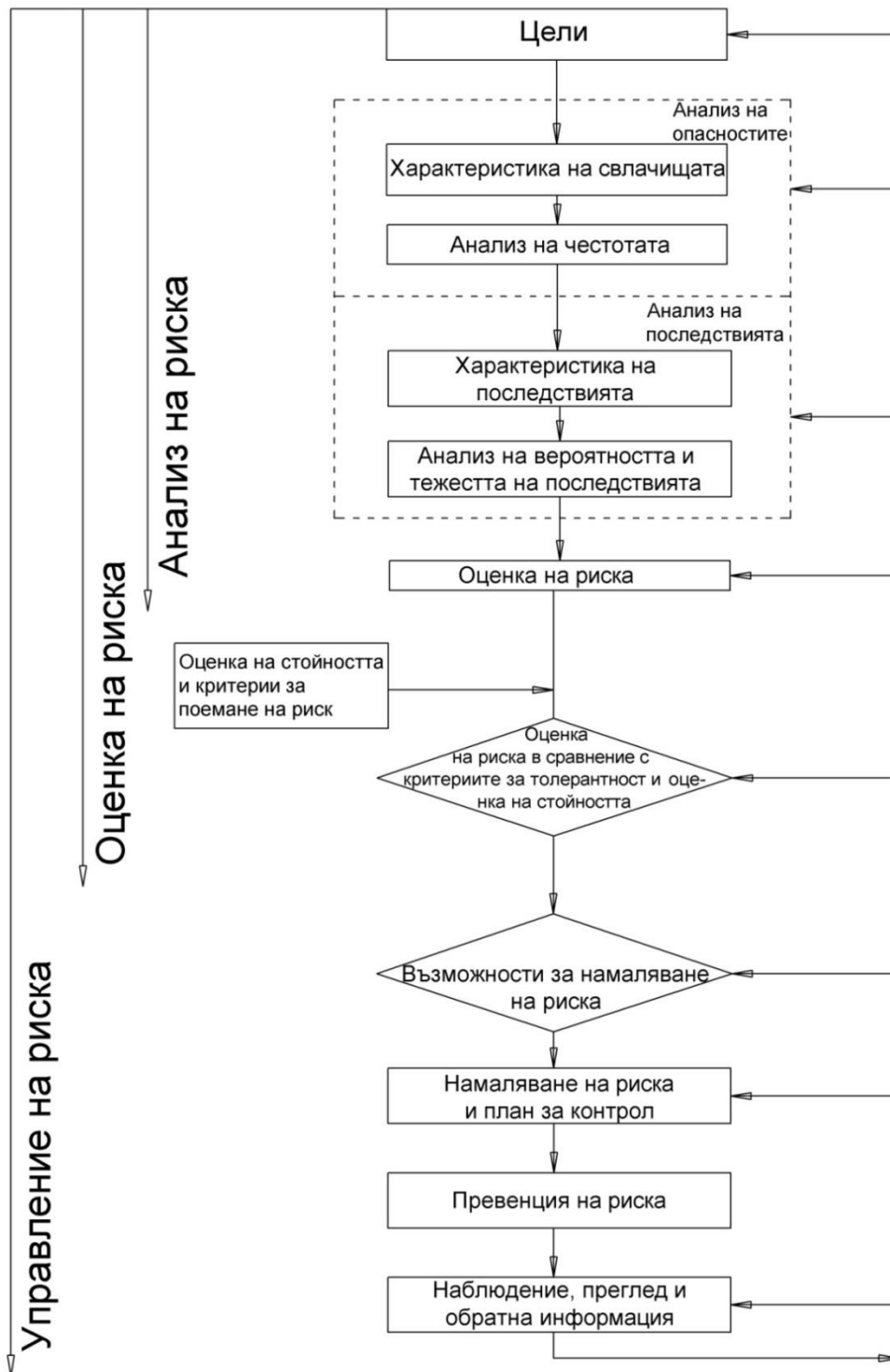
зависимост от честотата на проявлението на опасни процеси с висока интензивност, където последната може да бъде изразена чрез кинетичната енергия. Тези критерии са най-полезни при районирането по срутищна опасност.

Таблица 6. Описание на степени на уязвимост и предложени препоръки, свързани с всяка от тях

Степен на уязвимост	Описание	Препоръки
Ниска	Малко вероятно е да бъдат засегнати от опасни геоложки процеси (включително и наводнения), освен ако човешката дейност променя така околната среда, че да възникне потенциала на опасност; слаб наклон на терена (<20°); отдалечени от източници на наводнения; няма в съседство стръмни склонове.	Не се предвиждат действия
Средна	Може да бъде уязвим за опасни геоложки процеси в определени условия (например, екстремни валежи, интензивно снеготопене). Умерени наклони на терена (20-45°); може да бъде в непосредствена близост до стръмни склонове или ниски участъци с опасност от наводнения в рамките на 1 на 100 години. Сгради и съоръжения от 2 до 4 m надм. височина (или над речно ниво)	В някои случаи развитието е ограничено (напр, в периферията на водния поток). Тези участъци все още не са изключени от плана за развитие – необходимо е да се направи подробна оценка на района, проведена от квалифицирани специалисти.
Висока	Уязвими към опасни геоложки процеси, с период на повтаряемост 100 години или по-малко. Може да има доказателства за предишни събития; стръмни склонове (>45°); период на повтаряемост при наводнения 1 на 50 год.; близо до участък с активна ерозия. Сгради и съоръжения под 2 m надм. височина (или над речно ниво)	В някои случаи развитието е ограничено (напр, в , в периферията на водния поток). За онеци площи, които все още не са изключени от плана за развитие, трябва да се изисква детайлна оценка на уязвимостта на района, проведено от квалифицирани специалисти. Тази оценка следва да включва планове за намаляване на риска и смекчаване на риска за съществуващите структури. В някои случаи (например, в близост до скални ръбове, или под 2 m надморска височина), общините могат да изберат да вземат решение за забрана на строителството.

Районирането по свлачищен риск ползва резултатите от картографирането на опасностите и оценка на 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. Необходимо е да се изготвят индивидуални карти за райониране по податливост, на опасностите и рисковете за райониране на различните видове опасни процеси, засягащи даден район, като например за ерозия, срутища, малки плитки свлачища и дълбоки по-големи свлачища.

Следвайки логиката на последователността, изложена дотук в методиката за оценка на геоложкия риск, се дава рамката на всички дейности, необходими за управлението на геоложкия риск (фиг. 1). Тя включва основните елементи, които са необходими за анализа на риска, за оценката на риска и като краен резултат – за неговото управление.



Фиг. 1. Рамка на дейностите и етапите, необходими за управление на геоложкия риск

1.3. Насоки и значимост на геодинамичното райониране по геоложки риск

Районирането по геоложка опасност и риск за нуждите на териториалното планиране най-често е необходимо на нивото на местната власт, но може да бъде изискано и на правителствено ниво от различни министерства и органи за борба с бедствията. То може също да се изиска от обработвателите на земя, от управителите на курортни зони или при строителство на големи инфраструктурни обекти като магистрала и железопътни линии.

Има ситуации, при които е налице по-висока степен на податливост към гравитационни или други неблагоприятни геоложки явления. Тяхната идентификация чрез райониране ще улесни планирането на развитието и управлението на риска. Тя е комбинация от област, която е потенциално обект на неблагоприятен геоложки процес и мащаба и типа на развитие на района, който ще определи дали е необходимо райониране по геоложки риск за планиране на използването на земята.

Топографски и геоложки условия за потенциални свлачищни проявления

По-долу са дадени примери, при които гравитационните процеси и явления са потенциален проблем при териториално планиране:

1. *В случаите, когато са налице сведения за стари свличания, например:*

- Дълбоки свличания върху естествени склонове.
- Широко разпространени плитки свличания по стръмни естествени склонове.
- Срутища по стръмни склонове или вертикални скални откоси.
- Срутища по крайбрежни стръмни откоси.
- Свлачища, провокирани от подкопаване на склонове, допълнително натоварване, оводняване, при строителството на пътища, железопътни линии и урбанизация.
- Големи към момента неактивни свлачища, подложени на подкопаване чрез активна ерозия или абразия в долната част (петата) или оводняване.
- Кално-каменни порои и свлачища от по-рано нарушени склонове.
- Широко разпространен тип плитко пълзене в склонове с различен наклон.

2. *Когато няма сведения за предишни процеси, но геоложките и геоморфоложки условия са благоприятни за възникването на такива, или когато има изградени укрепителни конструкции, които, ако се компрометират, могат да провокират бързи свличания например при:*

- 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.

Следва 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.

Области на регионалното развитие, където има нужда от свлачищно райониране

Примери за това къде е необходимо и може да се прилага райониране по геодинамични процеси за нуждите на регионалното развитие:

- Развитие и разширение на строителната дейност в нови градски райони, разделяне на земеделски земи, реконструкция на градските райони.
- Жилищни райони в урбанизирани територии, засегнати от опасни геоложки процеси – съвременноактивни или потенциални.
- Разработване на важна инфраструктура: болници, училища, пожарни и аварийни служби; критична комуникационна инфраструктура; основни спасителни артерии като транспорт, водоснабдяване, газопроводи и електропроводи.
- Курортни зони, в т.ч. планински, крайморски и други курорти, държавни и национални паркове, спортни съоръжения, крайбрежни алеи.
- Разработването на нови или реконструкция на съществуващи автомагистралаи, пътища и железопътни линии.
- Държавни и общински земи - горски фонд, държавни и национални паркове и др.
- Речни долини с изградени язовири, включително прилежащите склонове на водохранилища; речни корита, където има опасност за баражиране на реките от свлачища; нарушаване на язовирната стена от свлачищни, срутищни и др. процеси; наводнения, и/или създаването на големи вълни, които могат да прелеят от язовирната стена, ако голямо бързодвижещо се свлачище се свлече в чашата на язовира и др.

1.3.1.Насоки на геодинамичното райониране

Проблемът за районирането на територии по степени на геоложки рискове, като част от по-общата проблематика за тези рискове в литосферата, понастоящем е много актуален и е в процес на интензивно развитие. Това се дължи на все по-изострящия се конфликт между човека и околната среда в частта за природни бедствия и нарастващата чувствителност на различни елементи от съвременната цивилизация и нейната материална култура. Те имат все по-високи изисквания към земната основа, околната среда и други условия, свързани с тяхната сигурност и живот на експлоатация. За обекти с дълготрайно предназначение, факторът време придобива голямо значение, в това число и при оценката на рисковете.

На международно и национално равнище вече има информираност и разбиране по проблематиката на рисковете. Трудностите произтичат преди всичко от недостатъчните материални възможности за адекватно противодействие. Кратка оценка на съвременното състояние на противодействието срещу природни бедствия въвежда в материята за природните опасности и рискове, тяхната оценка и райониране. В последните години и

десетилетия в различни части на света станаха грандиозни природни катаклизми, причинили много човешки жертви, големи материални загуби, тежки поражения върху населени места, производствени бази, комуникации, паметници на културно-историческото наследство и околната среда. Това е причината редица международни организации, между които ООН, Европейския съюз, научни асоциации и цялата общественост, да проявят внимание и загриженост към проблемите за изследването, приложението на резултатите и мерките за противодействие на природните бедствия. Национални правителства, ведомства и организации също имат свои програми, дейности и добри намерения, но поради ограничени финансови ресурси те са принудени да се справят само със спасителни и аварийно-възстановителни работи след вече станали събития. Засега превенцията все още не е заела полагащото ѝ се място, макар че вече е ясно, че тя е по-евтина и ефикасна от тичането подир събитията.

Важно е да се отбележи, че проблемът е много сложен, разностранен, засяга власти, науки, различни национални и международни организации, изисква задължителна координация между тях и значителни финансови ресурси. В сложната комбинация от различни видове дейности, свързани с геозащитата, свое място има и геодинамичното райониране по различни степени на геоложки опасности и рискове. Неговото предназначение е да помогне за изграждането на ефективно и обосновано противодействие срещу природните разрушителни процеси, за защита на населението и изградената от него материална култура, за минимизиране на загубите и свеждане на риска до допустими граници.

Рисковото райониране е съпроводено от редица трудности и те произтичат от следните условия и фактори:

- Голямо разнообразие от различни разрушителни процеси, в това число и бедствия;
- Неравномерно пространствено разпределение на бедствията;
- Зависимости от геоложки и релефни условия при катастрофични явления в литосферата (земетресения и активни разломи, свлачища, срутища, понижаване на земната повърхност при бавно слягане и бързо пропадане, ерозия, морска абразия, заливане на ниски земи и други брегови процеси и т.н.);
- Каскадноразположени природни бедствия, намиращи се в причинно-следствени зависимости – напр. веригата от явления: проливни дъждове, ерозия, наводнения, поройни явления, свлачища, срутища, затлачване на естествени и изкуствени водоеми и още редица следствия, придружаващи и други явления. Времето за превръщане на китни горски масиви в каменни пустини е съизмеримо с продължителността на един човешки живот. Примери за това има на много места по света;
- Различна привързаност на природните бедствия към определени региони, климатични пояси и дори тектонски структури. Широко разпространени по цялата планета са свлачищата, срутищата, деформациите на слаби почви. Голяма група брегови процеси е характерна за крайбрежията на реки, езера, морета и океани. Атмосферните бедствия са привързани към съответните климатични зони.

Огромното разнообразие от бедствени процеси, различните физически среди, в които протичат, зависимостите им от множество условия и фактори, почти винаги формирани каскадни структури, всичко това създава трудности при подвеждането им под общия знаменател на степента на риска. Тази разнородност и сложност на материята и проблемите, свързани с това, изискват продължение на усилията за по-нататъшно развитие на методиката и теорията на опасностите и рисковете.

Закономерностите, които регулират пространственото разпределение на природните бедствия, трябва един ден да послужат за основа на оценка на природните опасности

и рискове на планетата като цяло и за нейното дребномасабно райониране. Преди това следва да се развият редица теоретични и методични постановки, да се координират и уеднаквят използваните способности, техники и процедури за работа. Всичко това е възможно при широко международно сътрудничество каквито са и директивите и усилията на Европейския съюз.

Колкото повече и по-добре се преодоляват природните рискове, толкова по-сигурна ще става земната среда за съществуването на човека. Все още има тревожни тенденции, чието преодоляване не е по-силите на отделни държави. Това са масовото обезлесяване, разширението на пустините и настъплението им към плодородни земи, прекомерното замърсяване на въздуха, почвите и водите и всички останали елементи на околната среда. Отделен проблем е нейното обременяване от нецелесъобразни човешки дейности и неразчетени съоръжения, които носят своите рискове и също трябва да се отчитат.

Съществуват и трансгранични проблеми, включително и за оценка на рисковете, когато природни бедствия заемат големи площи и засягат две и повече държави. Това се случва при силни земетресения, големи наводнения, вулканични изригвания и др. Последните години бяха белязани от впечатляващи събития с извънредно тежки последствия.

Сигурно по-ефективно ще е изпълнението на изследванията да се води по линията на международното сътрудничество. Очаква се да са необходими големи обеми високо специализирани изследвания, които ще изискват обединените усилия на научни екипи от повече страни. Такава е идеята и на Европейския съюз за участие на всяка страна членка при изработването на насоките за райониране по геоложки опасности и рискове, които да придобият обща валидност за съюза. Сформирането на екипите от областта на геоложките науки следва да приеме примера от създаването на екипите от физически науки при работата и международното сътрудничество в проекта ЦЕРН (CERN) в Швейцария.

Един бегъл поглед върху възможностите за прогнозиране на различни видове бедствия показва, че този проблем е достигнал различни нива на развитие при всяко от тях и за нито едно все още няма пълно решение. Засега прогнозите на събитията (време, място и интензивност) остават слабо място в проблематиката за бедствията. При внезапно проявяващи се събития изненадата е пълна и това се отнася за силни земетресения, срутища, някои свлачища, щормове, проливни дъждове, гръмотевични бури, неочаквани наводнения и кално-каменни порои и др. При други случаи, наводнения например, има малък толеранс във времето, което позволява да бъдат евакуирани и спасени поне хората. При бавно развиващи се процеси, но с бедствени размери, като някои видове свлачища, при добра организация, също е възможно да се евакуират хора и по-ценно имущество. В практиката са наблюдавани най-разнообразни случаи, чието анализиране води до полезни изводи и поуки.

Оценката на риска и районирането на тази база е вид прогнозиране, като се работи с времеви интервал, а не с определен момент. Прогнозирането на основата на признаци-предвестници за сега дава само частични резултати и няма сигурни основания например за обявяване на тревога от проявата на дадена геоложка опасност. Някои от основните насоки за геодинамичното райониране по геоложки риск трябва да имат следната последователност:

- Уеднаквяване на терминологията – целта е да се постигне съпоставяне с оценките на риска от другите страни-членки на ЕС;
- Уточняване на оценките на риска, работещи с уеднаквени елементи на несигурност и вероятности – целта е да се проведат рационални дебати по отношение нивото на риска в страна-членка и съответно в целия ЕС;
- Източниците на данни да бъдат ясно определени, както и използването на експертен опит;

- Да се изработи каталог на препоръчителните методи и стандарти за райониране по геоложки риск;
- Въздействието (върху хората, икономиката, жизнената и околната среда) да се оценява в краткосрочен (от 1 до 5 години) и средносрочен план (от 25 до 30 години);
- Да се определят и нанесат на карти зоните с проявен и потенциален геоложки риск;
- Да се картират първоначално отделните геоложки процеси и явления: активни разломи, свлачища, срутища, ерозия, абразия, обемно непостоянство на почви, втечнявания на почви, пропадане на лъос и т.н.;
- Да се съставят карти на мулти или общия геоложки риск – процесите в тяхното общо и съвместно въздействие.

Етапите на цялостния процес на оценка на риска са следните:

- 1. Първи етап – определяне на риска
- 2. Втори етап – анализ на риска
- 3. Трети етап – оценка на риска

През първия етап – определяне на риска, се извършват откриването, рекогносцировката и описанието на рисковете.

През втория етап – анализ на риска, се разтълкува природата, същността на риска и се определя неговото ниво.

През третия етап – оценка на риска, се сравняват резултатите от анализа на риска с критериите за риска, като целта е да се оцени дали рискът е приемлив или допустим.

Една от основните насоки на геодинамичните районираня по геоложки риск е изработването на общи критерии за риска в рамките на ЕС. Тази цел предполага широко международно сътрудничество и сравняване на критериите за риска на отделните страни-членки на съюза.

Пример за следване на етапите при определянето, анализа и оценката на риска е общоприетата последователност (или алгоритъм) при районирането по свлачищен риск:

- 1. Първият етап – Райониране по свлачищна податливост. Включва класификация, обем (площ) и пространствено разпространение на съществуващите и потенциални свлачища в изследвания район. Може да включва и разстояние на преместване, скорост и интензивност.
- 2. Вторият етап – Райониране по свлачищна опасност. Взимат се резултатите от първия етап и се добавя приблизително оценената честота (годишната вероятност) към потенциалните свлачища. Опасността може да бъде изразена като честота на определен тип свлачище с определен обем или свлачища с определен вид, обем и скорост.
- 3. Третият етап – Райониране по свлачищен риск. Взимат се резултатите от втория етап и си добавя оценка за потенциални вреди: загуба на човешки живот, на имущество (годишна оценка), разрушения на сгради и съоръжения, инфраструктура и др. икономически загуби.

1.3.2. Значимост на геодинамичното райониране

Тя се определя от следните обстоятелства:

- Запълва важна клетка в структурата на общия сценарий на дейностите по намаляване на рисковете от природни бедствия и намаляване на последствията от тях;

- Изпълнява ролята на вид прогнозиране, с повече яснота за мястото и интензивността и по-малко за фактора на времето;
- Служи за определяне на силите и средствата за противодействие на бедствени събития в зависимост от степента на риска. Колкото тя е по-висока, толкова повече сили и средства следва да се ангажират. В тази област има големи възможности за прозорливост, както показва досегашната практика. Например в силно застрашени райони трябва да има разположени изправни тежки кранове, които при нужда бързо да се вкарват в действие, когато трябва да се спасяват хора, затрупани в разрушени сгради и съоръжения. Ако тази техника трябва да се доставя от други райони с всичките процедури и демонтиране, транспортване, отново монтиране, се губи време, фатално за живота на затрупани хора;
- За определяне на специфичните изисквания към защитни екипи и техники, според типичните за дадения район природни бедствия;
- Допринася за добиване на нови знания и развитие на науката.

Насоките за райониране по геоложки опасности и риск включват различни показатели и критерии, отразяващи природни условия и обществени потребности (табл.7). Макар и в идейна фаза, таблицата дава представа за значителния обем необходими изследователски дейности и очакваните резултати. Към нея могат да се направят и някои допълнителни коментари. Съобразяването на геодинамичното райониране с административното деление на страната на области, общини, селища и обекти ще улесни властите на съответните равнища и експертите в ползването на материалите при вземане на решения и изготвянето на различни планове и проекти. Рисковите карти за най-значимите природни бедствия в страната са основни документи за тяхната характеристика. Още по-важна и по-сложна е комбинацията от верижно свързани бедствени събития.

Дребномащабните (обзорни) карти на големи територии и цели страни служат за ориентация на висши държавни ръководства и експерти за съставяне на нормативни документи и за обучение на специалисти и студенти. Средномащабните карти (М 1:50000 до 1:100000) са подходящи за областни управи, технически служби, заинтересовани фирми и лица. Още повече могат да са полезни едромасщабните карти (М1:25000 и по едър мащаб) при съставяне на градоустройствени планове, при проектиране и строителство на обекти и за информиране на обществеността. Съобразяването на съвременните урбанистични дейности и проекти с природните условия и дадености става все повече задължително, за да се намалят рисковете и от технически катаклизми, катастрофи и аварии.

Националната оценка на риска е необходимо да бъде хармонизирана със изискванията на сравнително новите BDS EN 1997- 1 и 2 (Еврокод №7) за земната основа и свлачищата и BDS NA EN_1998-5 - Проектиране на конструкции за сеизмични въздействия. При необходимост, се дават допълнителни информации в националните приложения. Очевидна и задължителна е необходимостта от разширяване и задълбочаване на международното сътрудничество за решаване на теоретични и методични проблеми, за съвместни регионални разработки, за стиковане на карти по границите между страните, за уеднаквяване на критериите за геодинамичното райониране по геоложки опасности и рискове в Европейския съюз.

Табл. 7. Оценки и райониране по геоложки риск по различни признаци и нужди

Признаци	Оценки и райониране
Териториален	Оценка и райониране на цялата страна, на административни области, общини и селища; на географски, геоложки, урбанистични и други видове подялби
По отделни видове бедствия	<i>Най-значими за страната са:</i> Земетресения Наводнения Свлачища Срутища Пороища Кално-каменни порои Ерозия Абразия Щормове
По видове геоложка опасност със значителни площни разпространения и икономически загуби	Обемно непостоянство на строителни почви Втечняване на строителни почви Пропадане на лъсови терени
По комбинирани бедствия от каскадни процеси	Най-опасните каскади (последователности) са: Разлом – земетресение – цунами Разлом – земетресение – свлачища Интензивни валежи – наводнения – свлачища – кално-каменни порои Интензивни валежи – разрушаване на язовири, бентове – заливане на населени места
По мащаби	Дребни (обзорни) за цялата страна (М 1:500 000) Средни – за области (М 1:100 000 – 1:50 000) Едри – за малки площи, например градоустройствени планове (М 1:25 000 – 1:5 000)
По предназначение	За териториално-селищно устройство За градско планиране За различни видове строителства За научни цели За образование и масови комуникации
По геометрична форма	Площна: различни категории площи Линейна: морски и речни крайбрежия, контури на плата, трасета на линейни съоръжения Точкови: площадки на отделни обекти

За да може обществото да посрещне природни бедствия с минимални загуби е задължително да се изпълняват редица условия: да има съвременна държавна политика по тази проблематика на всички управленски равнища; да има съвременни организации и структури за противодействие, да има достатъчно материални и финансови ресурси, да имат приоритет превантивните дейности; да има добро и достатъчно образование в училищата и университетите; да има достатъчна информираност в обществото за природните бедствия и техните влияния.

Неизпълнението на тези условия в пълна мяра и обем поставя страната в трудно положение при всяко бедствие. Надеждата, че на нас това няма да се случи е илюзорна и последиците са трагични.

Предложения пред експертите на ЕК

При бъдещото усъвършенстване на работния документ на ЕК „Насоки за оценка и картографиране на риска за управлението при бедствия” да се включат и следните допълнения:

- Да се разработят и приложат стандартни формуляри за бедствени събития, които да се попълват в отделните страни. Това се отнася главно за бедствия, които имат широко разпространение в повече страни. Така ще се улесни събирането и обработката на информацията;
- Да се създаде към ЕК информационна система за природните бедствия в Европа, включваща: първични данни, описания на отделни събития, каталози, албуми, карти на опасности и рискове, районираня, прогнози и др., в мащаби, подходящи за континента;
- Да се внесат нови елементи от материята за рисковете в учебните програми и учебници за ВУЗ и училища, с цел да се подобри и повиши ефективността на образователната система;
- Да се създаде ефективна система за широко разпространение на популярни знания всред обществото чрез електронните масмедии и печатните издания, за да се повиши равнището на познаване и готовност за посрещане на природни бедствия;
- Да се разработи специален проект в рамките на работния документ, посветен на моралните, психологични и етични проблеми между хората при природни бедствия.

Литература

- Илиев-Бручев, Ил. (ред.), Г. Франгов, Н. Добрев, П. Иванов, Д. Евстатиенв, А. Божинова, Д. Карастанев, К. Тодоров, Р. Ангелов, Ю. Карагюлева, П. Петров, Г. Алексиев, Ч. Младенов, Б. Манчев, Д. Бойков, П. Мечкарски. 1994. Карта на геоложката опасност на България. М 1: 500000 и обяснителен текст. ВТС, Троян, и БАН.
- Каменов, Б., Ил. Илиев. 1963. Инженерногеолошко райониране на България. В: Труд. геол. Бълг., сер. Инж. геол. и хидрогеол., кн. II, 5-123.
- Australian Geomechanics Society 2007 Guideline for Landslide Susceptibility, Hazard and Risk Zoning for Land Use Planning. Journal and News of the Australian Geomechanics Society, Volume 42 No 1.
- Agostoni S, Laffi R, Mazzocola D, Scieza E, Presbitero M. 1998. Landslide inventory data base for an Alpine area, Lombardia, Italy. In: Moore D, Hungr O (eds) Proceedings of the 8th IAEG Congress, Vancouver, A.A. Balkema, Rotterdam, pp 919–924
- Brabb EE. 1993. Priorities for landslide during the international decade of hazard reduction. In: Wagner P, Novosad S (eds) Landslides: Seventh International Conference and Field workshop. P. 7–14. Balkema, Rotterdam, 320 pp.
- Burrough PA. 1986. Principles of geographical information systems for land resource assessment. Oxford Universty Press, Oxford, 423 pp.
- Chacon, J. , C. Irigaray , T. Fernandez , R. El Hamdouni. 2006. Engineering geology maps: landslides and geographical information systems. Bull Eng Geol Environ (2006) 65:341–411.
- Chau KT, Lo KH (2004) Hazard assessment of debris flows for Leung King Estate of Hong Kong incorporating GIS with numerical simulation. Nat Hazards Earth Sys Sci 4(1):103-116.
- Chau KT, Sze YL, Fung MK, Wong WY, Fong EL, Chan LCP (2004b) Landslide hazard analysis for Hong Kong using landslide inventory and GIS. Comput Geosci 30:429–443.

- Chau KT, Tang YF, Wong RHC (2004a) GIS based rockfall hazard map for Hong Kong. Paper 3B13 SINOROCK2004 Symposium. *Int J Rock Mech Min Sci* 41(3), CD-ROM.
- Delmonaco G, Margottini C, Marhni G, Paolini S, Puglisi C, Falconi V, Spizzichino D. 2004. Slope dynamics acting on Villa del Casale (Piazza Armerina, Sicily). In: Lacerda WA, Ehrlich M, Fontoura SAB, Sayao ASF (eds) *Landslides: evaluation and stabilization*. Balkema, Taylor & Francis Group, London, pp 357–362.
- Evstatiev, D., V. Rizzo. 1984. Sull, origine ed evoluzione delle frane nella zonna di Balchik, sul mar nero (Bulgaria). *Geologia applicata e idrogeologia Bari, Italy, Vol. XIX*. 289-305.
- Fell R. 1994. Landslide risk assessment and acceptable risk. *Can Geotech J* 31:261–272
- 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*.
- Frangov, G., R. Varbanov, J. Yordanova, M. Stakev. 1997. Contemporary activity of the landslides along the Varna and Balchik coast line. – Coll.: *Coastal fortification along the Bulgarian Black Sea*. BAS, 20-29. (in Bulgarian).
- Giardino M, Giordan D, Ambroglio S. 2004. GIS technologies for data collection, management and visualization of large slope instabilities: two application in the Western Alps. *Nat Hazards Earth Syst Sci* 4(2):197–211.
- Griffith JS (compiler). 2002. *Mapping in engineering geology. Key issues in earth sciences, vol 1*. The Geological Society, London, 287 pp.
- Iliev, I. 1973. Effect of Earthquakes on the appearance and activation of landslides along the Dobroudja Black Sea coast. *Review of the Bulg. Geol.Soc.*, 34, No.1, 75-85. (in Bulgarian).
- Kamenov, B., A. Demirev. 1965. Sliding phenomena along the Black Sea coast between the town of Varna and town of Kavarna. – In *Proc. of VII congress of CBGA, v. 5*, 91-95. (in Bulgarian).
- Morgan GC, Rawlings GE, Sobkowicz JC. 1992. Evaluating total risk to communities from large debris flows. In: *Geotechnique and natural hazard. Proceedings of the 1992 symposium on geohazard*. Bi/Tech, Toronto, pp 225–236.
- Peuquet DJ, Marble DF.1990. *Introductory readings in geographic information systems*. Taylor & Francis, London, 371 pp.
- Spiker EC, Gori PL.2000. National landslide hazards mitigation strategy: a framework for loss reduction. Open-file report 00-450, Department of Interior, U.S.G.S., USA, 49 pp.
- Spiker EC, Gori PL.2003a. Partnerships for reducing landslide risk: assessment of the national landslide hazards mitigation strategy. The National Academy of Sciences Press, Washington, DC.
- Spiker EC, Gori PL.2003b. National landslide hazards mitigation strategy: a framework for loss reduction. USGS Circular 1244. US Department of Interior, U.S.G.S. Reston, Virginia, 56 pp.
- Varnes DJ. 1978. Slope movement types and processes: In: Schuster RL, Krizek RJ (eds) *Landslides: analysis and control*. Transportation Research Board Special Report 176. National Academy of Sciences, Washington, DC, pp 11–33.
- Varnes DJ. 1984. International Association of Engineering Geology Commission on Landslides and Other Mass Movements on Slopes. *Landslide hazard zonation: a review of principles and practice*. Int Assoc Eng Geol, UNESCO Natural Hazards Series no. 3, 63 pp.
- Worboys MF, Duckham M. 2004. *GIS: a computing perspective*, 2nd edn. CRC Press, UK.
- Worboys MF. 1995. *GIS: a computing perspective*. Taylor and Francis, London.

ЧАСТ II. МЕТОДИКА ЗА КОЛИЧЕСТВЕНА ОЦЕНКА НА ГЕОДИНАМИЧНИТЕ РИСКОВИ КАТЕГОРИИ

2.1. Оценка на наличната нормативна база.

При разработване на методиката е използвана следната нормативна база:

1. Наръчник за оценка на риска и съществените изисквания към обема и съдържанието на експертизите на потенциално опасни обекти. София 2008 г.

В наръчника е разработена методика за оценка на риска, която е взета под внимание при изготвянето на настоящата методика за оценка на геоложкия риск. В наръчника са дадени определения за риск, опасност и уязвимост, като тези три фактора имат основно значение за разработваната методика. Също така в наръчника е направено класифициране и групиране на сеизмичната и геоложката опасности. В него са дадени процедури за обследване, чрез които да се прави цялостна оценка на уязвимостта. Уязвимостта е разделена на групи в съответствие с броя на населението.

2. НАРЕДБА № РД-02-20-1 от 19.06.2014 г. за условията и реда за вписване и поддържане на регистър на свлачищните райони на територията на Република България, на районите с абразионни и ерозионни процеси по Черноморското и Дунавското крайбрежие и мониторинга им. Обн. - ДВ, бр. 53 от 27.06.2014 г., в сила от 27.06.2014 г.

С тази наредба се уреждат функционирането, подаването, въвеждането и получаването на информация от регистър на свлачищните райони на територията на Република България, на районите с абразионни и ерозионни процеси по Черноморското и Дунавското крайбрежие и за извършване на мониторинга им.

Информация от тази наредба е използвана за разработване на точка 2.5. "Методика за организация на мониторинг на опасните геодинамични явления, превенция, подготовка и квалификация на кадри" от настоящата методика.

В наредбата са дадени определения за процесите абразия и ерозия, свлачищен район, мониторинг и геозащитни мерки и дейности. Също така е разработена подробна информация за данните, които трябва да се получават от мониторинга на съответния геоложки процес.

3. НАРЕДБА № 12 от 03.07.2001 г. за проектиране на геозащитни строежи, сгради и съоръжения в свлачищни райони. Обн. - ДВ, бр. 68 от 03.08.2001 г.; Издадена от министъра на регионалното развитие и благоустройството

С наредбата се определят техническите изисквания при проектиране на геозащитни строежи и мероприятия и на сгради и съоръжения в свлачищни райони. (2) Проектите за геозащитните строежи и мероприятия трябва да осигуряват: 1. експлоатационна годност и дълготрайност на строежите и на терените под и около тях; 2. сигурност срещу повреди и разрушения, в т. ч. и на съседни строежи (обекти); 3. опазване на околната среда.

При разработването на методиката Наредба № 12 има основно значение, като са използвани данни за категорията на свлачищата в зависимост от застрашаваните обекти, класовете в зависимост от площта и дълбочината на свлачищата и групите от скоростта на преместване.

4. Проект "Разработване социално - икономически анализ за нуждите на оперативна програма "Регионално развитие за периода 2014-2020". Анализ на риска от свлачища на територията на България.

В проекта е направена подробна разработка за състоянията на свлачищата на територията на България. Посочено е териториалното разпределение и гъстотата на свлачищата. За целта са дадени подробни картни материали, както и информация в табличен вид относно засегнатата площ, най-засегнати общини, състояние на свлачищата, групирани по категории, разпределение на свлачищата в зависимост от тяхното състояние по райони, групиране на свлачищата в страната по класове в зависимост от засегнатите площи, групиране на свлачищата по категории в зависимост от значимостта на застрашаваните обекти, информация за засегнатата и застрашена от свлачищни процеси инфраструктура, групиране на свлачищата по проектна готовност, данни за свлачищата, възникнали през последните 5 години.

Данните от посочения проект са използвани при изработването на методиката, предмет на настоящото изложение.

5. Наредба за определяне на критериите и методите за оценка на риска от свлачища и загуба на устойчивост на съоръженията в населени места и по транспортната инфраструктура /проект/.

Наредбата разглежда критерии и методи за оценка на риска, определяне на класове и групи, както и категории на свлачищата. Определена е честотата на риска и неговата обща тежест.

От тази наредба е използвана информация за по-коректното дефиниране на геодинамичния риск, като понятие.

6. Методика за приоритизиране на свлачищата в Република България. Септември 2013г.

В цитираната методика е извършен преглед на регистрираните в регистъра по чл. 95, ал. 2 от Закона за устройство на територията свлачищни райони на територията на Република България. Посочени са конкретни критерии, чрез които ще се извършва оценяване на регистрираните свлачища и приоритизирането им по низходящ ред, дадени са легални дефиниции на понятията "свлачищни райони", "активни/периодично активни свлачища", "потенциални/ временно стабилизирани свлачища", "затихнали/ стабилизирани", "геозащитни мерки и дейности".

7.Насоки за оценка и картографиране на риска за управлението при бедствия - Работен документ на ЕК.

В разработката са дефинирани понятията опасност, природна опасност, уязвимост, риск, оценка на риска, идентификация, анализи на риска, изчисляване и критерии на риска, карта на опасността и карта на риска. В материала е разработена методика за оценка на риска и неговото картографиране.

8. НАРЕДБА № 1 от 10.09.1996 г. за проектиране на плоско фундиране. Обн. - ДВ, бр. 85 от 08.10.1996 г.; в сила от 08.01.1997 г.; Издадена от министъра на териториалното развитие и строителството

С наредбата се определят техническите изисквания при проектиране на геозащитни строежи и мероприятия и на сгради и съоръжения в свлачищни райони. При разработката на методиката са използвани категориите на съоръженията и почвите.

9. НАРЕДБА № 1 от 20.01.1994 г. за геозащитната дейност. Обн. - ДВ, бр. 12 от 08.02.1994 г.; Издадена от министъра на териториалното развитие и строителството

С тази наредба се уреждат организацията, управлението, финансирането, инвестирането, експлоатацията и поддържането на инженерно-техническите мероприятия по осъществяване на геозащитната дейност.

В наредбата се дава определение за геозащитни дейности и се дефинират геозащитни съоръжения.

10. НАРЕДБА за условията, реда и органите за извършване на анализ, оценка и картографиране на рисковете от бедствия. Обн. - ДВ, бр. 84 от 02.11.2012 г., в сила от 02.11.2012 г.; изм., бр. 9 от 31.01.2014 г., в сила от 31.01.2014 г. Приета с ПМС № 264 от 25.10.2012 г.

С наредбата се определят условията, редът и органите за извършване на анализ и оценка на рисковете от бедствия на територията на Република България и тяхното картографиране. Според наредбата рисковете от бедствия, подлежащи на анализ, оценка и картографиране, са: 1. сеизмичен риск; 2. риск от наводнение; 3. риск от ядрена или радиационна авария; 4. геоложки риск (свлачища, срутища, активни разломи и други геоложки процеси); 5. риск от горски пожари.

Тази наредба е използвана за разработване на точка 2.3. "Методика за картографиране, използвани мащаби и критерии за райониране по уязвимост, опасност и риск". В наредбата е посочено съдържание на картите на опасностите и рисковете от бедствия.

11. НАРЕДБА № 4 от 19.02.2013 г. за защита на горските територии срещу ерозия и порои и строеж на укрепителни съоръжения. Обн., ДВ, бр. 21 от 01.03.2013 г.

С тази наредба се определят: 1. планирането и провеждането на защитата на горските територии срещу ерозия и порои; 2. видовете съоръжения и дейности за защита на горските територии срещу ерозия и порои; 3. проектирането на противоерозионни дейности и на технико-укрепителни съоръжения; 4. изграждането, поддържането и приемането на укрепителни съоръжения за защита срещу ерозия и порои; 5. изискванията при създаване на защитни горски пояси; 6. защитата срещу свлачища в горски територии.

Разглежданата наредба има отношение единствено към процеса ерозия, като се разглеждат дейности за защита от нея. Информация от наредбата е използвана при разработване на точка 3.2.1 от методиката.

12. НАРЕДБА № РД-02-20-2 от 27.01.2012 г. за проектиране на сгради и съоръжения в земетръсни райони. Обн. - ДВ, бр. 13 от 14.02.2012 г., в сила от 15.03.2012 г.; попр., бр. 17 от 28.02.2012 г.; попр., бр. 23 от 20.03.2012 г. Издадена от министъра на регионалното развитие и благоустройството.

С тази наредба се определят изискванията при проектирането на сгради и строителни съоръжения в земетръсни райони.

В наредбата се посочват непригодните за строеж терени в земетръсни райони, които са: а) терени с пасивни и активни свлачища, ако не са укрепени предварително или строежът изпълнява и укрепителна функция; б) терени с активни разломи.

Разглежданата наредба има отношение към категоризирането на застрашаваните обекти и урбанизираните територии.

13. ИНСТРУКЦИЯ № Из-33 от 11.01.2012 г. за реда за осъществяване на неотложни аварийно-възстановителни работи при бедствия. Обн. - ДВ, бр. 7 от 24.01.2012 г., в сила от 24.01.2012 г. Издадена от министъра на вътрешните работи

В инструкцията са посочени дейности, които трябва да се извършват при активизиране на свлачищни процеси. Според нея при активизиране на свлачища се извършва разузнаване за установяване на: 1. размера и границите на засегнатия участък; 2. състоянието на изградените отводнителни съоръжения: канавки, канали, водостоци, отводнителни шахти, открити дренажи и др.; 3. техногенните фактори, причинили свлачищния процес - авария по ВиК мрежите, изкопни и строителни дейности и др.; 4. състоянието на елементите на техническата инфраструктура в района на свлачището; 5. състоянието на сградния фонд в района, опасности за живота на живеещите.

Извършването на тези дейности са в основата на мониторинговите процеси.

14. БДС EN 1997-2, ЕВРОКОД 7: ГЕОТЕХНИЧЕСКО ПРОЕКТИРАНЕ, Част 1- Основни правила и Част 2- Изследвания и изпитвания на земната основа.

Най-общо са стандартизирани дълбочините на геологопроучвателните работи за различни проекти, класификацията на строителните почви, начина на вземана на скални, земни и водни проби, оценка на скалните масиви от гледна точка на напуканост и изветряне, видовете лабораторни изследвания, начина на обработка и интерпретация на получените данни. Дадени са общите правила за конструктивно проектиране при на цели конструкции и техни елементи.

В тези стандарти не са засегнати проблемите за рисковите геодинамични процеси. Не се разглеждат и проблемите свързани с така наречените „особени почви“, които заемат не малка част от територията на страната, както и проектиране на геотехнически конструкции за борба с геодинамичните процеси.

15. БДС EN 1998 Еврокод 8: Проектиране на конструкциите за сеизмични въздействия

Стандартът разглежда сеизмичното въздействие върху земната основа и строителните конструкции, свойствата на земната основа, изискванията за избор на строителна площадка и почви за фундиране, както и националните коефициенти за оценка на земната основа при сеизмични въздействия.

16. ЗАКОН ЗА УСТРОЙСТВО НА ТЕРИТОРИЯТА

В закона са определени дейностите за мониторинг и геозащитната на свлачищните райони (раздел VII), категориите на съоръженията за геозащита и брегоукрепване на реките и морския бряг, както и фазите на проучване и проектиране на инвестиционните проекти.

2.2. Подбор на вида и степента на оценка на геодинамичните рискови категории

Зачестилите в последните години природни бедствия в различни части на планетата, продължаващото даване на жертви и разрушаване на материални ценности в огромни размери, увреждането на околната среда и нанасянето на тежки поражения на обществото и природата, са достатъчно основание да се създаде еквивалентно противодействие за защита на живота и здравето на населението, неговата материална култура и природна среда. Подялбата на видовете оценки се основава на различни показатели и признаци. Напр. в една от тях оценките се поделят на качествени, полуколичествени и количествени, според информацията, на които се основават. Същите белези носят и съответните графични изображения в различните им видове – графици, карти и районириания.

Един много 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. Фактът, че високо развити страни като САЩ и Япония дават жертви от земетресения, наводнения, цунами и свлачища показва, че пълно решение на проблема не е достигнато.

В системата от различни видове оценки на геодинамичните рискови явления и категории и техните степени, важно място заемат регионалните (териториални) характеристики. Направеното схематично разпределение на териториални единици по различни признаци – географски, геоложки, хидрометеорологични, климатични, административни и особени, от една страна, и тяхното голямо разнообразие от друга, показва колко много изследвания и усилия са нужни всички те да се запълнят с геодинамични рискови оценки.

В природата има група процеси, които са бавни, дълготрайно или постоянно действащи, нямат белези на бедствие, но имат последствия съпоставими с тях. Освен това, тяхното дълговременно монотонно развитие понякога се прекъсва в непредсказуеми моменти от катастрофални прояви, подобни на бедствията. Типичен пример за такова явление е ерозията, във всичките и видове. Тя разрушава и отнася плодородни почви от огромни площи, на които е базирано изхранването на големи части от населението. Проблемът е световен, приоритетен и се нуждае от радикално решение. В геоложко време ерозията има доминираща роля при динамиката на земната кора като фактор за формирането на релефа, на речно-долинната мрежа, на възбуждането на други разрушителни процеси. Въпросът е какво място да се отреди на такива процеси в структурата на общата заплаха от земните сили за човека и как да се оценяват рисковете от тях.

Районирането на опасните геоложки процеси се извършва за нуждите на регионалното и местното планиране, както и за локални строителни дейности. Резултатите обикновено са под формата на:

- *описателни карти (inventory map),*
- *карти за податливост (susceptibility map),*
- *карти на райониране по опасност (hazard zoning maps) и*
- *карти на рискове (risk zoning maps)*
- доклади, свързани с гореописаните видове карти.

Видът и степента на подробност на районирането и мащабът на картите зависят от целта, за която районирането ще се прилага, както и от редица други фактори:

- *Етап на планиране (или етап на изпълнение на проект).* Районирането по податливост и по опасност е по-вероятно да бъдат използвани в предварителните етапи на развитие, а районирането по опасността и риска за по-подробни етапи. Въпреки това изборът зависи най-вече от предназначението на районирането за управление на териториалното планиране.
- *В зависимост от типа на застрояване и регионално развитие.* Райониране по геоложки риск е подходящо да бъде приложено за урбанизираните територии, при които елементите, изложени на риск, са точно дефинирани или за съществуващите и планираните пътища и железопътни линии, когато елементите в риск (за потребителите на пътища или железопътни линии) лесно се прогнозира. Въпреки това елементите в риск често се променят с времето, така че районирането по риск трябва да се актуализира редовно.
- *Класификацията, активността, обема или интензивността на опасния геоложки процес (на примера на свлачищата).* Райониране по риска е по-вероятно да се изисква, когато свлачищата са склонни да се придвижват бързо и/или са с висока интензивност, измерена чрез комбинацията от обем и скорост (напр. срутища, кално-каменни порои, скални обрушвания). При такива ситуации човешките загуби са по-вероятни, така че е полезно да се използва райониране по риск, тъй като то позволява районирането за *териториалното планиране* да се определя въз основа на критерии, свързани с риск от човешки загуби.
- *Налични финансови средства.* В зависимост от наличните финансови средства могат да се въведат и някои практически ограничения. Например районирането по податливост е с по-ниска цена от районирането по опасност; от друга страна районирането по опасност е с по-ниска цена, отколкото районирането по риск, така че проектантите могат да изберат по-изгодния тип и ниво на райониране.
- *Количеството и качеството на наличната информация.* Само райониране по податливост се извършва, когато данните за честотата на свлачищните активизации или не съществуват, или са несигурни.
- *История на използване на територията.* Историческите (архивни) сведения за територията, която се районира и нейното развитие от гледна точка на използването на земята, трябва да покаже как човешката дейност променя геоложката среда, съответно нестабилността на склоновете, податливостта и вероятността към свличания, а оттук и опасността.
- *Степен на количествено определяне.* Качествени методи често се използват за райониране по податливост, а понякога и за райониране по опасност. По-добре е да се използват количествени методи за райониране по податливост, така също и за райониране по опасност. Районирането на риска задължително се определя количествено.

2.3. Препоръчителни видове и степени на райониране и мащаби

Таблица 8 показва препоръчваните типове райониране, нивата и мащабите на картиране, които зависят от целта на районирането. Таблицата е приложима при териториалното планиране, както и при управление на опасности и рискове. Целесъобразно е етапите на райониране да се организират по съответната последователност, като най-напред да се проведе райониране по податливост като първи етап, след което да се направят районирането по опасност и риск. Това ще позволи по-добър контрол на процеса на анализ на риска и може да намали разходите чрез ограничаване на по-подробно райониране само в райони, където това е необходимо. Следва да се отбележи, че не винаги е изгодно извършването на райониране в по-високо ниво (опасност, риск), тъй като възможните разходи могат да надхвърлят онези на по-ниските нива. Нивата на райониране и описания по податливост, опасност и риск са дадени по-надолу. Препоръчително е тези описания да се използват от всички заинтересовани страни, участващи в управлението на геоложкия риск.

Определение на нивата на райониране

В Таблицы 9 и 10 се определят нивата на райониране по налични данни (инвентаризация), податливост, опасност и риск по отношение на геотехнически и други входни данни. Важно е нивото на райониране да съответства на изискванията за ползването, мащабът на картографиране и от своя страна да съответстват на тези в нивото на входните данни. Например, не е възможно да се получи качествено райониране по опасност в напреднало ниво, без оценката на честотата на свличанията да е поне на средно ниво. От друга страна, ако се изисква райониране по опасност на предварително ниво тогава входните данни могат да бъдат на основно ниво.

Доклади за райониране

Докладите за райониране по геоложки опасности трябва да включват:

- *карта на наличната информация (описателна карта или карта на инвентаризация)* и свързаната информация за процесите. Например за свлачищата това са: класификация, местоположение, време на свличане (ако са известни), обем, доколко са достоверни границите на райониране и др.
- *карти на райониране по податливост* със свързаната информация за това как е определена податливостта и описание на валидиране и ограничения на районирането.
- Когато се изисква райониране по опасност, трябва да се изясни/опише как е оценена честотата на опасните геоложки процеси и да се оцени докъде ще се ограничи районирането. Докладът трябва да включва опис на опасните геоложки процеси и райониране по податливост.

Определения и видове карти

Податливост - количествена или качествена оценка на класифициране, обема (или площта) и пространственото разпределение на опасните геоложки явления, които съществуват или потенциално могат да възникнат в дадена област. Податливостта може да включва и описание на скоростта и интензивността на съществуващите или потенциални явления.

Карти на податливост - карта, показваща подразделение на терена на зони, които имат различна вероятност, че геоложко явление от определен тип може да се случи. Вероятността може да бъде означена или качествено (като висока, умерена, ниска, не чувствителна) или количествено (например като плътността в брой явления за квадратни километра, или засегната площ на квадратен километър). Картите на податливостта трябва да посочват две важни зони: първата - където могат да възникнат опасните геоложки явления и втората – зона на пробегата или докъде може едно явление да достигне при своето предвижване.

Опасност - състояние, с потенциал за причиняване на нежелани последици. Описанието на геоложката опасност трябва да включва мястото, обема (или площта), класификацията и скоростта на потенциалните опасни геоложки процеси, както и вероятността за тяхната проява в рамките на определен период от време.

Карти на геоложката опасност - Подразделението на терена на зони, които се характеризират с темпоралната вероятност от възникване на опасни геоложки явления с конкретен размер и обем, в рамките на определен период от време. Картите за опасността трябва да посочат двете зони: 1. Зоната на възникване на геоложкото явление (свлачището, срутището и т.н.) и 2. Зона на пробегата или докъде явлението ще се разпространи и достигне.

Пълната количествена оценка на геоложката опасност включва:

- пространствена вероятност: вероятността дадена област да е засегната от даден опасен геоложки процес;
- времева (темпорална) вероятност: вероятността даден пусков фактор (събитие) да предизвика този процес;
- вероятност за размер/ обем: вероятността опасното геоложко явление да има определен размер/обем;
- вероятност за пробегата: вероятността, че геоложкия процес (свлачището, срутището, калнокаменният порой) ще достигне определено разстояние при своето предвижване.

Елементи на геоложкия риск - Населението, сгради и инженерни съоръжения, икономически дейности, обществени услуги, инфраструктура и екологични характеристики на околната среда в областта, потенциално засегната от геодинамични процеси.

Риск - Мярка на вероятността и тежестта на неблагоприятните ефекти върху здравето, имуществото или околната среда. Рискът често се оценява по произведението на вероятностите и последиците.

Карти на геоложкия риск - подразделение на терена на зони, които се характеризират с различни вероятности за загуби (физически, човешки, икономически, екологични), които биха могли да се дължат на геоложки процеси от даден вид в рамките на определен период от време. Рискът може да се посочи или качествено (като висок, среден, нисък и без риск) или количествено (изразен с числа или икономически стойности).

Рискът е количествено оценен като резултат от вероятността, умножена по последиците. Това обикновено се изчислява по следния подход:

- На годишна база: т.е. очакваните загуби на определена област да бъде засегната от опасни геоложки процеси с дадена величина (интензитет) през дадена година.

- Като интервал на повторение, т.е. очакваните загуби на определена област да бъде поразена от 100-годишно събитие или
- Кумулативните загуби през определен интервал от време, в резултат на опасните геоложки явления с различни периоди на повтаряемост

Уязвимост - степента на загуба на даден елемент или съвкупност от елементи, изложени на възникването на геоложка опасност от дадена величина / интензивност. Тя е изразена върху скала от 0 (без загуба) до 1 (общо загуба). За имотите, загубата ще бъде стойността на щетите по отношение на стойността на имота; за лица, това ще бъде вероятността даден живот да бъде загубен. Уязвимостта може да се отнася до склонността към загуба (или вероятността от загуба), а не степента на загуба.

Райониране - Поделянето на земната повърхност на хомогенни райони или области и класирането им според степента на реална или потенциална геоложка податливост, опасност или риск.

Важно е, когато се осъществява картографирането на опасните геоложки процеси да се използва единна терминология, чрез която да се класифицират и описват явленията. Препоръчително е да се използва класификацията и терминологията, описана от Cruden и Varnes (1996), Dikau et al. (1996), Hutchinson (1988), Varnes (1978) и IAEG (1990).

Определянето на зоните, подложени на опасни геоложки явления, може да бъде разработено от приготвяне на различни карти, които в зависимост от типа на райониране, могат да бъдат разграничени като:

- Карти на инвентаризация (или описателни карти);
- Карти на податливост;
- Карти на опасност;
- Карти на елементите, подложени на риск;
- Карти на сценария на следствията (последниците);
- Карти на риск.

В рамките на геоложката опасност и оценка и управление на риска, картите на райониране могат да имат различна роля и цели:

- Картите на инвентаризация могат да бъдат използвани за райониране по податливост и/или като информация за ръководните органи и широката общественост;
- Картите на податливост може да се използват, за да се подготви карта на опасността и/или в комбинация с картите на елементите, подложени на геоложки риск в рамките на податливи райони, както информация за ръководните органи и широката общественост;
- Картите на геоложката опасност може да се използват като информационни, консултативни или нормативни, за да се контролира развитието на застрашените райони, което представлява най-ефикасен и икономичен начин за намаляване на бъдещи щети и загуба на човешки живот. Тези карти също предоставят подходящите елементи за решения за разглеждане на възможността и осъществимостта за развитие с или без каквото и да е стабилизиране или защитни мерки за противодействие (Cascini et al., 2005);
- Картите на елементите, подложени на геоложки риск се използват, за да се подготвят картите на сценария на следствията (последниците) и в комбинация с картите на

податливост, може да се използват като информация и консултиране, за ръководни решения и осведоменост на широката общественост;

- Картите на сценария на следствията (последниците) може да се използват за информация и консултиране, като показват районите, изискващи количествен анализ на риска (QRA). Чрез използването на количествени процедури, тези карти дават за всеки елемент сценария на последицата, свързана с неговата уязвимост и геоложка опасност и в такъв случай може да се използват като информационни, консултативни и нормативни;

- Картите на геоложкия риск могат да се използват като нормативни и да позволят прилагането на системи за предупреждение, целящи опазването на човешкия живот. В допълнение, количественият анализ на риска (QRA) осигурява глобален поглед на очакваните годишни щети за елементите, изложени на риск поради опасността от геоложки явления. Те могат да се използват като законови и проектантски и въз основа на анализ на разходите и ползите, могат да бъдат установени решения за контролни или стабилизационни работи, предназначени за смекчаване на последиците от геоложкия риск.

По отношение на изготвянето на картите на геоложкия риск трябва да залегнат изискванията по Чл. 5 ал. 3 от Наредбата за условията, реда и органите за извършване на анализ, оценка и картографирането на рисковете от бедствия (ДВ 84/02.11.2012 г., изменение ДВ 9 от 31.01.2014 г.) за нанасяне на защитените територии и определените при оценката на риска неблагоприятни последици от бедствия, изразени чрез показателите, определени от същата разпоредба.

На картите на рисковете от бедствия се нанасят застрашените територии и определените при оценката на риска неблагоприятни последици от бедствията за всяка от вероятностите, изразени чрез следните показатели: 1. приблизителен брой на евентуално засегнати жители (загинали, ранени и с опасност за здравето); 2. материални загуби; 3. засегнатата техническа инфраструктура; 4. засегнатата стопанска дейност в евентуално засегнатия район; 5. засегнати инсталации съгласно приложение № 4 към чл. 117, ал. 1 от Закона за опазване на околната среда, които могат да предизвикат допълнително замърсяване поради авария в случай на бедствие; 6. зони за защита на водите, посочени в чл. 119а, ал. 1 от Закона за водите; 7. защитени зони по чл. 6 от Закона за биологичното разнообразие, за които съществува възможност от засягане; 8. ниво на нарушаване на нормалното функциониране на обществото; 9. обекти със статут на недвижими културни ценности; 10. друга информация, която съответните компетентни органи смятат за полезна.

Като се има предвид, че районирането може да се осъществява на различни нива и мащаби, като се използват различни входни данни и процедури, са необходими предложения и препоръки, за да се направи полезно райониране. То трябва да бъде подготвено в подходящ мащаб, за да се получи необходимата информация в този мащаб.

Мащаби на райониране (на примера на свлачищата)

Сегашната практика в Европа (Corgominas и Mavrouli, 2010) показва, че мащабът на картите на свлачищното райониране, изисквано от държавни или местни власти, се различава значително в отделните страни в зависимост от покритието, предоставената информация и методологията, която се използва. Като цяло, някои общи входни данни се използват за всички случаи, т.е. геоложки, геоморфоложки и карти на почвената покривка. Техниките за получаване на входни данни за карти на свлачищната инвентаризация и карти на свлачищната податливост варират в широк диапазон, което води до различни нива на качество и количество на данните. От друга страна, оценката на опасността и риска е количествена или качествена, в съответствие с използването на: 1)

аналитични процедури, подкрепени от компютърна симулация; II) тежестни индикатори, експертни оценки и полеви проучвания; III) комбинация от горните две процедури.

Въз основа на настоящата практика и факта, че свлачищното райониране може да бъде необходимо за ползването на земята или за решения при изграждането на големи инфраструктури (като например магистрали и железопътни линии), мащабите на картографиране и видовете свлачищно райониране могат да бъдат разработени на различни нива въз основа на тяхното прилагане.

При райониране в национален мащаб ($< 1:100\ 000$) са предложени методи, основани на знанието и опита или евристични, за предварително ниво на райониране по свлачищна податливост, макар че и районирането по риск е възможно в този мащаб (Malet et. al. 2009).

При райониране от регионален мащаб ($1:100\ 000$ до $1:25\ 000$) се преследва по-напреднало ниво на райониране. Препоръчва се статистически анализ само когато подходящ набор от данни е на разположение (Fell et al., 2008). Ако бъде поискана, се препоръчва качествена оценка на риска.

При райониране от локален мащаб ($1:25\ 000$ до $1:5000$) могат да бъдат разработени карти на всички равнища на райониране за качествена или количествена оценка на риска. Ако е гарантирано високо качество на всички необходими входните данни, се насърчава използването на статистически анализ и детерминистични подходи за количествена оценка на риска.

При райониране на специфичен обект - мащаб на картата ($> 1: 5000$), се предполага само напреднало ниво на райониране и количествена оценка на риска (QRA). Това се нуждае от най-пълния набор от данни, с цел да се подобри значимостта на използваните подходи.

На национално и регионално равнище са необходими по-малко подробни карти на райониране за информационни и консултантски цели, както и за определяне на райони, които се нуждаят от по-напреднало ниво на райониране. Тези мащаби могат да бъдат използвани за обособяване на различни цели и съставяне на планове и системи за предупреждение, които да са на разположение на централните ръководни органи.

Подробни и детайлни данни, нанесени в по-едри локални мащаби, са необходими при проектирането на противосвлачищни и ограничаващи риска мероприятия. Най-едрите мащаби са необходими при картографирането на специфични обекти за проектирането и мониторинга на укрепителните работи.

Табл. 8. Мащаби на картографиране, видове райониране и примери за приложение на базата на свлачищни прояви (по Guidelines for ..., 2011)

Описание на мащаба	Индикативен диапазон мащаба	Област на райониране	Видове свлачищно райониране	Цели на прилагане на районирането
Национален	< 1:100 000	> 10 000 km ²	на свлачищната инвентаризация, на свлачищната податливост в геоложки контекст	Свлачищна инвентаризация и податливост с цел информирание на ръководни органи и широката общественост
Регионален	От 1:100 000 до 1:25 000	1000 ÷ 10 000 km ²	Райониране по свлачищна инвентаризация, податливост и опасност, отнасящи се до областите	За регионално развитие или много големи инженерни проекти. Предварително ниво на райониране на опасностите за местните райони
Локален	От 1:25 000 до 1:5000	10 ÷ 1000 km ²	Райониране по опасност и риск, отнасящи се до отделни свлачища (качествени и количествени оценки)	Междинно до напреднало ниво на райониране по опасност за регионалното развитие. Предварително към разширено ниво на райониране по риск за местните райони и напредналите стадии на планиране за големи инженерни съоръжения, пътища и железопътни линии.
Специфичен обект	> 1:5000	Няколко хектара до десетки квадратни километра	Количествена оценка на риска (QRA) за отделни склонове или единични местоположения	Средно и напреднало ниво на райониране по опасност и риск на местата на специфични области за фазата на проектиране на големи инженерни конструкции, пътища и железопътни линии

Таблица 9. Препоръчителни видове и степени на райониране и мащаби на картата, свързани с целите на райониране (модифицирано по Fell et al., 2008; Guidelines for ..., 2011)

Предназначение	Вид на райониране				Ниво на райониране			Приложими мащаби
	Описателно	По податливост	По опасност	По риск	Предварително	Междинно	Подробно	
Регионално райониране								
Информационно	X	X			X			1:25,000
Консултативно	X	X	(X)		X	(X)		до
Законово	НЕ СЕ ПРЕПОРЪЧВА							1:250,000
Локално райониране								
Информационно	X	X	X	(X)	X	(X)		1:5,000
Консултативно	(X)	X	X	X	X	X	X	до
Законово		(X)	X	(X)		X	X	1:25,000
Райониране на площадка								
Информационно	НЕ СЕ ПРЕПОРЪЧВА							>1:5000,
Консултативно	НЕ СЕ ПРЕПОРЪЧВА							обикновено
Законово		(X)	X	X		X	X	от 1:5,000
За проектиране		(X)	(X)	X		(X)	X	до 1:1,000

Забележка: X= приложимо; (X) = може да е приложимо

Таблица 10. Нива на дейност, необходими за райониране по нива на податливост, на опасности и рисковете.

Тип на райониране	Райониране по риск						
	Райониране по опасност						
	Райониране по податливост						
	Описателно картографиране						
Ниво на райониране	Опис (инвентаризация) на съществуващите свлачища	Характеристика на потенциалните свлачища	Преместване, обхват, скорост	Оценка на честотата на проявление	Времева пространствена вероятност	Елементи на риска	Уязвимост
предварително	основно (1) (2)	основно (1) (2)	основно (1) междинно (2)	основно (1,2)	основно (1,2)	основно (1,2)	основно (1,2)
междинно	междинно	междинно	междинно	междинно	междинно	междинно	междинно до основно
напреднало	подробно	подробно до междинно	междинно до подробно	междинно до подробно	подробно	подробно	междинно до подробно

Забележки:

(1) За качествено райониране

(2) За количествено райониране

2.4. Методи за райониране по геоложка опасност и риск, верификация и приложение за нуждите на териториалното планиране

2.4.1. Методи за райониране по геоложка опасност и риск за нуждите на териториалното планиране

Общите принципи са показани в таблици №№ 9 и 10, където се изброяват нивата на податливост, опасност и риск, и как те се свързват с методите, използвани при тяхната оценка, както и за какви цели ще се използват.

Описание на опасни геоложки процеси

Изготвянето на опис (регистрация) на опасните геоложки процеси е съществена част от районирането. То включва данни за местоположение, класификационни показатели, обеми, реализирани премествания, състояние на активността и дата на възникване или активизиране на процеса. В таблица № 11 изброяват дейностите, които обикновено се изискват при основна, средна и комплексна (сложна) степен на райониране.

Таблица № 11. Дейности, необходими за изготвяне на описателно райониране

Метод за характеризиране	Необходими дейности
Основен	Изготвяне на списък/опис на свлачища в изследвания район чрез картографиране, аерофотоснимки, архивни и исторически данни. Описът включва местоположение, класификация, обеми (или засегнати площи), преместване, състояние на активността и доколкото е възможно - дата на възникване или активизиране на процеса. Определяне на условията в района - релеф, геоложки строеж, хидрогеоложки условия. Получената информация се нанася на топографска основа, която заедно с топографската информация е желателно да включва и граници на имоти, хидрографска мрежа, пътища и друга важна информация
Междинен	Към гореспоменатите се добавят: Елементи на процеса/явлението (свлачища, срутища и др.) – граници, и др. Събиране и оценка на архивна/историческа информация за процесите в района. Данни за човешката дейност (земеползване, урбанизацията и др.) в района и доколко тя влияе върху развитието на процесите, тяхната честота и др.
Комплексен	Към гореспоменатите се добавят: Инженерногеоложко изследване на района. Данни от проучвания с цел определяне по-добре на инженерногеоложките условия. Инженерногеоложки анализ на склоновите процеси, склонова неустойчивост. Подробно каталогизиране на процесите по време и периодични активизации, данни за конкретни дестабилизиращи фактори, за да се осигури пълнота на базата данни, които след това могат да бъдат използвани при валидирането.

Райониране по податливост

Районирането по податливост има цел да характеризира и определи пространственото разпределение на потенциалните опасни геоложки процеси и тяхната връзка с геоложкия строеж и геоморфоложките особености на терена. Районирането по податливост включва класификация, обем (или засегнатата площ) и пространственото разпределение на съществуващите и потенциалните процеси (свлачища, срутища и др.) в района на изследване. То може да включва също и описание на реализираните премествания, данни за скоростта и интензивността на съществуващите или потенциалните рискови процеси.

Таблица 12 изброява дейностите, необходими за характеризирани на потенциалните свлачища, тяхното пространствено разпределение и връзката им с релефа и геоложкия строеж. Следва да се отбележи, че съществува пряка връзка между използваните мащаби на райониране и нивото на характеризирани на процесите. Райониране в по-едър мащаб трябва да се провежда в междинно или детайлно (комплексно) ниво.

Таблица 12. Дейности, необходими при райониране по свлачищна податливост и опасност

Метод за характеризирани	Дейности
Основен	Подготвяне на геоморфоложка основа (1) Подготвя се опис на процесите/явленията съгласно таблица 11, (1) Подготвят се изчисления на % от общия брой свлачища за всеки клас на податливост, на % от площта, засегната от свлачища за всеки клас и % на всеки клас в сравнение с общата площ, и се класифицират съгласно Таблица 13. Съпоставяне честотата на свличане с геоложкия строеж и наклона на терена с цел да се обособят зони, податливи към свличане. В регионален мащаб се корелират честотата на свличане с данни от валежите (годишни валежи), снеготопене, и/или сеизмични въздействия Така подготвената карта на податливост се наслагва върху топографска основа с подходяща легенда. Данните и слоевете се въвеждат в ГИС (препоръчително).
Междинен	Към горespoменатите се добавят: Основни класификации на почвите и данни за дебелините им в района на изследване. Подреждане на по-сложни теренни единици. Качествена оценка на свлачищни чувствителни зони въз основа на анализ на слоевете (припокриване на слоеве с различни характеристики). Разработване на количествени оценки (често относителни оценки) на свлачищни чувствителни зони въз основа на техники за обработка на данни. Данните и слоевете се въвеждат в ГИС (препоръчително).
Комплексен	Към горespoменатите се добавят: Подробно картографиране и инженерногеоложки проучвания за установяване на механизми на свличане, хидрогеоложки условия и стабилитетни анализи. Извършване на анализ за обработка на данните (регресионен и др.) и разработване на количествени оценки за получаване класове по податливост. Извършване на анализи на склонова стабилност Прилагане на данните и картите в ГИС (препоръчително).

Забележка. (1) Описанието на процесите (свлачища и др.) и геоморфоложката картировка следва да се извършват при междинните и сложни нива за междинно и сложно райониране по податливост.

Съставяне на карта по податливост

Подготовката на картите по податливост към протичането на даден опасен геоложки процес обикновено се основава на две основни предположения:

- Първото е, че събитията, станали в миналото, могат да бъдат индикатор за бъдещето. Т.е. участъците, където са проявени тези процеси (свлячища и др.) са склонни да се свличат и в бъдеще (някои примери са показани на табл. 13).
- Участъци със сходен релеф и геоложки строеж, където вече е имало проява на свлячища (и др. процеси), също са склонни към свличане.

Картите с райониране по податливост (на примера на опасни склонови процеси) трябва да включват:

- карта или серия от карти, показващи по съществуващите (архивни) данни свлячища, с тяхното местоположение и площ, данни за реализирани премествания и скорости на движение.
- Карти в същия мащаб, показващи факторите на нестабилност, теренните: т.е. топографията и топографски единици (наклони, вододелни зони), геоложки строеж (литоложки единици); повърхностни образувания; растителната покривка; земеползването; и т.н.
- В райони с потенциал за възникване на плитки свлячища или кално-каменни порои е силно препоръчително картата да включва информация за повърхностните отложения (делувиални, пролувиални отложения, а също така и обработваеми площи и т.н.), тъй като в тях обикновено възникват свличания. Тъй като тези геоложки единици обикновено имат ограничено разпространение, то се препоръчва картирането да е в по-едър мащаб.
- Когато е необходимо, да се изготви карта, показваща реализираните премествания по време на свлячище или срутище.
- карта, която да показва как да се тълкуват областите с различна степен на податливост. Тази карта би могла да включва топографска основа, но и кадастрална информация, както и класификациите на податливост за района на картиране.

Таблица 13. Примери на податливост при някои опасни склонови процеси

Описание на податливостта	Срутища	Плитки свлачища върху естествени склонове или изкопи или насипи за различни инфраструктурни проекти	Дълбоки свлачища върху естествени склонове засягащи и изкопи или насипи за различни инфраструктурни проекти
А) Количествени показатели			
	Възможността скалните блокове да достигнат даден обект ¹	Част от район, в която могат да възникнат малки свлачища ^{2,3}	Част от район, в която могат да възникнат големи свлачища ²
Висока податливост	>0.50	>0.50	>0.50
Средна податливост	0.25 – 0.50	0.25 – 0.50	0.25 – 0.50
Ниска податливост	0.01 – 0.25	0.01 – 0.25	0.01 – 0.25
Много ниска податливост	0 – 0.01	0 – 0.01	0 – 0.01
Б) Относителни показатели			
	делът от общото население, застрашено от срутища в района на проучване	делът от общото население, застрашено от свлачища в района на проучване	делът от общото население, застрашено от свлачища в района на проучване
Висока податливост	>0.50	>0.50	>0.50
Средна податливост	0.25 – 0.50	0.25 – 0.50	0.25 – 0.50
Ниска податливост	0.01 – 0.25	0.01 – 0.25	0.01 – 0.25
Много ниска податливост	0 – 0.01	0 – 0.01	0 – 0.01

¹ Пространствена вероятност, определена от архивни данни, стабилитетни изчисления, прогнозно максимално преместване на паднал блок.

² На информацията от полеви описания, геология и геоморфология.

³ Свлачища в активен стадий, с периодична активизация или потенциални.

⁴ Малки (плитки) свлачища се разбират онези с обем под 1000 m³.

Препоръчителни описания на райониране по свлачищен риск

В различните страни се взимат различни критерии за оценка на геоложкия риск при загуба на човешки живот (табл. 14). Често пъти се счита, че при вероятна загуба на живот на 10^{-6} /годишно рискът е „приемлив” и при 10^{-5} /годишно рискът е „допустим”. Говори се също за „нисък” и „умерен” риск. По-високите рискове често са приемливи за съществуващите склонове, отколкото за новите склонове, но се счита за непрактично да се приемат различни стойности за определяне на характеристиките на новите и вече съществуващите склонове в свлачищното райониране. Ако рискът се оценява като "нисък" от някой качествен метод, не трябва да се тълкува в смисъл на годишната вероятност за смърт на лица в най-голям риск да се приема стойност между 10^{-6} /годишно и 10^{-5} /годишно.

Дали рисковете в рамките на една зона са приемливи, е въпрос от компетентността на органа, управляващ геодинамичните опасности (табл. №№ 15, 16, 17, 18). Няма международно приети критерии за риска от гледна точка на загубата на човешки живот. Поради това е необходимо да се разработят критерии за допустими загуби на живот за всяка ситуация, като се вземе предвид правната рамка на страната. Критериите трябва да бъдат разработени в консултации с всички заинтересовани страни, включително засегнатата общественост.

Табл. 14. Някои примери от световната практика, които показват следните критерии за оценка на геоложкия риск:

Организация	Индустрия	Описание	Риск/годишно	Източник
Великобритания Министерство на здравето и сигурността	Планиране на земеползване около индустриални територии	Най-общо приемлив риск. Допустима граница	10^{-6} /годишно 10^{-4} /годишно за обществеността 10^{-3} /годишно за работниците	HSE (2001)
Холандия Министерство на жилищното строителство	Планиране на земеползване за индустриално развитие	Допустима граница	10^{-5} /годишно, съществуващи инсталации 10^{-6} /годишно, предложени инсталации	Netherlands Ministry of housing (1989), Ale (2001), Vrijling et al. (1998)
Хонг Конг Управление на административните райони	Свлачища по естествени склонове	Допустима граница	10^{-4} /годишно публично най-голям риск, съществуващ склон. 10^{-5} /годишно публично най-голям риск, нов склон	Ho et al. (2000), ERM (1998), Reeves et al. (1999)

ТЕРМИНОЛОГИЯ ЗА КАЧЕСТВЕНА ОЦЕНКА НА РИСКА ЗА ИМУЩЕСТВЕНИ ЗАГУБИ

Табл. 15. Качествени нива на вероятност

Приблизителна годишна вероятност		Повтаряемост		Описание	Идентификатор	Ниво
Индикативна стойност	Предполагаеми граници					
10 ⁻¹	5x10 ⁻²	10 години	20	Събитието се очаква да се прояви през проектния живот на съоръжението.	сигурно	A
10 ⁻²		100 години		200	Събитието вероятно ще се случи при неблагоприятни условия през проектния живот.	вероятно
10 ⁻³	5x10 ⁻³	1000 години	2000		Събитието може да се случи при неблагоприятни условия през проектния живот.	възможно
10 ⁻⁴		10000 години		20000	Събитието може да се случи при много неблагоприятни обстоятелства извън проектния живот.	малко възможно
10 ⁻⁵	5x10 ⁻⁵	100000 години	200000		Събитието е възможно, но само при изключителни обстоятелства, извън проектния живот.	рядко
10 ⁻⁶	5x10 ⁻⁶	1000000 год.		Събитието е изключено или въображаемо извън проектния живот.	едва възможно	F

Забележка: Таблицата трябва да се използва от ляво на дясно; използвате Приблизителна годишна вероятност или Описание, за да зададете Дескриптор, а не обратното.

Табл. 16. Качествени оценки на последствия за имуществени загуби

Приблизителна стойност на щетите		Описание	Идентификатор	Ниво
Индикативна стойност	Предполагаеми граници			
200 %	100 %	Сградите и съоръженията са напълно разрушени и/или големи по мащаб щети, изискващи значителни инженерни работи за стабилизация. Може да засегне най-малко един съседен имот с големи щети.	катастрофално	1
60 %	40 %	Големи щети на повечето от сградите и съоръженията, и/или да излиза извън границите на мястото, изискващи значителни стабилизационни работи. Може да доведе до средни щети най-малко на един съседен имот.	основно	2
20 %	10	Умерено увреждане на някои от сградите и съоръженията или значителна част от имоти, изискващи големи стабилизационни работи. Може да доведе до незначителни щети на най-малко един съседен имот.	средно	3
5 %	1	Ограничена повреда на част от сградите и съоръженията и/или част от място, изискваща някои възстановителни стабилизационни работи.	малко	4
0,5 %		Малко щети. (за събитие с висока степен на вероятност (почти сигурно), тази категория може да бъде разделена при условната граница от 0,1%.)	незначително	5

Табл. 17. Качествен анализ на риска - ниво на опасност за имуществени загуби

ВЕРОЯТНОСТ		ПОСЛЕДСТВИЯ ЗА ИМУЩЕСТВО (с индикативна Приблизителна стойността на щетите)				
	Индикативна стойност на Приблизителна годишна вероятност	1: катастрофално 200%	2: основно 60%	3: средно 20%	4: малко 5%	5: незначително 0.5%
A – сигурно	10 ⁻¹	VH	VH	VH	H	M или L
B - вероятно	10 ⁻²	VH	VH	H	M	L
C - възможно	10 ⁻³	VH	H	M	M	VL
D – малко възможно	10 ⁻⁴	H	M	L	L	VL
E - рядко	10 ⁻⁵	M	L	L	VL	VL
F – едва възможно	10 ⁻⁶	L	VL	VL	VL	VL

За A-5, може да бъде разделена, така че в резултат на по-малко от 0.1% има нисък риск.

При разглеждане на оценката на риска трябва да се посочи ясно, дали тя е за съществуващите условия или мерки за контрол на риска, които не могат да бъдат приложени в настоящия момент.

Табл. 18. Ниво на риск - последици

Ниво на риск		Пример за последици
VH	МНОГО ВИСОК	Неприемливо без разработка. Детайлни проучвания и изследвания, планиране и изпълнение на варианти от съществено значение за намаляване на риска, за да се сведе риска до Нисък; може да бъде твърде скъпо и не е практично. Работата вероятно ще струва повече от стойността на имота.
H	ВИСОК	Неприемливо без разработка. Детайлни проучвания, планиране и прилагане на възможностите за подобряване, необходими за намаляване на риска, за да се сведе риска до Нисък. Работата ще струва значителна сума по отношение на стойността на имота.
M	УМЕРЕН	Може да бъде толерирано при определени обстоятелства (подлежи на одобрение от регулатор), но изисква проучване, планиране и прилагане на възможностите за подобряване, за да се сведе риска до Нисък. Дейностите за намаляване до Нисък риск следва да се приложат възможно най-скоро.
L	НИСЪК	Обикновено приемливо за регулаторните органи. Когато третирането е необходимо да се намали рискът до това ниво, се изисква текуща поддръжка.
VL	МНОГО НИСЪК	Приемливо. Управление чрез нормалните процедури за поддръжка на склона

Забележка: последиците за дадена ситуация трябва да се определят от всички страни на оценката на риска и могат да зависят от характера на собствеността в риск; те са дадени само като общо ръководство.

Методи за геодинамично райониране при териториалното планиране
Приложение на географските информационни системи (ГИС) при свлачищното райониране

А. Свлачищни регистрации в ГИС

ГИС-базираните свлачищни регистрации могат да бъдат или най-обща включващи обширна и подробна информация, събрана за по-дълги периоди от време в табличен вид и свързаните с тях пространствени данни (обикновено във векторен формат). Долната таблица (табл. 19) дава общ пример за данните, които могат да бъдат включени при свлачищната регистрация в ГИС.

Таблица 19. Общи области на начална свлачища регистрация.

№	Област	Тип на данните	Номер на формата	Общо описание на съдържанието на областта
1	Инвентарен номер	номер	единичен	Уникален референтен код
2	Тип на свлачището	текст	п/а	По Cruden и Varnes (1996) основния тип свлачище
3	Подробна свлачищна класификация	текст	п/а	По Cruden и Varnes (1996) пълна свлачищна класификация
4	Докладвано от	текст	п/а	Име на човека, докладвал за свлачището
5	Данни за контакт	текст	п/а	Данни за докладвалия
6	Дата	текст	п/а	Дата на докладването
7	Дата и време на свличането	дата/време	п/а	Дата и час на свлачището
8	Размер на преместване (m)	номер	единичен	Разстояние, изминато от свлачището
9	№ на улицата	текст	п/а	Улица номер
10	Име на улицата	текст	п/а	Улица име
11	Квартал	текст	п/а	Име
12	Град	текст	п/а	Име
13	Област	текст	п/а	Име
14	Пощенски код	номер	цяло число	Държавен пощенски код
15	Компетентност	текст	п/а	Организация или лице, отговорно за управлението на земите
16	Координата по X	номер	число	Географски координати на центъра на свлачището
17	Координата по Y	номер	число	Географски координати на центъра на свлачището
18	Метод на снемане на пространствените данни	текст	п/а	Картографиране, полеви изследвания, стари доклади и т.н.
19	Точност на позициониране	текст	п/а	Оценка на точността на позициониране като например +/- 20 метра
20	Свлачищна ширина (m)	номер	единичен	Максимална ширина напречно на склона в метри
21	Свлачищна дължина (m)	номер	единичен	Максимална дължина нагоре/надолу по склона в метри
22	Свлачищна дълбочина (m)	номер	единичен	Максимална дебелина на свлачищния профил перпен-дикулярно на повърх-

				ността на руптурата в метри
23	Обем	номер	единичен	Изчисляване на обема на свлачището
24	Местоположение	текст	п/а	Описание на физическото местоположение на свлачището за подпомагане на географското позициониране
25	Описание на мястото	текст	п/а	Физическо описание на мястото, за да се подпомогне визуализацията и уточни позиционирането
26	Свлачищен фактор на задействане	текст	п/а	Описание на предизвикващия фактор ако е известен (т.е. валежи интензивност /продължителност; сеизмична активност, магнитуд и местоположение и т.н.)
27	Позоваванията	текст	п/а	Референтен списък на изследователските доклади и други материали, отнасящи се до това свлачище
28	Текущо състояние	номер	байт	Това място все още ли е актуално или е било заменено
29	Коментари	текст	п/а	Добавка към някои от посочените погоре и или допълнителни коментари
30	Наклон на склона	номер	байт	Локален среден наклон на склона
31	Геоложки условия	текст	п/а	Геоложка провинция
32	Геология на подложката	текст	п/а	Геоложка формация - име на основните единици на подложката
33	Геометрия на свличането	текст	п/а	Общо описание на свлачищния профил
34	Свлечени материали	текст	п/а	Описание на материала, който се измества
35	Дълбочина на подложката	номер	единичен	Дълбочина до подложката в метри
36	Дълбочина на основната хлъзгателна повърхнина	номер	единичен	Дълбочина до основната хлъзгателна повърхнина в метри
37	Отношение към валежите	текст	п/а	Каква е връзката между движението и валежите, ако е известна ?
38	Параметри на силите	текст	п/а	Позоваване на или изброяване на всички геотехнически параметри или получени при обратен анализ
39	Повредени къщи	номер	двукратен	Брой на повредени къщи
40	Разрушени къщи	номер	двукратен	Брой на разрушени къщи
41	Пострадали лица	номер	двукратен	Брой на пострадалите лица
42	Загинали хора	номер	двукратен	Брой на загиналите хора
43	Повредена инфраструктура	текст	п/а	Описание на повредената инфраструктура
44	Разрушена инфраструктура	текст	п/а	Описание на разрушената инфраструктура
45	Въздействие върху околната среда	текст	п/а	Описание на въздействието върху околната среда
46	Икономически загуби	текст	п/а	Описание на икономическите загуби
47	Вид геотехнически	номер	Изброяван	Вид/Ниво на геотехническите

	изследвания		е	изследвания с препратки
48	Цена на геотехническите изследвания	номер	двукратен	Цена на геотехническите изследвания с препратки

Б. ГИС моделиране на свлачищна податливост и опасност

С наличните данни различни методи могат да се прилагат за изграждане на междусистемни връзки и в крайна сметка за установяване на степента на податливост и опасност. Обикновено се използват ключови набори от векторни данни в свлачищните проучвания и райониране, включващи свлачищни полигони, геология, геоморфоложки и или теренни единици, кадастър, използването на пътищата, железопътния транспорт и комуналните услуги, земеползването и растителността. Други данни, които могат да се внасят, дават необходимите елементи за пространствени данни и може да включват информация за сондажа, якостните параметри на почвите, порен натиск, валежи и т.н. Основната мрежа или растерните данни е цифровият модел на надморската височина (DEM). ГИС софтуерът може да извлече много набори данни, полезни за свлачищното райониране от DEM като наклон, аспект, индекси на влага на почвата, разстояние до потоци, кривина и т.н.

В ГИС модела може да се използва комбиниране на набор от входни карти или фактори и с помощта на функции се получава изходна карта. Функцията може да приеме много форми, включително линейна регресия, множествена регресия, анализ на състоянието и дискриминантен анализ и т.н. Тези косвени методи включват качествено или количествено моделиране и различни видове техники за анализ.

Евристичен анализ.

В евристичните методи (техники, основани на опита) се използва експертното мнение на специалист, извършващ районирането, за да се оцени податливостта и опасността. Тези методи съчетават картиране на свлачища и тяхното геоморфоложко определяне като основни входни фактори за оценка на опасността. Два основни вида евристичен анализ могат да бъдат разграничени: геоморфологически анализ и качествена комбинативна карта.

Анализ, основан на знанието.

Този анализ е наука за компютърно моделиране. Данните за моделирането се вземат от базите данни на свлачищата. Пиксели с приписвани характеристики (от слоевете на входните данни), съвпадащи с тези на известни свлачища, са използвани, за да се определят класовете на свлачищното райониране.

Статистически анализ

Статистическият подход се основава на наблюдаваните връзки между всеки фактор и миналото разпределението на свлачищата. Поради това районирането по податливостта и опасността се провежда в голяма степен по обективен начин, като факторите и техните взаимоотношения се оценяват на статистическа основа.

Детерминистични анализи

Детерминистичните методи прилагат класическата теория за устойчивост на склона като граничното равновесие (напр Bishop, Sarma и т.н.) и по-рядко методът на крайните елементи и 3D техники. Тези модели изискват стандартни параметри на почвата като дебелината на пластовете (видовете строителни почви), якост на срязване на отделните строителни почви, хидростатичен натиск на подземните води, геометрия на свлачищните прояви и т.н.

Райониране по свлачищна опасност

Оценка на честотата

IUGS (1997) съветват, че честотата на свличанията може да бъде изразена по отношение на :

- Броят на свлачища с определени характеристики, които могат да възникнат в областта на изследване в даден период от време (обикновено годишно, но референтният период може да бъде различен, ако е необходимо).
- Вероятността за определен склон да претърпи свличане в даден период
- Годишна вероятност на проява на определен дестабилизиращ фактор, при който може да се стигне до свличане или срутване (критичен порен натиск, критичното земно върхово ускорение и др.).

Методите за определяне на честота включват:

- Историческите записи. Когато цялата серия на свлачищните събития е на разположение, интервалите на повтаряемост могат да бъдат получени като се предположи, че бъдещата проява на свлачища ще бъде подобна на последните прояви. Свлачищата трябва да са инвентаризирани в продължение на поне няколко десетилетия, за да се получи валидна оценка на свлачищната честота, а стабилността на времевата серия трябва да бъде проверена.
- Последователност на въздушни фотографии и/или сателитни изображения. Средната честота на свлачищата може да се получи като се раздели на броя на новите идентифицирани свлачища или оттеглянето на клифа в метри за годините, разделящи изображенията.
- „Мълчаливите свидетели”. Те са функции, които са пряко следствие на свлачищно явление като въздействията върху дърветата, предизвикани от падналите блокове или погребани органични почви от свлачищните отложения. Те дават възрастта на свлачищното събитие с точност, която зависи от използвания метод.
- Съответствието със свлачищно задействащи събития. Поройни дъждове и земетресения са най-честите задействащи механизми. След критични валежи и/или земетресение с магнитуд в състояние да предизвика свлачища, които са станали в региона, интервалите на повтарянето на свлачищата се предполага, че са подобни на техните причинители.
- Геоморфоложки характеристики, които са свързани със степента на свлачищната дейност (наличие в земята на пукнатини, пресни откоси, наклонени конструкции и др.).
- Субективна оценка. Ако има малко или никакви исторически данни, е необходимо да се оцени честотата въз основа на опита на лицето (лицата), които извършват районирането. Това обикновено се прави като се вземат предвид вероятната реакция на склона на редица предизвикващи събития, 1 на 1; 1 на 10; 1 на 100 години валежи и комбиниране на честотата на пусковото събитие с вероятността, склонът да се свлече. Трябва да се сумират за целия диапазон на честотите от предизвикващи фактори.

2.4.2. Верификация и надеждност на районирането по геоложка опасност за нуждите на териториалното планиране

Партньорска проверка

Важен въпрос в разработването на свлачищните модели по податливост, опасност и риск е оценката на тяхното "качество" или до колко те са достоверни. Някои специалисти смятат, че един модел трябва да бъде валидиран, преди прилагането му. Според други моделите не могат да бъдат валидирани сами по себе си от някаква процедура, а по-скоро се оценяват. Оценката на достоверността и надеждността на свлачищния модел е винаги трудна задача. Тъй както свлачищните карти по чувствителност, опасност и риск прогнозира бъдещи събития, най-добрият метод е да "се изчака и да се види", т.е. да се оцени точността, основава на събитията,

които ще се случат след изготвянето на картите. Обикновено това не се смята за практично решение, и почти няма публикации, които се занимават с подобно валидиране.

В практиката оценката на модела се осъществява чрез разработване на карти с помощта на свлачищен опис (регистър) за даден период от време и тестване на резултата с друг опис от по-късен период. Един общ метод за оценка на точността на картите на свлачищната податливост е да се сравнят тези карти със съществуващите свлачищни прояви и се изчисли процентът на свлачища в рамките на всеки клас на опасност.

Оценяването на използвания модел е мулти-критериен проблем (Davis and Goodrich, 1990). Приемането на един модел трябва да отговаря най-малко на три критерия: адекватност (концептуална и математическа), достоверност при описание поведението на системата, неговата устойчивост към малки промени на входните данни (т.е. чувствителността на данните), както и точността при предсказване на наблюдаваните процеси.

С физически-базираните модели, първият критерий за валидиране има за цел оценяването на това дали моделът осигурява физически приемливо обяснение на причинно-следствените отношения. Алтернативно е дадена обосновка за ползване на опростявания на физическите процеси. Такъв е случаят например при картите на податливостта, разработени с помощта на опростените модели на склонова стабилност, съчетани с опростени хидроложки модели.

При статистическите или емпирични модели, първият вид оценяване се фокусира върху това колко добре променливите, използвани от моделите, могат достоверно да опишат процесите. Поради сложността на природните системи, този вид оценяване включва голям елемент на преценка от страна на експерти с дълбоко познаване на свлачищните процеси.

По гореспоменатите причини при повечето районираня за нуждите на териториалното планиране е необходимо да има партньорска проверка от рецензент, назначен да предостави независима оценка на податливостта, опасността и риска от възникване на дадено опасно геоложко явление или процес. Рецензентът трябва да има по-високо ниво на умения и опит, изброени в т. 2.4.4. Желателно е да се срещне с екипа, извършващ районирането още в самото начало, след първоначалното картиране и когато процесът на райониране е в процес на финализиране. Желателно е за рецензент да бъде избран партньор с богат опит - професионалист инженер-геолог.

Потенциални източници на грешки

По време на районирането могат да се допуснат грешки в процеса на райониране. Те включват:

- Неточности или недостатъчни данни при описанието на свлачищата и др. Опасни геоложки процеси, на които се основава районирането по податливост и опасност.
- Неточности, свързани с нивото на детайлност по отношение на геологията, геоморфологията, валежите и др.
- Неточности или недостатъци на използваните модели за райониране по податливост, опасност и риск.
- Ограничения в уменията на лицата, извършващи районирането.

Трябва да се признае, че районирането по геоложка опасност и риск не е точна наука и получените резултати са само едно предсказание за проявата на опасни геоложки процеси на базата на наличните данни.

Грешки при регистрация на свлачища

Най-големите проблеми и източник на грешки е непълната информация за свлачищните процеси в даден район на изследване. Друг голям източник на грешки е предоверяването при използването на спътникови снимки (например от Гугъл), които не са потвърдени от полевите наблюдения. Грешки и некоректна интерпретация се получават и при прехвърляне на информация от по-дребен към по-едър мащаб и др. Грешки се допускат и при използване на неподходяща топографска основа, неправилни модели на интерпретация на данните, и др.

Потенциални ефекти, свързани с климатичните промени

През последните години се забелязват климатични промени, с които могат да се свържат промени във валежните количества. При някои от методите за оценката на свлачищната податливост се използват данни за годишните валежи, които обаче при промените на климата могат да доведат до грешна интерпретация. Може да се очаква, че например при намалена честота на валежите с висок интензитет може да се намали честотата на активизиране на плиткы свлачища

2.4.3. Прилагане на райониране по геоложки опасности за нуждите на териториалното планиране

За нуждите на териториалното планиране се прилагат районираня по податливост, опасност и риск. Видът и нивото на райониране се определят в зависимост от целите и задачите и от институциите, за чиито нужди ще се провежда то. Последните могат да изберат метода на райониране, както и осъществяването на контрол. Това е от важно значение за местната власт, която определя целта на районирането ясно. Тя трябва да осигури достъп до съществуващите в наличност архивни данни и да определи целите и ползите от това райониране.

Трябва да се отбележи, че по време на картографирането обикновено се изчертават границите на различните зони въз основа на контури и/или геоложки и геоморфоложки граници. Въпреки това, за целите на териториалното планиране границите на различните зони по степен на податливост или опасност често се изготвят така, че да съвпадат с границите на административните единици.

Възложителите, които изискват или имат нужда от райониране по геоложка опасност, трябва да използват услугите на професионалист – експерт инженер геолог, който да е запознат с използването на тези методи, не само по отношение на регистрацията на свлачищата, но и при по-нататъшните оценки на податливостта, опасността и риска.

Актуализация на районирането

Всяко проведено райониране в дадена област или площ се нуждае от периодична актуализация. Това се налага по следните причини:

- Непрекъснатата урбанизация, прокарването на нови пътища или промените на начините на земеползване, водят до промени в геоложката среда, съответно до възникване на нови процеси, промени в цикличността и промени в уязвимостта на дадена територия.
- Промени в познанията и сведенията за опасните процеси, например свлачища, в резултат на допълнителни по-подробни изследвания.
- Елементите в риск могат да се променят с течение на времето, което налага периодична ревизия на районирането по риск.
- Непрекъснатото развитие на методите на оценка на податливостта, опасността и риска, често изискват нуждата от периодична преоценка на районирането.

Препоръчва се актуализация да се извършва на интервали не по-големи от 10 години. В някои случаи те могат да бъдат и по-чести.

2.4.4. Техническо задание и професионални изпълнители на задачата

Инструкция за съставяне на техническо задание

По-долу са изложени някои от въпросите, които трябва да бъдат взети под внимание при изготвянето на техническо задание за райониране

- Определяне целта на районирането.
- Определяне на района на изследване.
- Определяне какъв тип райониране ще се изисква: по податливост, опасност или риск.
- Определяне на нивото на райониране и на какви етапи ще се провежда то.
- Идентифициране на различните заинтересовани страни.

Идентифициране на различните заинтересовани страни и техните интереси.

- Описание какво ще се изисква, ако има процес на обществени консултации.
- Съответните държавни правни и регулаторни проверки.
- Въвежда се необходимата документация за резултатите от районирането, включително подробности за какво са необходими карти, работните мащаби, електронните формати и подкрепящият доклад, описващ процеса на райониране, използваните методи, валидиране и ограничения.

- Изготвяне на програма за изследване.
- Определяне на финансовия бюджет в съответствие с обхвата и очакванията на изследването.
- Списък на наличните данни и формата.
- Подробности за очаквания метод на изучаване
- Определяне на терминологията, която трябва да се използва, за да се опишат податливост, опасност и риск.

Доколкото е възможно, това е най-добре да се направи след обсъждане с потенциални консултанти и така ще има ясно разбиране за това какво е необходимо.

Избор на консултанти и професионални изпълнители по райониране

Оценката и картографирането на опасните геоложки процеси, в т.ч. описание, оценки по податливост, опасност и риск е наука, която трябва да се извършва само от високо квалифицирани професионалисти в тази област – инженер геолози (код на специалността 07.01.12), които имат опит в картографирането и които разбират склонови процеси, физико-механични свойства на скали и строителни почви и оценка на риска.

Тези изисквания важат и за консултантите, предлагащи работа по райониране и картографиране, които са необходими при изпълнението на задачата и при проверката на извършената дейност.

Литература

- Ale, B.J.M. (2001). Risk Assessment Practices in The Netherlands, RIVM (National Institute of Public Health and the Environment), P.O. Box 1, 3720 BA Bilthoven, The Netherlands.
- Australian Geomechanics Society 2007 Guideline for Landslide Susceptibility, Hazard and Risk Zoning for Land Use Planning. Journal and News of the Australian Geomechanics Society, Vol.42, No.1.
- Cascini, L., Bonnard, Ch., Corominas, J., Jibson, R., Montero-Olarte, J. 2005. Landslide hazard and risk zoning for urban planning and development. – State of the Art report. Proceeding of the International Conference on Landslide Risk Management. Hungr, Fell, Couture & Eberhardt (Eds.), A.A. Balkema Publishers, pp. 199-235.

- Corominas, J., Mavrouli, O. (coordinators) 2010. Overview of landslide hazard and risk assessment practices. Deliverable 2.1 of the Work Package 2.1 - Harmonization and development of procedures for quantifying landslide hazard. SafeLand Project - 7th Framework Programme Cooperation Theme 6 Environment (including climate change) Sub-Activity 6.1.3 Natural Hazards.
- Cruden, D.M., and Varnes, D.J. 1996. Landslide Types and Processes, in *Landslides. Investigation and Mitigation*, Editors AK Turner. and RL Schuster. Special Report 247, Transport Research Board, National Research Council, Washington D.C.
- Dikau, R, Brunsten, D, Schrott, L., Ibsen, M.L. 1996. *Landslide Recognition*. Wiley,Chichester.
- ERM 1998. *Landslides and Boulder Falls from Natural Terrain: Risk Guidelines*. Report to Geotechnical Engineering Office of Hong Kong. ERM-Hong Kong Ltd.
- Fell, R., Corominas, J., Bonnard, Ch., Cascini, L., Leroi, E., Savage, W.Z. on behalf of the JTC-1 Joint Technical Committee on Landslides and Engineered Slopes. 2008. Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning. *Engineering Geology*, 102: 85-98.
- Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk assessment and zoning 2011. WP 2.1: Harmonisation and development of procedures for quantifying landslide hazard. Deliverable/Work Package Leader: UPC Revision: 3 – Final. In: *SafeLand. Living with landslide risk in Europe: Assessment, effects of global change, and risk management strategies*. 7th Framework Programme. Cooperation Theme 6 Environment (including climate change). Sub-Activity 6.1.3 Natural Hazards. Deliverable D 2.4. 173p.
- Ho, K.K.S., Leroi, E. and Roberds, B. (2000). Quantitative Risk Assessment: Applications, Myths and Future Directions, in *GeoEng 2000 Invited Papers*. TECHNOMIC, Lancaster PA, 209-312.
- HSE (2001). *Reducing Risks, Protecting People, Health and Safety Executive*, United Kingdom, Her Majesty's Stationery Office, London.
- Hutchinson, J.N. 1988. Morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hydrogeology. In Ch. Bonnard (Ed.): *Landslides. Proceedings 5th International Conference on Landslides*. Lausanne. Vol. 1: 3-35
- IAEG 1990. Suggested nomenclature for landslides. International Association of Engineering Geology Commission on Landslides,, *Bulletin IAEG*, No. 41,,13-16.
- ISDR 2009. Terminology on Disaster Risk Reduction. <http://www.unisdr.org/eng/library/lib-terminology-eng.htm>
- IUGS (1997). Quantitative risk assessment for slopes and landslides - The state of the art. In *Landslide Risk Assessment D. Cruden and R. Fell (editors)*. Balkema, Rotterdam. pp. 3-12.
- Malet, J.-P., Thiery, Y., Puissant, A., Hervás, J., Günther, A., Grandjean, G., 2009. Landslide susceptibility mapping at 1:1M scale over France: exploratory results with a heuristic model. In: Malet, J.-P., Remaître, A., Boogard, T. (Eds), *Proc. International Conference on Landslide Processes: from Geomorphologic Mapping to Dynamic Modelling*, 6 -7 February 2009, Strasbourg, France. CERG Editions, Strasbourg, pp. 315-320.
- Varnes, D.J. 1978. Slope Movement Types and Processes. In *Special Report 176: Landslides: Analysis and Control* , editors R.L. Schuster and R.J. Krizek, TRB, National Research Council, Washington, D.C.,11-33.
- Vrijling, J.K., van Hengel, W. and Houben, R.J. (1998). Acceptable Risk as a Basis for Design, Reliability and Engineering Safety, Apostolakis et al (eds.), Vol.59, No.1. Wieggers, M.O. 2006. Landslide inventory map of the Morgan Hill Quadrangle, Santa Clara County, California. Scale 1: 24,000. Geologic Information and Publications. California Geological Survey.
- Wieggers, M.O. 2006. Landslide inventory map of the Morgan Hill Quadrangle, Santa Clara County, California. Scale 1: 24,000. Geologic Information and Publications. California Geological Survey.
- Wise, M.P., G.D. Moore, and D.F. VanDine (editors). 2004. *Landslide risk case studies in forest development planning and operations*. B.C. Min. For., Res. Br., Victoria, B.C. Land Manage. Handb. No. 56. <<http://www.for.gov.bc.ca/hfd/pubs/Docs/Lmh/Lmh56.htm>>

2.5. Методика за организация на мониторинг на опасните геодинамични явления, превенция, подготовка и квалификация на кадри

Мониторинг е комплекс от дейности за обследване, картировка, заснемане, системни инструментални наблюдения на изградени контролно-измервателни мрежи върху районите, засегнати или застрашени от неблагоприятни геодинамични процеси, с цел тяхната оценка и прогноза.

Дейностите по регистрирането и мониторинга на свлачищните райони на територията на Република България като превантивни мерки за предотвратяване на аварии и щети се осъществяват от Министерството на регионалното развитие. Министерството на регионалното развитие води публичен регистър на свлачищните райони. Мониторингът на свлачищните райони се осъществява чрез наблюдение, анализи и оценка на резултатите от подробни инженерно-геоложки, хидрогеоложки и хидроложки проучвания за определяне на основните геотехнически характеристики на свлачищата и инженерно-геодезически измервания и наблюдения на изградени стационарни реперни мрежи за свлачищни движения в пространството и времето.

Мерките за ограничаване на свлачищата, ерозионните и абразионните процеси и за предотвратяване на аварии и щети се осъществяват от Министерството на регионалното развитие.

Мониторингът е елемент на геозащитната дейност при устройственото планиране на териториите и акваториите, опазването и възстановяването на околната среда, действие по време на кризи, причинени от неблагоприятни геодинамични процеси, и включва:

1. Инженерно-геоложки, хидрогеоложки и хидроложки наблюдения - извършват се чрез системни огледи и анализ на регистрирани свлачищни райони и потенциално застрашени участъци;

2. Измерване на контролно-измервателни системи, в т.ч.:

2.1. Хидрогеоложки измервания на нивата на подземните води в и около свлачищата и анализ на състоянието им;

2.2. Геодезически измервания на реперни мрежи и промерни работи на морското или речно дъно и оценка на динамичното поведение на свлачищните райони и подводния брегови склон;

2.3. Инклинометрични измервания за деформации и анализ на динамиката на свлачищните процеси в дълбочина;

3. Наблюдение за функционалната ефективност на изградени геозащитни строежи;

4. Анализ на проведени измервания и на информация от постъпили сигнали за неблагоприятни геодинамични процеси.

2.5.1. Режимни наблюдения

Дейността по режимните наблюдения обхваща регистриране и картотекиране на свлачищните масиви, провеждане на периодични инженерногеоложки огледи, режимни хидрогеоложки и геодезически наблюдения върху специално изградени за целта наблюдателни мрежи, обработка, интерпретация и съхранение на събраната информация в база данни.

- *Инженерногеоложки мониторинг* (периодични инженерногеоложки огледи) се извършват чрез системно наблюдение и анализ на регистрирани активни свлачища и потенциално застрашени участъци с цикличност, съобразена с механизма и динамиката на свлачищните процеси, наблюдения и анализ на функционалната ефективност на изградените противосвлачищни съоръжения.

Информационната карта за представяне на резултатите от наблюденията по конкретно установени елементи включва: местоположение, размери, площ, причини за проявените процеси, засегнати и застрашени фондове, геодинамично състояние на свлачищния участък, проектна готовност и препоръки. Описаните елементи изразяват реалните взаимодействия на развитие на процеса и са привързани към определен времеви период и цикличност, което създава възможност за сравнимост на данните.

- *Хидрогеоложки мониторинг*, включва преки хидрогеоложки измервания на нивата и анализ на състоянието на подземните води в и около свлачищните тела.

Нивата на подземните води са свързани както с геоложката среда, така и топографията на съответния район.

За наблюдение на подземните води се изисква наличие на мониторингова (пиезометрична) мрежа за измерване на водното ниво на подземните води. Целта на измерването на тези мониторингови мрежи е да се получава систематична, подробна и сравнима информация за състоянието на водите в рамките на свлачищния район, както и да се даде надеждна оценка за количественото състояние на подземните води.

- *Геодезически мониторинг*, включва прецизни геодезически измервания на предварително изградените наблюдателни мрежи с цел установяване пространствените премествания и оценка на динамичното поведение на съответните наблюдателни участъци и на терени с вече осъществени укрепителни мероприятия за изясняване ефекта от реализирането им.

Геодезическите методи се основават на:

1. Високоточни периодични измервания на пространствените деформации върху мрежа геодезически наблюдателни мрежи, включващи стълбове за наблюдение и земни (повърхностни) наблюдателни репери;

2. Геодезическо заснемане на наблюдаваните участъци и прилежащата им инфраструктура с цел изработване на специализирани карти.

Подходът и начина на работа е съобразен с актуалната нормативна уредба. При изследване на деформациите се спазва следната последователност:

- изграждане (стабилизиране) на контролно-измервателни системи;
- организиране на измерванията;
- извършване на измерванията;

- обработка на резултатите от измерванията, включваща математическа обработка и изчисляване на деформациите и векторното им представяне;
- анализ и интерпретация на резултатите;
- изготвяне на отчет за резултатите от направените изследвания, който съдържа сведения за извършените работи и величината на определените деформации в табличен вид.

За по-точно характеризиране на динамиката и закономерностите в преместванията, се определят освен преместванията по координатните оси, хоризонталните и пространствени вектори на преместване на реперите, точността им и още редица допълнителни характеристики, като скорост на преместване, абсолютно и относително изменение на векторите на преместване, ъглите на пространствените вектори спрямо хоризонта (ъгли на наклона) и др.

Чрез интерпретацията резултатите се установяват характера (включително и динамиката) и закономерностите, на които се подчиняват преместванията на отделните точки и на съответния масив като цяло.

- *Инклинометрични мониторинг представлява измервания в дълбочина за деформации и динамика на свлачищните процеси*

Инклинометричните измервания са метод за измерване на свлачищните деформации в дълбочина. Те дават представа за дълбочината и мощността на зоната на хлъзгателната повърхнина и позволяват да се установи разпределението на деформациите в дълбочина. Инклинометричните измервания обикновено се включват съвместно с геодезическите измервания.

Посредством инклинометъра се определя изменението на наклона на тръбата, спусната в сондажа, което дава възможност да се съди за разпределението на страничните отмествания в масива в дълбочина и във времето. Прилагайки инклинометрите може да се установи със сигурност хлъзгателната зона на свлачището и границата между подвижните и неподвижни пластове. Инклинометърът дава данни за изменението на наклона на оборудваната тръба, в който той е поставен по отношение на нейното начално почти вертикално положение. Взетите отчети на определени постоянни избрани дълбочини от вътрешността на колоната, дават възможност да се съди за наклона на нейното изменение в различни части. Интегрирайки резултатите от измерванията за всеки две точки може да се получи представа за относителното изменение на наклона между тях. Периодически повтарянето на измерванията водят до определяне местоположението, величината, направлението и скоростта на огъване на тръбата. Интегрирането обикновено се провежда от забоя на сондажа, който се разглежда за неподвижен. Инклинометричните измервания отговарят на следните въпроси:

- свлачищна активност
- скорост на движение
- дълбочина.

Честотата на провежданите наблюдения се определя в зависимост от геодинамичното състояние на наблюдавания масив и неговото влияние върху поземления фонд и инженерна инфраструктура.

За извършените хидрогеоложки измервания, геодезически измервания на реперни мрежи и инклинометрични измервания се представят:

- тримесечни доклади с резултати от измерванията на приоритетно изследваните през периода свлачища и/или абразионни обекти, придружени от аргументирана обосновка за приоритизирането им;

- обобщен годишен доклад с анализи и оценки от всички измервания през годината.

В годишния доклад се представят анализи и оценки от проведените инженерно-геоложки обследвания и извършените хидрогеоложки, геодезически и инклинометрични измервания; препоръки и наредени мерки за овладяване и стабилизиране на свлачищните процеси и продължаване на мониторинга им. Докладът следва да бъде придружен от графични материали - схеми, скици, карти, геодезически измервания и др.

2.5.2. Превенции на опасните геодинамични явления

Регистър на опасните геодинамични явления

Поддържане на регистър на опасните геодинамични явления. В Регистъра се поддържа информация за опасните геодинамични явления, която включва:

- **обща информация** за всеки участък
- **специализирана информация** относно:
 - геореферирани данни
 - графично изображение
 - актуализиране на регистъра с данни за новопроявленията и активизациите
 - допълване и отразяване на настъпилите промени с информацията от инженерногеоложкия мониторинг
 - обработка, анализ и оценка на получената информация от стационарните хидрогеоложки наблюдения и допълване на базата данни
 - обработка, анализ и оценка на получената периодична информация от геодезическите измервания и допълване на базата данни
 - допълване на специализирана информация, получена от извършените инженерногеоложки проучвания и стабилитетни оценки.

Организация на постъпване на информацията

Информацията (сигналите) за появили се първи признаци и белези от активизирани геодинамични процеси се подават от собствениците на засегнати имоти, техническите служби на общините, в чиито територия се развиват процесите, арендаторите и техническите лица от обслужващите фирми на съоръженията от изградената техническа инфраструктура, към местните органи на самоуправление - кметства и общини.

След получаване на сигнала за възникнал неблагоприятен геодинамичен процес, МРР разпорежда на геозащитните дружества извършване на инженерногеоложко обследване на района.

Резултатите от обследването се изпращат на МРР и на съответната служба, от която е получен сигнала.

Поддържането на публичен регистър се осъществява, като системно се подава информация за ново активизирани се и ново възникнали явления. Получените от извършвания мониторинг резултати своевременно се вкарват в система база данни.

Тази информация създава база данни на геодинамични явления и служи за вземане на управленски решения и разработване на превантивни мерки за намаляване на последствията от тези явления, като материални загуби, екологични последствия и предотвратяване (във възможната степен) на човешки жертви.

2.5.3. Подготовка и квалификация на кадри

Организацията на мониторинг на опасни геодинамични явления се извършва от специалисти с висше образование с придобита образователно - квалификационна степен „магистър” по специалности „Инженерна геология”, „Хидрогеология” и „Геодезия”, и професионална квалификация „магистър - инженер”.

Специалистите трябва да са осъществявали в продължение най-малко на три години през последните пет години дейност по посочените специалности.

Получените данни от провеждания мониторинг да се обобщават от специалист по „Инженерна геология”.

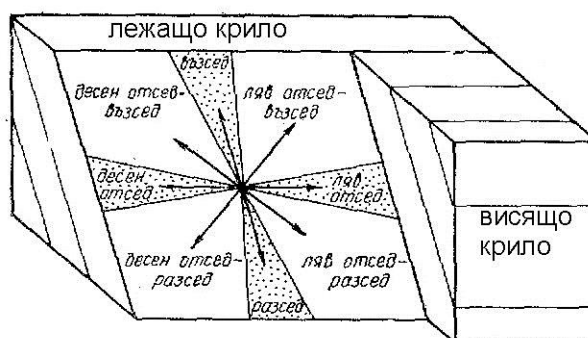
ЧАСТ III. КАТЕГОРИЗАЦИЯ НА НАЙ-ОПАСНИТЕ ГЕОДИНАМИЧНИ ПРОЦЕСИ И ЯВЛЕНИЯ В БЪЛГАРИЯ

А. Ендогенни процеси

3.1. Активни разломи

Кратка характеристика

Разлом. Разломът се дефинира като една или повече близко разположени пукнатини по която е нарушена целостта на земната среда и е осъществено преместване на скалите от едната страна спрямо тези от другата страна. Повечето разломи са резултат на повтарящо се придвижване, което може да става чрез внезапни премествания или бавно движение (плъзгане, пълзене). **Разломната зона** представлява линейно удължен участък от суб-паралелни разломи или преплитачи се разломи, като те могат да се разклоняват и дивергират. Като цяло разломната зона е много по-широка от отделния разлом и може да има размери от няколко метра до километри. По кинематика разломите биват възседи, разседи и отседи, като в много случаи движението е комбинирано (Фиг. 2). Разломите са в резултат на тектонски процеси и се отличават от нарушенията възникнали в резултат на екзогенни процеси като свлачища, срутища и др.



Фиг. 2. Класификация на разломите според относителното преместване на крилата и склонието на вектора на преместване. Стрелките показват относителното преместване на висящото крило (по Антонов, 1982)

Следа на разлома се нарича линията образувана от пресичането на повърхността на разлома със земната повърхност.

Активен разлом. Преглед на понятието

Съществуват различни дефиниции приети в нормативните документи на различните страни и изследвания, но като цяло няма общоприета дефиниция и критерий.

Според Slemmons and McKinney (1977) това е разлом, който е проявил движения през съвременния сеизмотектонски режим. Според Muir Wood and Mallard (1992) не е достатъчно активността на разлома да се базира единствено на период от време. По-скоро тя трябва да се базира на изследвания върху движенията по него, повтораемост и условията на възникване на сегашното регионално поле на напреженията.

За Boschi и др. (1996) Активен разлом от интерес за оценката на сеизмичния hazard е структура с установени данни за активност през късния плейстоцен (около 125 000 год.) и доказан или предполагаем капацитет да предизвика големи земетресения.

За западната част на САЩ – Провинцията на басейните и хребетите (Basin and Range Province) (WSSPC, 1997) се дефинират 3 категории: холоценско активни разломи – с движение през последните 10 000 години: къснокватернерни – с движения през последните 130 000 години; кватернерно активен разлом – с движения през последните 1 600 000 години.

Според Ядрената регулаторна комисия на САЩ (NRC, 1997) дефиницията използвана при строителството на ядрени централи е: „Структура от значение за оценката на сеизмичния hazard е тази, която предизвиква деформация на земните форми или скали с повтаряемост на събитията през приблизително последните 500 000 години или поне веднъж през приблизително последните 50 000 години (първоначално тази цифра била е приета за 35 000 и възстановена отново пре 2010 г.) или той е участвал в установяването на съвременния тектонски режим (кватернера или приблизително последните 2 000 000 години)”.

Според законодателството на щата Колорадо (Bryant & Hart, 2007) „активен разлом” е разлом, който е показал повърхностно разломяване през Холоцена (последните около 11 000 години) и следователно представлява потенциална опасност за съоръженията които могат да бъдат разположени върху него”. Отделно се дефинират „земетръсни разломни зони”, които обхващат следата на активните разломи, като техните граници се определят от проведените изследвания и дефинират със подзаконови актове. За тези цели разломите се дефинират като: активни (11 000 г период на оценка), „потенциално активни” (1 600 000 г. период на оценка). Последните от своя страна се поделят на „достатъчно активни” и „добре изразени”. Последната категоризация се прави по практически съображения поради невъзможността да бъдат детайлно изследвани и обхванати всички „потенциално активни” разломи. Тук трябва да се отбележи, че според данни на Американската геоложка служба (USGS) някои стари разломни зони (няколко стотин милиона години) в централната част на САЩ показват признаци на реактивация и могат да представляват сеизмична опасност за този считан за много стабилен регион.

Според Machette (2000) карти на разломите за да са от полза за оценката на сеизмичния hazard трябва да обхващат времеви период включващ няколко сеизмични цикъла, например при повторяемост на събитията в даден район 20 000-50 000 години, то картите трябва да включват разломи с възраст 50 000 – 100 000 години. В граничните зони на плочите картите включващи разломи по-млади от 10 000 години трябва да включат разломите с осъществени по тях от минимум 2 до 20 палеоземетресения.

Според ръководствата на МААЕ (IAEA, 2010) се използва терминът „способен” (потенциално активен) (capable fault), като се разбира „разлом, който има значителен потенциал за премествания на земната повърхност или близко до нея” и се предлагат 2 периода за изследване според геодинамичната позиция на района. За вътрешноплочови региони времеви период е плиоцен – кватернер (до около 5 млн. год. назад), а за крайнините на плочите (геодинамично по-активни райони) времеви период късен плейстоцен-холоцен (10-11 000 години). Очевидно презумцията е, че за по-спокойни в геодинамично отношение райони и с по-големи периоди на повторяемост на сеизмични събития е необходим по-дълъг период за да се установи достоверно активността на даден разлом. Практиката от райони с

висока сеизмичност (Япония, Нова Зеландия) и дори Австралия) показва, че независимо от „лесната“ изява на активните разломи се търсят по-продължителни периоди от 11 000 г. (холоцен) за оценката на активността на разломите (поне 130 000 г.). Това важи особено за Япония, във връзка със строителството на ядрени централи и провежданите стрес тестове и преоценки след събитията в централата Фукушима.

За Северна Гърция, страна с много близка геодинамика до тази на южна България, при съставянето на каталога на активните разломи и сеизмичните източници е използвана следната класификация (Pavlides и др., 2010):

1. *Сеизмични разломи свързани с големи земетресения;*
2. *Разломи с холоценска активност: с доказани премествания 10 000 години и относително високи скорости на преместване (пъзене);*
3. *Къснокватернерни разломи с доказани премествания през последните 40 000 години, свързан с възможностите на 14С метод на датирание (заб. този критерий се приема и от други изследвания, като някъде се свързва и с максимума на последното заледряване);*
4. *Кватернерно активни разломи с документирани размествания през кватернера (2.6 Ма) и характеризиращи се със средни до ниски скорости на преместване.*
5. *Потенциално активни разломи с несигурна възраст, но с геометрия и кинематика благоприятно разположени спрямо сегашното поле на напреженията, което би могло да ги реактивира при едно земетресение.*
6. *Разломи с несигурен характер (активност): възможно неактивни.*

В България също липсва общоприета дефиниция за „активен разлом“. При Сеизмичното райониране на страната според изискванията на Еврокод 8 са приети следните дефиниции (ГФИ, 2009):

- ✓ Активен разлом: Разлом, по който движенията продължават и понастоящем. Някои от активните разломи могат да бъдат и сеизмоактивни структури.
- ✓ Сеизмогенна структура: Геоструктура, разлом или разломна зона с проявена сеизмична активност, или с исторически или палеосеизмоложки данни за повърхностно разломяване. Сеизмогенната структура може да генерира силни (макро) земетресения с определена повтораемост.

Или:

Приема се предложеното в ЕС8.2 определение, както следва: “Да се счита един разлом за активен, когато исторически движението на хлъзгане средно е 1мм на година, за което има и топографски свидетелства в рамките на холоцена (последните 11 000 години).” (ЦЛСМСИ, 2009).

Терминът „разлом“, „тектоничен разлом“ или „активен разлом“ се споменава и в подзаконови нормативни актове като: „НАРЕДБА за условията, реда и органите за извършване на анализ, оценка и картографиране на рисковете от бедствия. В сила от 02.11.2012 г. Приета с ПМС № 264 от 25.10.2012 г.“ и „НАРЕДБА № РД-02-20-2 от 27 януари 2012 г. за проектиране на сгради и съоръжения в земетръсни райони“, без да се дава дефиниция на понятието.

За „...активни разседи и геодинамични зони...” се говори и в „НАРЕДБА за осигуряване на безопасността на ядрените централи ПМС № 172 от 19.07.2004 г., без те да се дефинират.

Galadini и др. (2012) правейки един основен преглед на понятието активен разлом стигат до извода, че е невъзможно да бъде прието единно понятие, то зависи от локалните геодинамични особености, повтораемост на сеизмични събития, налични бази данни, целите на регулаторните актове и др.

Условия и фактори за възникване и активизиране на процеса

Възникването и дейността на активните разломи е в резултат на геодинамичната обстановка и разпределението на напреженията в земната кора. Те се контролират от естествени природни фактори. Тяхната промяна е много бавна от човешка гледна точка и затова може да бъде достоверно вероятно прогнозирана при набавяне на достатъчен брой акуратни данни и изграждане на бази-данни. Активен разлом може да бъде активизиран и косвено, при възникване на земетресение по друг разлом.

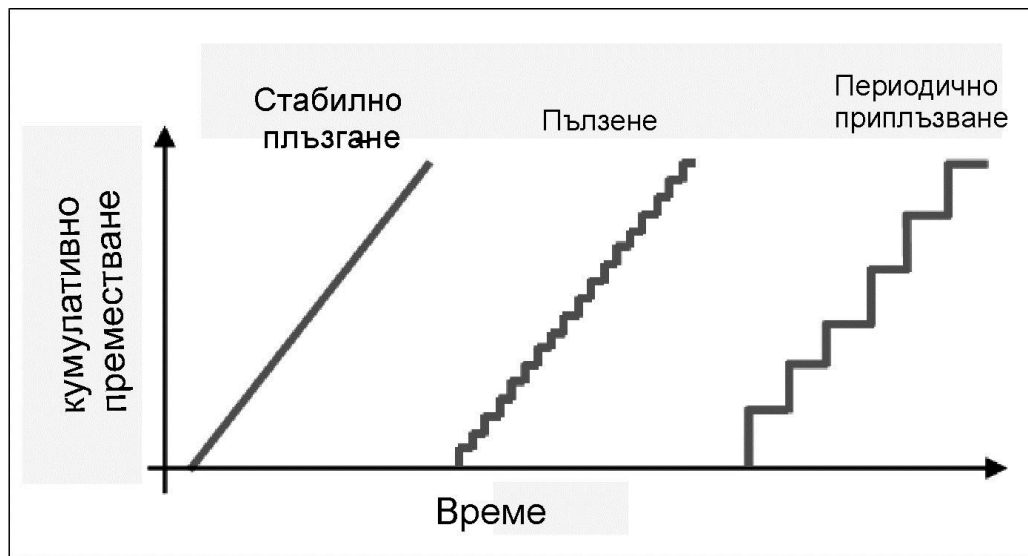
Известни са и случаи, когато в резултат на техногенни дейности се наблюдава активизиране на разломи (някои без да са били активни) и възникване на т.н. предизвикана (техногенна) сеизмичност. Това явление възниква обикновено при нагнетяване или изпомпване на флуиди чрез сондажи дълбоко в земните недра. То може да окаже въздействие върху ограничена територия и сеизмичните събития са с ниска магнитуда и не е обект на разглеждане в настоящата разработка.

Оценката на изявата и активизацията на всеки отделен разлом се базира изключително на: 1) скорошната изява на разломяване и 2) повтораемост по протежение на вече съществуващи разломи. Вероятността от възникване на нови активни разломи или реактивацията на дълго време неактивни разломи е относително рядко и нетипично и обикновено с малка тежест при оценка на условията в конкретна площадка. Например вероятността за активизация на разломи с историческа активност в последните 200 години е много по-голяма от разломи с активизация през последните 11 000 години, а още по-малка за кватернерни разломи (до 1 600 000 год.). Тук трябва да се подчертае, че някои разломи показват периодична повтораемост на разломяване от порядъка на десетки или стотици години, докато други могат да се активизират след хиляди години. Поради тези причини изследванията трябва да са носечени основно към вече установени разломни зони и да се оцени времето им на активизация.

Категоризиране на процеса

1. Като основен критерий за активността на разлом се приема по него да се е осъществявало движение в един назад близък период от време, което предполага, че такова движение ще се осъществи и в близко бъдеще или се осъществява и понастоящем. Това движение може да се осъществява по три основни начина и комбинации между тях (Фиг. 3). Движението може да е постоянно и или „скокообразно” с определена повтораемост. Последното движение (периодично приплъзване „stick slip”) обикновено има капацитета да предизвиква силни земетресения. Движението може да бъде установено по геоложки, геоморфоложки и апаратурни методи (сеизмоложки, геодезични, и екстензиометрични данни и сондажни

данни). От особено значение е установяването на периода на повторемостта на движенията по разлома (земетресенията) и скоростта на преместването по разлома.



Фиг. 3. Типове движения по активен разлом (по

2. Времеви интервал назад във времето, в който се оценява неговата активност. Тук обаче няма единен критерий какъв времеви или геоложки период от време трябва да бъде обхванат за категоризиране активността на разломите. Имайки предвид различните абсолютни граници на хроностратиграфските единици, приемани през различните години, този критерий става още по-труден и неопределен. Той се движи в границите от 5000 до над 2 000 000 г.

3. Дали разломът нарушава земната повърхност или не.

4. Дали е сеизмоактивен или не.

Картографиране на процеса и мониторинг

Основно обект на изследване са активните разломи, които са сеизмоактивни (по тях стават земетресения и/или предизвикват разломяване на земната повърхност. Изследването им цели да се определи сеизмичният им потенциал като и този за повърхностно разломяване. Това е една трудна задача поради характера на разломите (Krnitzsky 1974). Те са комплексни структури с множество огъвания, разклонения и прекъсвания. Установяването на активните разломи с възможност за повърхностно разломяване има за цел да предотврати застрояването върху тях или в непосредствена близост за да не се застраши съоръжението при една бъдеща активация по разлома. Обикновено широчината на зоната в която не се допуска застрояване е до няколко десетки метра.

Поради комплексността на активните разломи няма един единствен метод по който те могат да бъдат надеждно установени на различни участъци. Нужно е да се прилага комплексна методика, като според обстановката тежестта на всеки метод може да се промени. Сложността се засилва и от голямата доза неизвестности и променливост на всяка отделна изследвана площадка.

Определянето на активността трябва да става въз основа на данни от конкретната площадка на изследване, както и в регионален план. Най-достоверният начин за установяване на активността на разлома е непосредственото му наблюдение в естествени или изкуствени разкрития и датирание на разломените и неразломени пластовете. За повишаване достоверността на изследването е необходимо прилагането и на допълнителни методи: изследване на скорошни деформации в релефа на терена, по топографски карти или аерофото снимки и др. Във всички случаи методиката на изследване ще бъде различна на всеки обект според целите на изследването, критериите за оценка, изискванията на нормативната база на регулатора. Според спецификата на обекта може да се наблегне на едни или други методи. Водещ критерии при изследването трябва да бъде приемливото ниво на риска за всяко конкретно съоръжение, което би могло да се проектира (Guidelines ..., 2002).

Изследването и картографирането се провежда в три основни части:

1. Цел и обхват на изследването (Guidelines ..., 2002)
2. Регионална геоложка и тектонска обстановка, сеизмичност и исторически земетресения.
3. Описание на конкретни разглеждания район/площадка: геоложки условия, релеф, растителност, инфраструктура и др., фактори, които могат да повлияят на избора на методика и интерпретация на данните.

Методология:

1. Преглед на наличните литературни данни върху геоложките условия, литотела, разломи, хидрогеология и др.

2. Преглед на налични картни данни: топографски карти, аерофото и космически снимки, радарни снимки, цифрови модели на релефа, почвени карти и др. с цел установяване на разломни структури или линеаменти по различни компоненти, които биха могли да индикират активни разломни зони.

3. Повърхностни теренни наблюдения, включващи картиране на геоложките и почвени тела, разломи и разломни сегменти, следи на разломите, геоморфоложки структури, извори, деформации в сгради и инженерни съоръжения, които могат да са свързани и да се дължат на движения по активни разломи. Наблюденията се позиционират с GPS приемник или прецизна нивелация.

4. Дълбочинни наблюдения включващи:

- Извършване на изкопни работи (канави) за директни и детайлни наблюдения на разломите, геоложките и почвени тела (палеосеизмоложки изследвания). Те трябва да са достатъчно дълбоки за да изпълнят задачата си и да бъдат акуратно документираны.
- Извършване на сондажни работи, опробване на скали, почви и води, документация и геофизични изследвания. Броят и дълбочината на сондажите трябва да осигурява представителност на данните и възможност за надеждна корелация и интерпретация.
- Пенетрационни изследвания - (СРТ – статични или SPT – динамични). Заедно с данните от сондажите те могат да представят адекватно стратиграфията на района, но устано-

вяването на разломни структури по данни на пенетрационните изследвания има чисто интерпретативен характер.

5. Геофизични изследвания. Това са косвени методи, чието прилагане изисква познаване на геоложката среда за да се получи надеждна интерпретация. Затова те трябва да се прилагат винаги заедно с геоложките данни. Сами по себе си геофизичните методи не могат да докажат или отхвърлят наличието на разлом или да определят времето на активността му.

- Приложими методи са: метода на отразените вълни с висока разделителна способност; георадарна снимка; сеизмични методи - метод на пречупените вълни, електросъпротивителни методи – вертикално електрически сондиране или електро томография, електромагнитно профилиране и гравиметрия.

6. Датировка на скали, почви и повърхности, които фиксират времето на разломяване.

- Приложими методи са аболютното радиометрично датиране, основно по ^{14}C ; изследването на развитието на почвата; изветрянето на минерали и скали; развитието на земните форми; стратиграфската корелация на скали, минерали и фосили;

7. Други методи – анализи по артефакти, исторически данни, тифрохронология, моделиране на разломните откоси, термолуминисценция, палеомагнетизъм, изследване на лишеи, дендрохронология и др.

8. Допълнителни методи: извършване на наблюдения и заснемания от въздуха чрез облитане на района; геодезични данни по GPS измервания и повторна нивелация; микросеизмичен мониторинг.

Мониторинг

Предвиждането на движенията по активните разломи, както и сеизмичните събития не подлежат на точно прогнозиране във времето, а само до прогнозиране на възникване на събитие и евентуално локализиране на района на възникване. Независимо от това наблюденията около активните разломи могат да дадат ценни данни за геодинамиката на района и прогнозиране възникването на опасни геодинамични процеси, намаляване и предотвратяване на последствията от тях. Това налага постоянен мониторинг около активни разломи създаващи висок сеизмичен и геоложки риск, особено в гъсто населени територии. Това може да стане чрез изграждане на постоянна нивелачна и/или GPS мрежа; микросеизмична мрежа, мрежа от екстензометри във възлови точки, периодично наблюдение на химизма и дебитата на изворите по разлома.

Изводи

Активните разломи са основа за анализа на сеизмичната опасност и сеизмичното райониране. Те могат да имат разрушителен ефект и върху различни сгради, съоръжения, пътища и др., които са построени върху тях или в близост до тях. Тяхното изучаването е от съществено значение за минимизиране на отрицателните последствия от проявата им и развитието на територията. Като вторичен ефект от тяхната изява могат да възникнат или да бъдат активизирани опасни екзогенни явления (свлачища, срутища, кални потоци и др.). Тяхното системно изучаване и категоризиране трябва да стане на основата на:

1. Дефиниране на параметрите на сегашния тектонски режим и определяне на неговото начално установяване. Това да послужи за основа за геодинамичното райониране на територията на страната, поради различните геодинамичните особености в отделните части.
2. Дефиниране в нормативната база на категории разломи от гледна точка на оценка на сеизмичната опасност (хазард) и повърхностно разломяване и заплахата, която те създават за сгради, съоръжения и инфраструктурни обекти въз основа на 1.
3. Системно картиране (инвентаризация) на разломната мрежа на страната с оглед доказване тяхната активност и създаване на каталог с техните параметри. Работата да започне от най-застрашените от геодинамична гледна точка райони и с оглед на геоложкия риск, който те създават.
4. Интерпретация и оценка на данните получени по точки 1, 2 и 3.

Литература:

- Антонов, М. 1982. Структурна геология. В: Зафиров, Ст., М. Моев, М. Антонов *Структурна геология, геотектоника и геоложко картиране*. С. Техника, 7-280.
- ГФИ – БАН, 2009. Окончателен отчет по договор: Сеизмично райониране на Република България, съобразено с изискванията на Еврокод 8 и изработване на карти за сеизмичното райониране с отчитане на сеизмичния хазарт върху територията на страната.
- ЦЛСМСИ - БАН. 2009. Отчет по тема „Национални параметри за Еврокод 8 “Проектиране на строителни конструкции за сеизмични въздействия”, III-ти етап.
- Boschi, E., D. Giardini, D. Pantosti, G. Valensise, R. Arrowsmith, P. Basham, R. Bürgmann, A.J. Crone, A. Hull, R.K. McGuire, D. Schwartz, K. Sieh, S.N. Ward and R.S. Yeats (1996). New trends in active faulting studies for seismic hazard assessment. *Annali di Geofisica*, XXXIX, 1301-1307.
- Bryant, W. A, Hart, Early. W. 2007. Fault rupture hazard zones in California. Department of Conservation, California Geological Survey, Sp. Publ., 42, 42p.
- Galadini, F., E. Falcucci, P. Galli, B. Giaccio, S. Gori, P. Messina, M. Moro, M. Saroli, G. Scardia, A. Sposato. 2012. Time intervals to assess active and capable faults for engineering practices in Italy. - *Engineering Geology*, 139–140, 50–65
- Guidelines for evaluating the hazard of surface fault rupture. 2002. California Department of Conservation, California Geological Survey, Note 49, 4p.
- IAEA, 2010. Seismic hazards in site evaluation for nuclear installations, Safety Standards Series No. SSG-9, p. 60, <http://www-ns.iaea.org/standards/>.
- Krinitzky, E. L. 1974. Fault assessment in earthquake engineering. Report 2. - In: State of the art for assessing earthquake hazards in the United States. U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station Soils and Pavements Laboratory, Vicksburg, Mississippi. 82 p.
- Machette M.N. 2000. Active, capable, and potentially active faults - a paleoseismic perspective, *Journal of Geodynamics*, 29, 387-392.
- Muir Wood R. and D.J. Mallard, 1992. When is a fault "extinct"?, *Journal of Geological Society of London*, 149, 251-255.
- NRC (U.S. Nuclear Regulatory Commission), 1997. Regulatory Guide 1.165. Identification and characterization of seismic sources and determination of safe shutdown earthquake ground motion, U.S. Nuclear Regulatory Commission, Office of Nuclear Regulatory Research, March 1997.
- Pavlidis, S., R. Caputo, S. Sboras, A. Chatzipetros, G. Papathanasiou, S. Valkaniotis. 2010. The Greek catalogue of active faults and database of seismogenic sources. *Bulletin of the Geological Society of Greece*, Proceedings of the 12th International Congress, , May, XLIII, No 1, – 486-494.
- Slemmons D.B. and R. McKinney, 1977. Definition of "Active Fault", U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station Soil and Pavements Laboratory, Miscellaneous paper S-77-8, Final Report, May 1997, p. 22.
- WSSPC (Western States Seismic Policy Council) 1997. Active fault definition for the Basin and Range Province. WSSPC Policy Recommendation 97-1 White Paper, 22 May 1997, San Francisco, CA, p.3.

Б. Екзогенни процеси

3.2. Ерозионно-абразионни процеси

3.2.1. Ерозия

Ерозията се разделя на три основни типа - площна, овражна и речна.

Площна ерозия

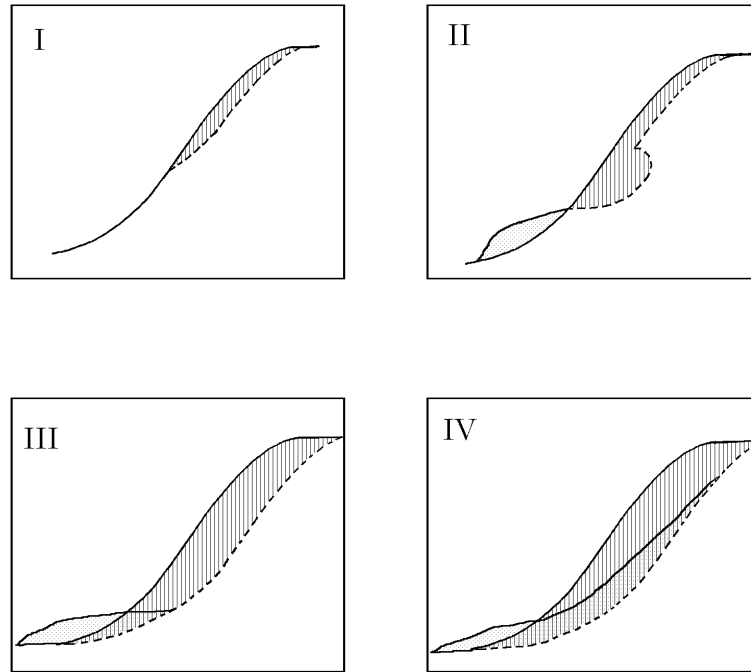
Представява повърхностно разрушаване и отнасяне на почвения слой под въздействието на дъждовните води и вятъра. Зависи от релефа и режима на водите. Развита е на места, където е налице заравнен и еднороден по състав склон. При такива условия водата се стича по цялата площ и при силни валежи започва процес на ускорено изнасяне на частици от повърхностния слой. От значение е наличието на растителна покривка – където липсва участъците се поддават лесно на размиване. Често този вид ерозия е трудно отчетлив визуално. Една от причините е, че обхваща големи площи. От значение са литоложкият състав на скалите и почвите в приповърхностната част, изветрителните процеси, климатът.

Напредването на ерозионния процес постепенно превръща площната ерозия в дълбочинна. Образуват се малки браздички, сливащи се помежду си с направление надолу по склона. Разрастването на тези браздички, както и на бразди от селскостопанска дейност и от колови на черни пътища могат да доведат до образуване на овраг.

Оврагообразуване

Не само постоянно действащите реки въздействат върху даден район, но и временно оформящите се потоци извършват значителна дейност – дълбаят склоновете, изнасяйки материала и променяйки по този начин релефа. Образуват се линейноудължени негативни релефни форми с характерен V-образен профил – ровини и оврази. Оформянето на овразите се осъществява на 4 основни стадия (фиг. 4):

- ✓ I стадий. Ако съществува малко понижение на терена или склона, то се преобразува в ровина с ъглов или трапецовиден профил, следващ западането на склона. Така оформилата се ровина е сигурен път за концентриране на временно течащи води от валежите и снеготопенето.
- ✓ II стадий. Този стадий се характеризира с образуване в горната част на оврага на стръмен отстъп, където водата образува малък водопад и вече оврагът е с изпъкнала надолу крива от надлъжния профил. Те най-често имат висящ характер. През този стадий преобладава дълбочинната ерозия. Обикновено бреговете са стръмни, непокрити с растителна покривка, оголени и поради стръмнината няма условия за отлагане на наноси. Растенето става в дълбочина и към водоразделното било напредва все повече. Удълбавайки коритото си, напредвайки с върховата част, той все повече изработва надлъжния си профил за да достигне равновесие (при удълбаване достига ерозионния базис и вследствие на това намалява дълбочинната ерозия). В най-долната част се образува наносен конус.
- ✓ III стадий. Профил на равновесието. Загубва се висящото състояние на профила, размивната дейност се насочва към бреговете, склоновете са с вертикални откоси. Долните части се покриват с наноси, известни още като „овражен делувий”.
- ✓ IV стадий. Стадий на затихването. Вследствие на непрекъснатата странична ерозия и достигане профила на равновесие дъното се покрива с овражен делувий. Бреговете са устойчиви и при тях има условия за затревяване и образуване на храстова растителност.



Фиг. 4. Стадии на оврагообразуването

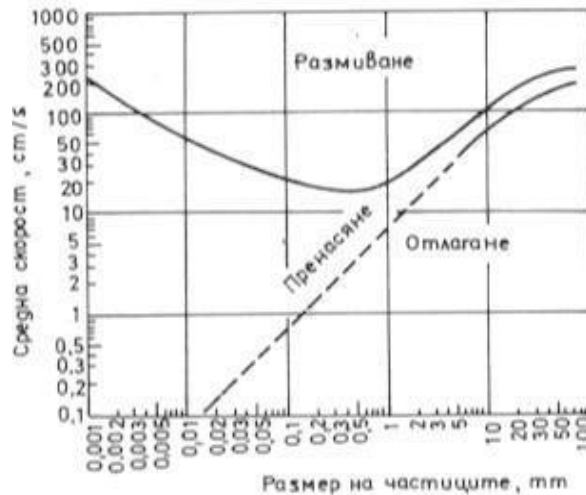
Речна ерозия

Дейността на реките е причина за развитието на руслови процеси, които необратимо изменят надлъжния и напречните профили на долината, очертаването на реката в план и разпределението на дълбочините в нея. Русловите процеси са сложни геодинамични процеси, които се развиват във времето и пространството и включват ерозионната дейност на реките - размиващото и разрушаващото действие на речните води, пренасянето, сортирането и акумулирането на твърдите наноси. Развитието и интензивността им в различните участъци на долината зависят от водните количества в реката, характеристиката на долината, геоложкия строеж, растителността, човешката дейност и др.

Водните количества в реката (речният отток) и тяхното разпределение във времето определят годишния цикъл на водния режим. За територията на България р. Дунав има максимални водни количества през май и ноември - декември, а колебанията на водното ниво са от 6 до 9 m.

Движението на водата се характеризира със скорост (скоростното поле на реката) и с параметрите на руслото (сечение на водния поток, наклон и характер на дъното), като с нарастването на водното количество тяхното значение се увеличава (фиг. 5).

Между водното количество, напречното сечение на руслото и скоростта на водата съществува динамично равновесие. Връзката между тях определя кой от русловите процеси ще доминира. Ако, наклонът на руслото е малък, наносите започват да се акумулират и да го запълват. Това предизвиква увеличаване на наклона в участъка, разположен по-надолу, в резултат на което започва регресивна ерозия на дъното и пренасяне на материал. Когато наклонът на руслото е голям се развива дънна ерозия, което довежда до намаляване на наклона и на скоростта и започва акумулиране на наносите.



Фиг. 5. Криви за ерозия, транспортиране и отлагане на еднороден материал (скоростно поле на реката)

Движението на водата в реката може да е ламинарно и турбулентно. Речните потоци са турбулентни в правите участъци на реката и имат различни скорости по напречните сечения. При завой на руслото има значително преразпределение и изменение на скоростите на водните потоци. По външните стени, скоростите на водните потоци нарастват, а по вътрешните намаляват между 1.5 и 2.0 пъти. Това определя още по-сложен турбулентен характер на потоците, което се отразява върху формирането на руслото на реката. От друга страна, неравностите по дъното и турбулентното движение на водата причиняват намаляване на скоростта, като при по-тясно русло реката пренася повече наноси и едновременно с това ерозира дъното си. Ако по дъното се акумулира алувий, руслото на реката става по-плитко, разширява се и реката започва да размива бреговете чрез странична ерозия.

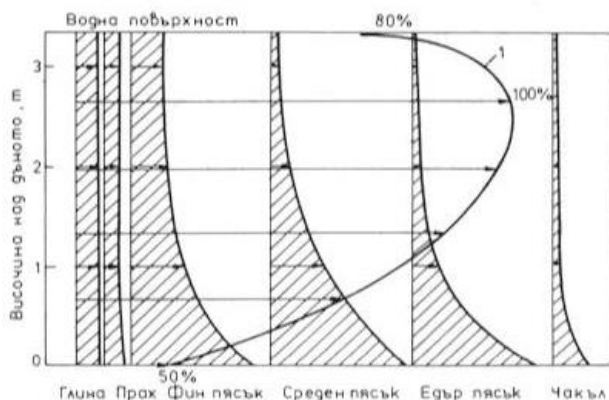
Водата в реките притежава енергия и извършва работа. Потенциалната енергия за единица дължина е $9,81 \cdot 10^3 \cdot Q \cdot H$ (J), където Q е средногодишното водно количество, а H - разликата във височините. Тази енергия реката изразходва за преодоляване на триенето между водата и твърдите частици носени от нея, за триенето между самите частици, за триенето на частиците в дъното и бреговете, както и за пренасяне на твърдите наноси. Резултатите от тази работа са ерозията, транспортирането и акумулацията, при които се изменят очертанията и дълбочината на долината. Водната ерозия във всеки участък от долината зависи от водния разход и от режима на оттока. При едни и същи водни количества ерозията е по-интензивна в горното течение на реката и значително по-слаба в долното. В долното течение, където наклонът на руслото е малък, реката извършва руслова ерозия. Интензивността на русловата ерозия зависи от съпротивлението срещу размиване на скалите (характера на склоновете и свойствата на литоложките разновидности, определени от структурните връзки между частиците), от растителната покривка и други.

Размиването на частиците зависи от челната сила на потока (P1), действаща върху определена частица с тегло (G), подемната сила (Ph), кохезията (c) и триенето (φ) на частицата с дъното и стените на потока:

$$P1 = f(G - Ph) + c$$

Речните наноси (алувиалните отложения) са продукт от ерозията на склоновете във водосборния басейн и от ерозията в руслото на реката. Ерозионните процеси развити по склоновете пренасят до дъното на долината голяма част от изветрелия материал на разновидностите, които го изграждат. Тези процеси се извършват по всички склонове на водосборната област на реката. Поради това речните наноси се образуват от материалите на бреговите откоси, от дъното, както и от по-рано отложените наноси от цялата водосборна област.

Скоростта на пренасянето и утаяването на алувиалните разновидности (чакъл, пясък, прах, глина) се определя от размерите на частиците, от разликата между тяхната плътност и плътността на водата и от кинетичната енергия на речния поток. Наносите биват влачени, търкаляни по дъното или пренасяни в плаващо състояние. Потокът премества влачените наноси по дъното благодарение на хидродинамичното налягане. На него противодейства триенето на частиците в дъното, което е пропорционално на теглото. При увеличаване на скоростта, потокът е способен да влачи многократно по-тежки частици. Едрината на частиците във влачените наноси се изменя през различните сезони. По дължината на реката едрината на частиците постепенно намалява с намаляването на скоростта на водата. Поради това равнинните реки влачат предимно пясък, а планинските - чакъли, валуни, и едри блокове. Плаващите наноси обикновено включват прахови, глинести или колоидни частици (фиг. 6). Благодарение на тях се образуват суспензии, при което подемната сила на водата се увеличава (при чистата вода подемната сила достига 40% от масата).



Фиг. 6. Криви за разпределението на пренасяните частици по дълбочина на потока (1). 1 – епюра на скоростта на течението на водата

Посоката на развитие на русловите процеси се определя от природните условия, които действат във водосборния басейн – климат, геоложки строеж, обем и режим на водния и на твърдия отток, съотношение между количеството на наносите и транспортиращата способност на водата, преотлагането на наносите и деформациите на руслото. При русловите процеси в речната долина се образуват и развиват меандри. При тясно дъно на долината, руслото в план има синусоидално очертание, чиято амплитуда се определя от широчината на долината. Деформациите на руслото се проявяват като „преместване” на речните завой надолу по

течението на реката, без съществено да се изменя очертанието на реката в план. При широко дъно, преместването на руслото и размиването на вдлъбнатите брегове постепенно превръща меандрите в „примковидни“ завои. Този процес завършва с прекъсване на „примката“ и меандърът постепенно се превръща в крайбрежно плато.

Ерозионни процеси по Дунавския бряг

Ерозията въздейства върху крайдунавските територии, като изменя профила на терена. Вследствие на измиването на бреговата ивица и подкопаването на високия десен бряг постепенно се измества бреговата ивица и речното корито на юг, като се намалява устойчивостта на десния долинен склон на река Дунав. При сравняване на карти на река Дунав от 1908 година насам е установено намаляване на бреговата ивица, като според изследвания на Агенцията за проучване и поддържане на река Дунав за последните 100 години страната ни е с около 6 хиляди декара по-малка площ от официалната.

Причините за развитието на ерозията по Дунавския бряг са естествени (природни) и изкуствени (антропогенни).

Естествени:

- ✓ развитие на интензивни ерозионни процеси по южния бряг на р. Дунав, в следствие на инерционните сили от въртенето на Земята;
- ✓ характерните за дунавския бряг литоложки разновидности, представени предимно от пясъчливи, глинести и смесени пясъчливо-глинести пластове и хоризонти и разновидности на лъсовите отложения, които са лесно размиваеми при сравнително ниска стойност на влачещата сила;
- ✓ високите, т.н. “черешови води” на р. Дунав;
- ✓ различните водни стоежи на реката ерозират основите на формираните стръмни брегови откоси и създават нестабилни склонове, които достигайки момента на неустойчиво равновесие се свличат;
- ✓ наличие на участъци с такава конфигурация на брега и дъното, която позволява създаване на турболентно движение в русловия поток и подкопаване на речния бряг;
- ✓ обилни повърхностни води вследствие на сезонни валежи;
- ✓ ледоход и други.

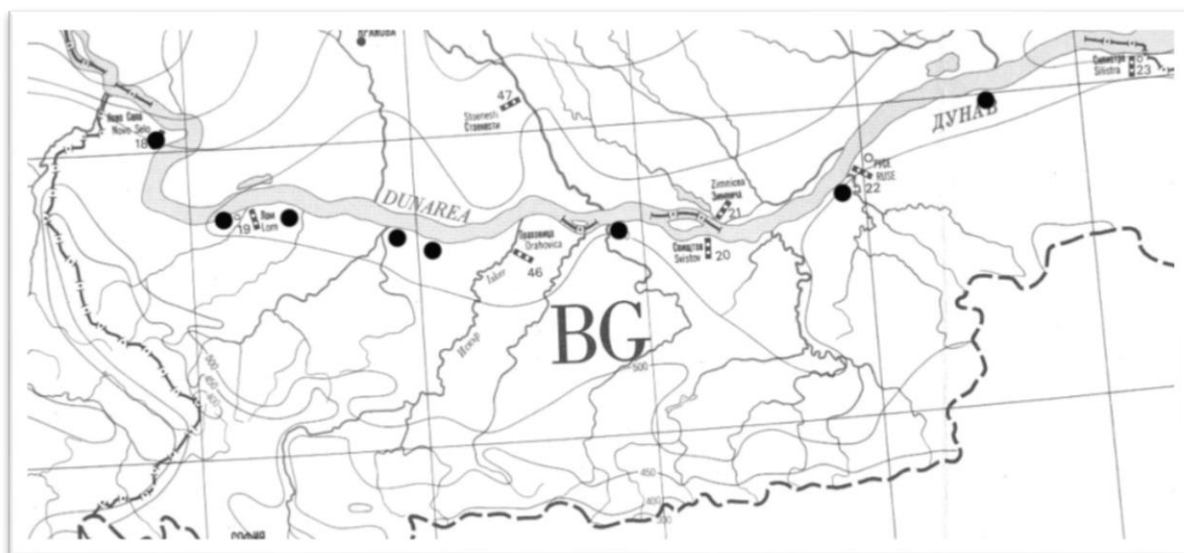
Изкуствени:

- ✓ честата промяна на нивото на Дунав при Видин и Лом, което изцяло зависи от работата на ХТК “Железни врата”;
- ✓ неконтролираната сеч по бреговата ивица;
- ✓ драгиране на речното дъно с цел добив на инертни материали от Дунав, което променя и дестабилизира подводния речен склон;
- ✓ неправилна последователност в изграждането на някои защитни съоръжения, което води до обратен ефект;
- ✓ течове от съществуващата водопроводна мрежа в населените места, както и липса на канализационна такава, което води до оводняване и лесно размиване на литоложките разновидности, изграждащи бреговете откоси.

- ✓ Всички тези фактори допринасят за интензивното рушене на дунавския бряг, като скоростта на развитие на процесите може да се раздели в три категории:
- ✓ слабо рушене - в размер 0.70 м/год;
- ✓ средно рушене - от 0.70 до 1.5 м/год;
- ✓ силно рушене - над 1.5 м/год.

През 1998 година са проведени изследвания на русловите и ерозионните процеси по десния бряг на р. Дунав и са установени следните рискови участъци в българската брегова ивица (фиг. 7):

- км 803-791 - Сланотрън-Видин - първи критичен участък;
- км 791-723 - Видин-Станево;
- км 723-713 - Станево-Горни Цибър - втори критичен участък;
- км 713 - 634 - Горни Цибър-Искър;
- км 634-604 - Искър-Олт - трети критичен участък;
- км 604-540 - Олт-Янтра;
- км 540-530 - Янтра-Батин - четвърти критичен участък;
- км 530-489 - Батин-Русе;
- км 489-479 - Русе-Сандрово - пети критичен участък;
- км 479-457 - Сандрово-Ряхово;
- км 457-438 - Ряхово-Тутракан - шести критичен участък;
- км 438-408 - Тутракан-Попина;
- км 408-398 - Попина-Ветрен - седми критичен участък;
- км 398-375 - Ветрен-Силистра - осми критичен участък.



Фиг. 7. Рискови участъци в българския сектор на р. Дунав

За периода от 2005 г до сега, са регистрирани два участъка на дунавския бряг с развити интензивни ерозионни процеси:

През 2005 г. в района на с. Гомотарци, община Видин е регистрирана ерозионна деформация (фиг. 8). Тя обхваща около 2 км от незащитения брегови откос, при северната регулационна линия на селото. Бреговият откос е част от външната страна на ляв завой на реката, изложен срещу основното течение. В този участък, откосът е вертикален, със северна експозиция и променлива височина от 6-8 м на места до 10-12 м. В резултат от развитите ерозионни процеси, бреговият откос постепенно се измества на юг, като деформацията обхваща терена от имотите разположени над откоса, а на места достига в опасна близост до изградените в тях жилищни и стопански сгради.



Фиг. 8. Деформиране на бреговия откос в района на с.Гомотарци.

Вторият участък е при село Вардим, община Свищов. Той започва от съществуващото укрепване при км 538 (паметника на Хаджи Димитър и Стефан Караджа) и по „ръкава“ на река Дунав (срещу течението) продължава до западната регулационна линия на селото (фиг.9). В геоложко отношение, брегът на реката в този участък е изграден от алувиални глинесто-песъчливи, песъчливи и чакълести отложения, а в горната си част и от преотложени льосовидни материали, които се характеризират с лесна размиваемост от речните и оттичащите се от склона повърхностни води. В засегнатата от ерозията брегова ивица, процесите са най-интензивни в два участъка. Единият е от км 538 (паметника на Хаджи Димитър и Стефан Караджа) и срещу течението на реката до км 540, а другият е от външната страна на левия завой на „ръкава“ на р. Дунав, преминаващ между бреговата ивица и остров Вардим. Вторият участък обхваща незащитения брегови откос в границите на с. Вардим, от административната сграда на „Сортови семена“ АД (срещу читалището) - до лодкостоянката. В обхвата на ерозирания участък попадат около 60 имота с жилищни и стопански сгради, разположени непосредствено до брега. Непрекъснатото действие на речната ерозия е отнела ивица от 20-30 м от брега и разположените над него имоти, като деформацията достига непосредствено до жилищни и стопански сгради. Склоновата ерозия допълнително нарушава брега и намалява неговата устойчивост.



Фиг. 9. Незащитен брегови откос в с.Вардим.

През годините, брегът на р.Дунав е изложен на ерозия, отнела хиляди декари от българската територия, като интензивността на процесите напоследък е стигнала до 10 м годишно. На силна ерозия са подложени също и дунавските острови, които участват във формирането на общата територия на Република България. Освен загубата на площ, немаловажно е, че ерозионните процеси оказват съществено влияние върху свлачищната дейност и често са причина за наводнения на крайдунавските населени места, с тежки икономически последици.

Дължината на българския участък на р.Дунав е 471 км. Само около 1/10 от него е укрепена във връзка с пристанищата и частично някои малки участъци. Овладяването на ерозията по дунавската брегова линия ще намали значително опасността от наводнения и свлачищни процеси, и отмиването на бреговата ивица.

Брегоукрепителни мероприятия

В миналото са правени опити за намаляване на ерозията чрез различни методи - потапяне на шлепове и големи понтони, заякчаване на брега и частични укрепления, главно с каменни диги и буни (фиг. 10).

През 1999 г. стартира проект "България - укрепване на морските и речните брегове от ерозията и абразията на водата и свързаните с това свлачищни процеси". Като част от него е проектът "Укрепване на бреговете на р.Дунав срещу ерозията", разделен на 7 зони (табл. 20).



Фиг. 10. Укрепване брега на река Дунав в района на с.Кутово и с. Бръшлян.

Табл. 20. Брегоукрепителни зони по Дунавския бряг

Зона	Обект
I	с.Кутово
II	с.Горни Цибър - с. Долни Цибър
III	с.Черквица - с.Загражден
IV	остров Батин и остров Вардим
V	с. Бръшлян
VI	с. Ветрен
VII	с. Попина

С изпълнението на отделните етапи по проекта частично са укрепени отделни участъци от брега. Част от възможните мероприятия за упражняване на мониторинг върху ерозионните процеси по десния бряг на р. Дунав

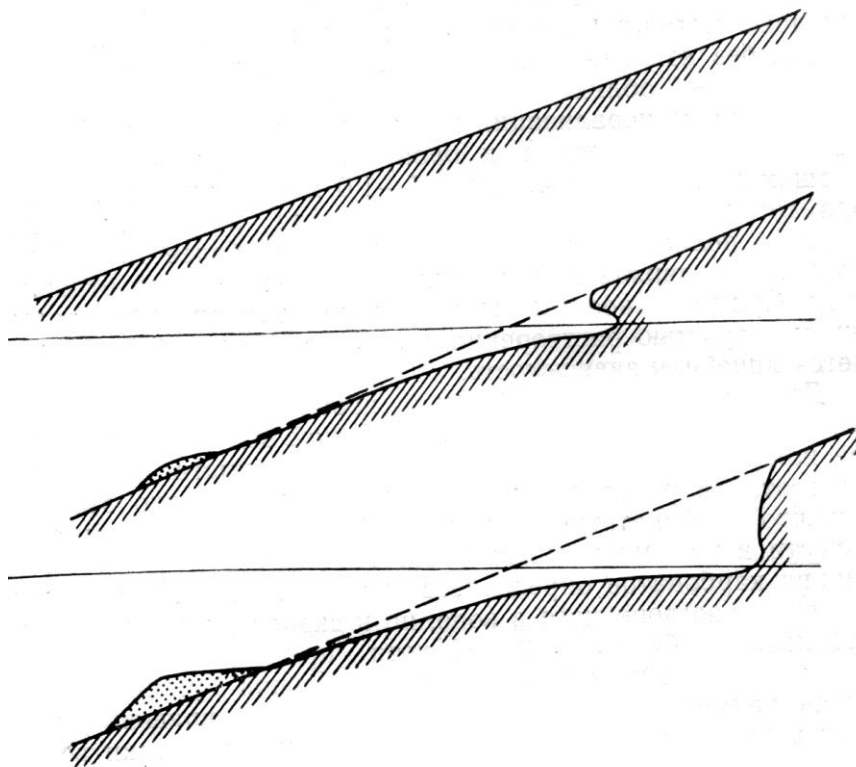
- ✓ Определяне на деформираните участъци от брега на реката чрез: сравняване на актуални карти с по стари издания в същия мащаб (М 1:25000 или М 1:10000) или съпоставяне на актуални аерофотоснимки с по-стари;
- ✓ Картиране на местата за добив на инертни материали по р. Дунав и даване на оценка за развитието ерозионните процеси по бреговата ивица в тези райони;
- ✓ Извършване на инженерно – геоложки огледи, картиране на ерозионните деформации на картографска основа в М 1:5000, регистрация и създаване на база данни;
- ✓ Извършване на периодични огледи на деформираните участъци, като периода между огледите да се определя в зависимост от интензивността на процесите;
- ✓ Определяне скоростта и посоката на развитие на процесите в участъците с интензивна ерозия и в участъците обхващащи регулацията на населените места, чрез изграждане на опорна геодезическа мрежа и периодични заснемания на бреговата ивица;
- ✓ В участъците с интензивна ерозия, застрашаваща урбанизирани територии и инфраструктура да се извършат инженерно-геоложки и хидроложки проучвания, въз основа на които да се изготвят и реализират проекти за укрепване бреговете откоси.

3.2.2. Абразия

3.2.2.1. Кратка характеристика на процеса

Абразия е процес на механическо разрушаване на коренните скали на брега и подводния брегови склон под действие на морските вълни и прибойния поток. Терминът произлиза от латинската дума „abrado”, която означава „остъргвам”.

Разрушаването на акумулационните брегови зони (плажове, пясъчни коси и др.) не се счита за абразия и се означава с термина „размиване”. Абразията е необратим процес, докато размиването е обратимо и отново може да настъпи акумулация. В резултат на абразията произтича преработка на профила на изходния слабонаклонен откос, който е зает от морските вълни (фиг.11).



Фиг. 11. Схема на изработване на абразионен профил на равновесие (Леонтъев, Никифоров, Сафьянов, 1975).

В скалите се изработва вълноприбойна ниша, над която се образува стръмна до вертикална стена, наречена 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 обезпечават 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.

3.2.2.2. Оценка на условията и факторите за възникване на абразионни процеси по Черноморското крайбрежие и свързаните с тях свлачищни процеси

Условия и фактори за възникване и активизиране на процеса

Абразионният процес е свързан с редица фактори, влияещи на неговата интензивност. Разрушаване 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. Бреговата зона е подложена на голяма динамика, която се характеризира с наличие на тясна връзка и взаимно влияние на протичащите хидро и литодинамични процеси; състава на скалите изграждащи подводния и надводен брегови склон и техния наклон; наличие на надлъжни и напречни брегови наносни потоци; експозиция на брега; евстатичните колебания на морското ниво и други дейности, които са свързани с човешката дейност.

Прието е абразията да се приема като процес на механично разрушаване на брега - отстъпване на коренния бряг, а отстъпването към брега на бреговата линия в акумулативните участъци при плажните ивици да се разглежда като размиване. Развитието на негативните процеси, които формират отстъпването на бреговата зона включват:

- абразия - процес на разрушаването и изнасянето на разрушения материал от бряг, изграден от свързани скали и извличане на валуните, чакъла, пясъка и по-дребните материали, които изграждат подводния брегови склон, бенча и клифа.
- размиване - съвкупност от процеси, които формират изнасяне на несвързаните скали, изграждащи подводния брегови склон и плажа с отстъпване на бреговата линия към сушата.

При разработване на различните етапи на „Генерална схема за брегозащита на българското Черноморско крайбрежие“ - „Гезозащита“ - ЕООД – Варна – 1988 г., за периода 1982-1988 г. за определяне на брегоукрепителните райони, бяха отчетени големия брой и разнообразие на факторите и условията за брегозащита при приети основни критерии:

Природо-географски критерии :

- инженерногеоложки разновидности
- геоморфоложки особености
- морфодинамични особености
- хидродинамични условия
- литодинамични условия
- характер на подводния брегови склон :
- наклони
- вид и мощност на динамичния слой

- наличие и вид на разкриващите се основни скали

Технологично-конструктивни критерии

Българското Черноморско крайбрежие е разделено на 13 брегоукрепителни района: **Крапецки** (нос Сиврибурун - нос Шабла); **Тюленовски** (нос Шабла - нос Икантълък); **Балчишки** (нос Икантълък - нос Калето); **Варненски** (нос Калето - нос Галата); **Шкорпиловски** (нос Галата - Черни нос); **Обзорски** (Черни нос – нос Кочан); **Ираклийски** (нос Кочан - нос Емине); **Несебърски** (нос Емине - гр.Несебър); **Бургаски** (гр.Несебър - нос Форос); **Черноморецки** (нос Форос - Вълнолома Созопол); **Созополски** (Вълнолома Созопол - нос Коракия); Мичурински - **Царевски** (нос Коракия - река Резовска)

В брегоукрепителните райони са формирани брегоукрепителни участъци, на база приети **основни критерии:**

- скорост на размиване или абразия на участъка
- нанософормираща възможност на участъка
- литодинамична зависимост между съседните участъци
- народостопански, исторически, екологични и други

Определени са следните категории участъци/за периода на изследванията/:

- Участъци устойчиви на абразия;
- Участъци с допустимо абрадиране за определен период;
- Участъци в динамично равновесие или с допустими изменения
- Нанософормиращи участъци ;
- Участъци нуждаещи се от брегозащита

Главният фактор, влияещ на скоростта на абразия е геоложкият строеж и якостно-деформационните свойства на скалите. Други фактори са вълновият режим, експозицията на брега, колебанията на морското ниво, количеството на наносите, наклонът на подводният брегови склон и височината на клифа, както и изграждането на неподходящи места на хидротехнически съоръжения, променящи посоката на вълновото въздействие и придвижването на наносите в крайбрежната зона.

От 1983 г. Институтът по океанология-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/год.

През последните десетилетия абразионният процес се активизира поради повишаване на морското ниво със скорост 1,5 mm/год. 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 и намаляване на запасите от черна мида, която е в основата на биогенната седиментация по Българското черноморско крайбрежие.

3.2.2.3. Критерии за оценка, класификация на процеса, степени на опасност (на базата на факторите и различните характеристики). Категоризация на абразионните процеси по Черноморското крайбрежие и на свлачищни процеси, предизвикани от абразия

Категоризация на процеса (критерии, степени)

Категоризацията на абразионния процес се извършва на базата на скоростта на абразия, която в най-голяма степен зависи от петрографския състав и якостно-деформационните свойства на скалите. На табл. 21 е представена класификация на скалите по Българското черноморско крайбрежие по степен на абразионна устойчивост въз основа на измерванията, проведени през периода 1983-2011 год.

Критерии за оценка

Бреговата контактна зона се явява резултат от действието и допира на водната повърхност със сушата. Тук са съсредоточени голяма част от човешките ресурси, рекреационните възможности и материалните ресурси на човечеството. Динамиката на зоната се явява резултат от акумулираната във водната среда енергия в следствие влиянието на слънцето, вятъра, атмосферното налягане, както и нейното взаимодействие с различните инженерногеоложки, геоморфоложки условия и строеж на сушата.

Върху промените в бреговата зона и формирането ѝ, оказва влияние и съвокупността от протичащите на сушата изменения в резултат на вулканичната, земетръсната дейност, активните свлачищни, ерозионни, изветрителни процеси, измененията на концентрацията и посоката на подхранващите наносни потоци, антропогенната намеса.

Влияние оказват и промените на нивото на световния океан, морското вълнение и всички протичащи процеси в плитководната и дълбоководна зона на световния океан.

Изследване на абразията като процес на разрушаването и изнасянето на разрушения материал от бряг, изграден от свързани скали и извличане на валуните, чакъла, пясъка и по-дребните материали, които изграждат подводния брегови склон, бенча и клифа е извършвано от много автори за времето след 1970 г.

Райониране по активност

В резултат от нализа на получените резултати от провежданите дългогодишни режимни наблюдения на абразионните процеси по крайбрежието е направено райониране по активност на абразионните клифове (Шуйский и др., 1982). На база на проведеното райониране е съставена и схема за провеждане на натурни наблюдения на типични участъци от цялото ни крайбрежие по предварително разработени специални методики, които включват: инженерногеоложкото документиране на бреговия профил; инструменталните измервания на абразията и акумулацията в абразионни (аккумулятивни) и свлачищни брегове, хидрогеоложките, минераложки и лабораторни изследвания (Симеонова и др., 1976).

Избраните наблюдателни участъци включват различни типове морски брегове с различна експозиция, наклони на надводните и подводните им части, а също така са изградени от различно размиваеми скали.

Таблица 21. Класификация на скалите по степен на абразивна устойчивост

клас скали	петрографски състав, видове скали	скорост на абразия, м/год.	абразивен участък
I – силноабрадируеми	1. слабоспоени, варовито – глинести, хипоалевролити (льосовидни седименти)	0,10 – 2,50	1.1 къмп. “Европа” 1.2 н. Лахна 1.3 кв. Сарафово
	2. льос	0,10 – 1,70	2.1 н. Сиврибурун 2.2 н. Карталбурун 2.3 с. Дуранкулак - изток 2.4 н. Крапец 2.5 къмп. “Добруджа” 2.6 н. Шабла
II – слабоабрадируеми	3. глини, мергели	0,10 – 0,30	3.1 гр. Каварна - запад 3.2 н. Икантилък 3.3 гр. Балчик - изток 3.4 м. Почивка 3.5 н. Черни нос 3.6с. Ахелой 3.7 парк “Росенец”
	4. пясъчници, алевролити, аргилити	0,05 – 0,25	4.1 н. Екрене – н. Св. Георги 4.2 н. Галата 4.3 м. Фичоза 4.4 м. Иракли 4.5 н. Емине – н. Св. Влас
	5. варовици	0,05 – 0,20	5.1 н. Шабла – н. Калиакра 5.2 н. Калиакра – гр. Каварна 5.3 с. Топола – м. Калкантепе 5.4 гр. Несебър – н. Акротирия – н. Равда 5.5 гр. Приморско – с. Китен – гр. Царево
	6. туфи и тефроиди	0,01 – 0,10	6.1 н. Корака 6.2 с. Лозенец – гр. Ахтопол 6.3 н. Синеморец – р. Резовска
III – много слабо абрадируеми	7. трахити	< 0,01	7.1 н. Форос 7.2 н. Чукаля 7.3 н. Таласакра 7.4 гр. Созопол 7.5 н. Св. Агалина 7.6 гр. Ахтопол 7.7 н. Синеморец
	8. латити	< 0,01	8.1 н. Колокита
	9. сиенити	< 0,01	9.1 н. Атия 9.2 н. Акин 9.3 н. Хрисосотира 9.4 н. Маслен нос
	10. силноспоени пясъчници	< 0,01	10.1 н. Св. Атанас

От извършените наблюдения и измервания на абразивната дейност по крайбрежието е прието, за периода до 1988 г., че най-интензивно (>3 м/год.) се абрадира участъците, заемащи 2 на сто от общата дължина на абразивните брегове. Най-слабо податливи на абразия (<0.1 м/г.) заемат 48 на сто от общата дължина, 22 на сто от крайбрежието се абрадира със скорост 0.1-0.3 м/год., 11 на сто и 2 на сто от общата дължина абразивните клифове съответствуват на районите със скорост на абразия 0.3-0.5 м/год и от 0.5-1 м/год. Със средна скорост на абразия от 1.0 до 3.0 м/год. (15 на сто от абразивния бряг) са абразивните клифове между

к.к. „Чайка“ и „Трифон Зарезан“, южно от н. Галата, някои брегове между н. Лахна и Атанасовското езеро при средна скорост на абразия 2.0 м/год.

За районирането на Българското черноморско крайбрежие се дават различни схеми (Лилиенберг 1966; Каменов и др., 1970; Попов и Мишев 1974; Рождественски и Василев 1974; Симеонова 1976; Симеонова и др. 1976).

На база съществуващите данни са определени районите с различна активност на абразионните клифове, в зависимост от инженерногеоложките условия и положението на геодинамичните (по свлачищна активност) зони (Василев 1985 г.).

Първа геодинамична зона включва район с много активни абразионни клифове (средна скорост на абразия 1.0 м и над 1.0 м/год и район с много слабо активни (неактивни) абразионни клифове (средна скорост на абразия по-малка от 0.1 м/год).

Втората геодинамична зона, която засяга терени от Мизийския инженерногеоложки регион и от региона на Балканидните структури от Алпийския ороген се отличава с най-активна абразия. При това тази зона включва районите:

- с много активни абразионни клифове (средна скорост на абразия 1.0 и над 1.0 м/год): Двореца Балчик - м. Западни Караманлии; Кранево - к.к. Златни пясъци; к.к. Чайка - Трифон Зарезан; н. Галата - к.к. Камчия - север;

- със силно активни абразионни клифове (средна скорост на абразия от 0.5 до 1.0 м/год): м. Тузлата - Балчик; Балчик - Двореца Балчик;

- със средно активни абразионни клифове (средна скорост на абразия от 0.3 до 0.5 м/год); Каварна — м. Тузлата ; к.к. Дружба.

- н. Св.Георги; м. Карантината; Шкорпиловци — н. Черни нос; н. Черни нос — н. Св. Атанас;

- със слабо активни абразионни клифове (средна скорост на абразия 0.1 до 0. м/год); н. Калиakra - Каварна; Западни Караманлии - м. Фиш-фиш ; Варненски залив; Обзор – м. Иракли.

В тази зона преобладаващо разпространение имат силно и много силно абразуемите полускални, глинести и рахли отложения.

Трета геодинамична зона заема терени от Балканидните структури и от Странджанския антиклинорий. Тази зона се отличава общо с по-слаба активност на абразионния процес. Това се отнася особено за Странджанските брегове, изградени от много слабо и от практически неабрадируеми скали (Шуйский и Симеонова 1976). Изключения правят районите Равда — свлачищният бряг и н. Лахна - Атанасовското езеро (със средна скорост 1.50 и над 1.5 м/год), в които са разпространени най-активните свлачища на южното ни крайбрежие — Равда и Сарафово.

Районите със средно активни абразионни клифове (0.3 – 0.5 м/год.) са: Поморие - н. Кротирия и н. Бургас - н. Чукаля.

Останалите брегове са разграничени в районите със слабо и много слабо активни (неактивни) абразионни клифове, съответно: р. Ираклия - с. Св.Влас; устие на р.Хаджийска - Несебър; р. Ахелой - северна граница на Поморийската лагуна; Приморско - Китен (н. Урдовиза - устието на р. Резовска). С неактивни абразионни клифове се отличават бреговете между н. Атия - устието на р. Дяволска.

Скорост и видове абразия

Скоростта на абразията е резултат на взаимодействието на инертните физични величини, характеризиращи литосферата и хидросферата в бреговата зона и протичащите процеси (Василев и др.).

За инертните физични величини се приемат:

- геоложкия строеж;
- физико-механичните показатели на скалите;
- геоморфоложките особености на бреговата зона;
- хидрогеоложките особености на брега.

Негативните процеси в бреговата зона протичат под комплекса от въздействия - механично; химично; физикохимично; термично; биогенно; антропогенно.

Механичното въздействие се развива под постоянно движение на водата във водния басейн, под хидродинамичния удар на вълната и теченията, пневматичния ефект, появата на кавитационно действие при по-големи течения, водещи до нарушаване непрекъснатостта на водния поток. Най-силно е механичното въздействие върху бреговата зона под влиянието на екстремни състояния на водната повърхност, свързано с щормови процеси.

Химичното въздействие е резултат от реакцията на водната среда с различните съставки на коренните скали, като често засяга разтворимите минерали на гипса и варовика. Химическата абразия е фактор, който за нашето крайбрежие има сравнително малко влияние.

Физико-химичното въздействие включва процеса на изветряване на скалите под действие на атмосферните фактори, което способствува за тяхното разрушаване и процеса на литификация на формираните твърди утайки в хидросферата при насищане на разтвора и образуване на по-едри частици, които се утаяват на дъното.

Термичното въздействие се определя от температурното влияние и най-вече от температурните разлики във водната среда в контакта с литосферата. Температурните промени във водната среда активизират протичането на химическите процеси. Трябва да отбележим, че за условията на Черно море от значение за активизиране на абразията, особено в зоната на периодично намокряне и изсъхване, са циклите на замръзване и размръзване. Навлязлата в пукнатината вода, замръзвайки, увеличава обема си и разрушава монолитността на скалите, вследствие големия натиск при разширяването си.

Биогенното въздействие е резултат от обрастване на коренните скали с растителност и обрастването на скалните банки и каменни блокове с миди.

Антропогенното въздействие върху развитието на негативните процеси в бреговата зона е свързано с намесата на човека както директно в бреговата зона, така и косвено чрез своята стопанска дейност в тангиращите райони, влияещи върху отделните инертни показатели, като:

- увеличаване степента на химическо въздействие вследствие увеличаването на някои замърсители във водната среда;
- намаляване на притока на наноси от теригенен произход;
- директното извличане на наноси за строителни и индустриални цели;

Специфична черта в динамиката на нашето Черноморско крайбрежие е преобладаването на процесите абразия и размиване над процеса акумулация. Такива впечатления изказва още Логинов при посещението си в България през 1966 г. Този факт е потвърден по-късно от изследванията на Б. Каменов и колектив (1970), от В. Попов и К. Мишев (1974), от съвместната изследователска работа на Ю. Шуйски и Г. Симеонова, Т. Василев и още редица автори, работили по изучаване на процесите в бреговата зона.

От проучването на литературните източници различие се констатира по отношение дължината на бреговата ивица, подложена на абразия. По данни на Т. Василев тя е 58 на сто (Василев, Т. 1958), а по данни на Ю. Шуйски и Г. Симеонова е 72 на сто.

Картографиране на процеса

За картографиране на процеса на абразия са използвани данни от три различни източници (Stanchev, Young, Stancheva, 2013):

а) Топографски карти. Сто седемдесет и три топографски карти в мащаб 1:5 000 публикувани през 1983 г. от Агенцията по кадастър покриват цялото българско крайбрежие. Картите имат контурен интервал от 1 m, което позволява относително точно определяне на височината на клифа. Картите са сканирани със SmartLF Sx40 скенер на 400 dpi и са съхранени като JPG формат. Сканираните карти са геореферирани и ректифицирани в ГИС среда (GCS_WGS_1984) използвайки грида на топографските карти с помощта на ArcInfo 9.2. При оцифроването на ортоизображенията за абразионните участъци от бреговата линия, височината на клифа е определена чрез контура на препокриващата топографска карта.

б) Ортоизображения с висока резолюция от 2010 г. и 2011 г. Съвременните цветни ортофото снимки бяха осигурени от Министерство на земеделието и храните.

Ортофото снимките са предварително геореферирани с пространствена резолюция от 0.4 m. За целта на това изследване са използвани 107 ортоизображения, като 56 от тях са придобити през 2010 г., а останалите 51 - през 2011 г., и всяко изображение има размер 4/4 km (фиг. 12)

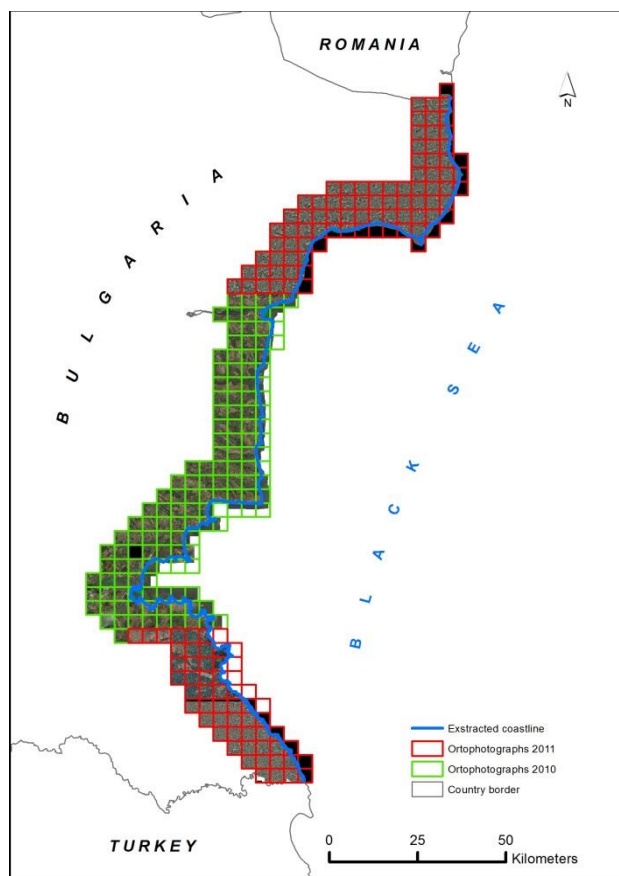
в) Геоложки карти. Геоложките карти са от 1991/92 г. в мащаб 1:100 000. Седем картни листа, които покриват цялото Българско Черноморско крайбрежие, са използвани за определяне на геоложкия състав и литоложката структура на клифовия тип бряг.

Продуцирана е прогностична карта на уязвимост на клифа към абразия. Картата на уязвимост осигурява ефективно начално средство за ръководене на бреговете проектантите в случай, че липсва по-детайлна оценка за по-големи брегови региони.

На основата на картата на брегова абразия, Българското крайбрежие се класифицира по геоложки строеж и височина на клифа по следния начин:

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

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;



Фиг. 12 Ортоизображения покриващи Българския Черноморски бряг (Stanchev, Young, Stancheva, 2013)

в) с 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 глинени, песъчливи глинени и алевролити, разкриващи се в района на Бургаския залив (средна и южна част на крайбрежието).

3.2.2.4. Методика за организация на мониторинг на абразионните процеси и превантивни мерки

Методиката за наблюдаване, геодезично измерване и обработване на геодезичните данни за получаване на количествени показатели на абразията е разработена в инструкцията на БАН от 1976 г., като в практиката е приет геодезичен метод - тахиметрия за заснемане на абразионните участъци. Освен това на характерни точки са изградени репери, отчитащи разрушаването на бреговия склон в зоната на максимално вълново въздействие.

Практически данните, получени от измерването на реперите, не винаги са показателни за настъпилите промени в бреговата ивица. Има случаи, в които те са извадени, разрушени или затрупани от срутната над тях скална маса (отчетен доклад на противосвлачищна станция - 1974, район Шабла). Това налага изграждане на нови репери, прекъсване на наблюденията и на възможността за получаване на непрекъсната съпоставима редица от данни за дадена точка от разреза. Дори когато наличната информация е перманентна, тя е точкова или профилна. За цялостното характеризиране на даден район е необходимо - изграждането,

поддържането и измерването на профили от репери, разположени съобразно тектонските, литоложките, геоморфологичните и хидродинамичните особености на изследвания участък.

Тахиметричната (геодезична) снимка обединява в себе си два процеса: снимка на ситуацията и снимка на релефа (Багратунин и др. 1984). В абразионните участъци, незасегнати от свлачищни прояви, тахиметрично се заснема горният и долен ръб на бреговия откос и положението на водната линия по напречния профил на брега.

В резултат на проведените изследвания са характеризирани типовете абразионни брегове по Българското крайбрежие и са приведени данни, характеризиращи средната скорост на абразия в метри за 1 година (Шуйский и Симеонова, 1982).

На базата на тези усреднени стойности нашето крайбрежие може да бъде разделено формално на 4 типа райони:

- райони със скорост на абразия над 1 m/a;
- райони със скорост на абразия 1-0.50 m/a;
- райони със скорост 0.50-0.10 m/a;
- райони със скорост 0.10 m/a.

Слабост в изследването на процесите по нашето крайбрежие е недостатъчното внимание, което се отделя на въпроса за тяхната проява в плитководието. Липсват данни за проявата и развитието на процеса абразия и размиване на подводния склон, както и такива, които да характеризират цялостно литодинамиката, посоката на движение на наносните потоци и взаимовръзката размиване - транспорт - акумулация. Допълнително възникват затруднения и поради липсата на обработени данни за доминиращата посока на вълнение в различните участъци и тяхната годишна повтаряемост.

Във връзка с това трябва да се обърне особено внимание на:

- разработване и внедряване на нови методи за количествено характеризиране на процесите абразия и размиване в надводната и подводната част на бреговата ивица. В изпълнение на тази задача е заложен експериментален полигон за изследване на свлачищните и абразионните процеси по земнофотограметричен начин;
- извършване на натурни наблюдения за детайлно изясняване на бреговата тектоника, геоморфология, петрографски и минерален състав на литоложките разновидности;
- изследване на взаимовръзките с хидротехническите съоръжения и прилежащия бряг;
- следва да се възстанови и разшири използването на геодезическите методи за наблюдение и измерване деформациите и преместванията;
- с използване на метода на земната фотограметрия се получава информация за състава на геоложката среда и деформациите в клифовата зона, включваща:

А. Определяне веществения състав на активния клиф:

- определяне минералого-петрографския състав на литоложките разновидности;
- определяне минералния състав на наносите в плаж - бенчовата зона;
- определяне нанософормиращите и плажообразуващите възможности на клифа и бреговия склон.

Б. Определяне на метричните характеристики на геоложката среда :

- височина на клифа;

- мощност на литоложките разновидности;
- мощност на деструктурираните зони;
- размери на абразионните ниши, кота на козирките, обрушения и депониран материал;
- елементи на залягане на някои литоложки пластове.

В. Картиране на:

- ситуационните елементи на изследвания обект;
- литоложките пластове;
- видимите структурни нарушения на клифа;
- релефните форми на клифа и плажната ивица.

Чрез еднообразните и стереофотограметричните снимки се извършват измервания за определяне деформациите на геоложката среда (клиф и бенч), настъпили през определен период от време. Количествено се характеризират процесите: абразия, размиване, депониране, трансформиране, ерозия, свличане и срутване. В резултат от проведените наблюдения се дефинира обемът на материала, отнет, трансформиран или депониран под действието на екзо-гео-динамичните процеси.

Въздушната фотограметрия се прилага за наблюдение, изследване и документиране, като се използват многозонални, спектрални и черно-бели фотограметрични снимки.

Проучванията се извършват за:

- едромащабна ситуационна картировка на плажната ивица и плитководната зона;
- изготвяне на едромащабен батиметричен план;
- картиране на релефните форми в плитководието и около изградените хидротехнически съоръжения;
- определяне състава на дънните наноси;
- определяне концентрацията на наносните потоци;
- изготвяне планове на рефракция и дифракция на вълновите лъчи
- решаване на екологични задачи.

Периодичните фотограметрични изследвания допринасят за решаването както на литодинамични и морфодинамични задачи, така и на въпросите, свързани със седиментния транспорт, ефективността на изградените хидротехнически/брегозащитни/ съоръжения и екологичното състояние на крайбрежната зона.

Изследванията са комплексни. Фотограметричната информация се допълва с данни от инженерногеоложките проучвания и геофизичните изследвания. Пространственото определяне на фотограметричната мрежа се извършва геодезично.

От проучването на литературните източници и съществуващите данни от провеждания мониторинг, по отношение изучеността на процеса абразия остават в сила следните изводи и препоръки, посочени в „Генерална схема за брегозащита на българското Черноморско крайбрежие“ - „Геозащита“ – ЕООД – Варна -1988 г.:

- направените наблюдения, изследвания и измервания не са достатъчни за прогнозиране развитието на процеса в отделни участъци и като цяло;
- наличната информация не е достатъчна;

- липсват цялостни и системни наблюдения за развитието на абразионния процес в плитководието;
- липсват обработени данни за вълновата характеристика на значителен брой участъци;
- липсват изследвания, характеризиращи взаимовръзката хидротехнически съоръжения - брегова зона.

Перманентният характер на процеса изисква провеждане на дългогодишни наблюдения в типични участъци. Изборът на такива трябва да бъде регулярно съобразяван с насоките за перспективно развитие на селищните системи и разширяване на зоните за отдых и рекреация. В този смисъл могат да бъдат направени следните препоръки за очертаване насоките на бъдещата работа:

- да продължи изследването в заложените абразионни участъци, като съобразно с насоките за перспективното развитие да бъдат заложи нови участъци в непроучени до момента райони;
- извършване на измервания в подводната част на склона пред горепосочените абразивни участъци;
- събиране, обработване и анализиране на архивен, картен или текстови материал за извършени проучвания (надводни и подводни) в бреговата зона от други организации.
- изследване на взаимоотношенията хидротехнически съоръжения - брегова зона, като вниманието бъде насочено към установяване ареала на действие, изменението на подводния склон, въздействието върху хода и обема на транспортирания материал, отражението върху размиването и акумулацията в прилежащите участъци;
- моделно изпитване на вариантите конструктивни решения на проектираните съоръжения.

Извършените до момента изследвания, както и тези, които предстои да бъдат реализирани, имат една обща крайна цел - събирането на достатъчно достоверна информация за съставянето на общи инженерногеоложки прогнози. Обързването им с количествените характеристики на отделните геоложки подсистеми са гаранция за компетентна намеса и корекция на протичащите в бреговата зона негативни геодинамични процеси.

Литература

- Аврамова, Е. 1963. Абразия по нашия черноморски бряг. Природа. № 6.
- Банушев, Б., В. Пейчев. 1996. Зависимост между литоложкия състав на скалите и скоростта на абразия по българския черноморски бряг. Год. на Минно-геол. Унив., т.41, св.1, геол. С., 69-74.
- Георгиева, М. Читарлиева Т. 1991. Оценка на бреговите процеси и ефективност на съоръженията при с.Сарафово, Бургаска област.
- Добрев С. Читарлиева Т. 1983. Фактори за разрушаване на морския бряг при с.Крапец и участъка "Панорама — с.Кранево". Комплексни мероприятия за предотвратяването им.
- Дачев, В. 1980. Експериментални изследвания на движението на плаващите наноси във вълнови условия, автореферат, С.
- Дачев, В., Ж. Чернева. 1979. Надлъжнобрегово преместване на наносите а бреговата зона на Българското Черноморие между н. Сиврибурун и Бургаски залив. Океанология, 4.
- Дачев, В., Ст. Керемтиев и др. Изследване геоморфоложкия строеж, литодинамиката и четвъртичните отложения на бреговата и шелфова зона на Българското черноморско крайбрежие от нос Калиакра до нос Емине. Тема № 20 ИМИО—БАН, Варна.

- Добрев С. Читарлиева Ч. 1983. Фактори за разрушаване на морския бряг при с.Крапец и участъка "Панорама — с.Кранево". Комплексни мероприятия за предотвратяването им.
- Костичкова Д., Р. С. Массель, Ж. И. Чернева, Р. С. Манярова. 1980. Проверка спектрального метода прогнозирането на ветровото волнение в условията на мелководия. Взаимодействие на атмосферата, гидросферата и литосферата в прибрежната зона на морето, БАН, С.
- Леонтьев, О. К. 1961. Основни геоморфологии на морските брегове, М., Изд. МГУ.
- Леонтьев, О. К., Л. Г. Никифоров, Г. А. Сафьянов. 1975. Геоморфология на морските брегове. Изд. МГУ. 336 с.
- Лилиенберг, Д. Н. , 1966 Опит за морфоложко райониране на Българското черноморско крайбрежие. Изв. Българо-географско д-во, кн. VI.
- Маринов, К. М., 1984 Изучаване на абразионния процес и проектиране на ефективни брегозащитни съоръжения. Доклад от специализация във Франция.
- Марински, И. 1986. Някои тенденции при борбата с абразията по Българското Черноморско крайбрежие, Водни проблеми, № 19, 94-101.
- Марински, И. 1998. Абразията, причини за активизиране и борбата с нея. В: Брегоукрепване и дълготрайно стабилизиране на склоновете на Черноморското крайбрежие. С., АИ "Проф. М. Дринов".
- Марков, Х., В. Пейчев, Д. Пърличев. 1991 . Многогодишни изменения на морското ниво по Българското крайбрежие. В: "Рационално усвояване и защита на природните ресурси". Варна. 49-53.
- Моллов Г, Читарлиева Т. Метод за определяне на параметрите на условната вълна в прибрежната зона, 1990 г. Национална конференция с международно участие по морска хидротехника и брегозащита на българския черноморски бряг, гр. Варна, 1990г.
- Пейчев, В. 1992. Морфодинамика и литодинамика на бреговата зона на Северното Българско Черноморско крайбрежие, Автореф. на канд. дис., Варна, 32.
- Пейчев, В. 1998. Абразионният процес на българския черноморски бряг. В: Брегоукрепване и дълготрайно стабилизиране на склоновете на Черноморското крайбрежие. С., АИ "Проф. М. Дринов", 139-142.
- Пейчев В. 2004. Морфодинамични и литодинамични процеси в бреговата зона - Славена.
- Пейчев В., Д. Димитров. 2012. Океанология. Варна. Изд. Онгъл. ISBN 978-954-8279-82-6. 490 с.
- Попов, В., К. Мишев. 1974. Геоморфология на Българското Черноморско крайбрежие и шelf. Изд. БАН, С.
- Пърличев Д. 1986. Методика на изследване на динамиката на брега и плитководното дъно. Океанология. С. № 15, 58-65
- Симеонова, Г., Хр. Тимов. 1969. Изучаване на абразионната дейност при свлачищни брегове. Изв. геолог, инстр., сер. инж. геол. и хидрогеол. XVII—XVIII.
- Симеонова, Г., Л. Илиева. 1973. Върху абрадирането на глинести разновидности от свлачищната брегова ивица при с. Сарафово, Бургаско. Изв. на Геол. инст. сер. инж. геол. и хидрогеол., №21 /22, 37-55.
- Симеонова, Г. А., Н. В. Есин. 1972. Изучение абразии скалних пород, В: Процеси на развитие и методи на изследване на прибрежната зона на морето, М.
- Славов, Н., К. Георгиева. 1998. Влияние на слънчевата активност върху топлинните условия в България през последното столетие, В: 100 години география в СУ, 23-30.
- Стойков Г., Читарлиева Т., Йорданова Ж. Инженерногеоложки контрол на изградените противосвлачищни съоръжения, 1991 г. - Годишен обзор на БАН Лаборатория по геотехника, София
- Читарлиева Т., Стакев М. 1991. Укрепване на свлачищата в България (обзорен доклад). Издание на Международен комитет по земна механика и фундиране, Европейски регионален подкомитет за укрепване на свлачищата в Европа

- Читарлиева Т., Е. И Масс 1989. Изследване на устойчивия профил на пясъчен плаж зад широкопощен подводен вълнолом. Седма международна конференция "Съвременни технологии в транспортното строителство", гр. Варна.
- Шуйский, Ю., Г. А. Симеонова. 1976. О влиянии геологического строения морских берегов на процесс абразии. Доклады БАН, т. 29, № 2.
- Шуйский, Ю. Д. 1999. Зависимость скорости абразии клифов от относительного повышения уровня Черного моря., Докладн НАН Украинн, № 7, 130-133.
- Шуйский, Ю. Д., Г. Симеонова. 1976. О влиянии геологического строения морских берегов на процесс абразии. Докл. БАН, т.29, № 2, 241-243
- Шуйский, Ю. Д., Г. Симеонова. 1982. Относно типове абразионни клифове, разпространени по българските брегове на Черно море, Инж. геол. и хидрогеол. С., БАН, 12, 11-21.
- Stanchev, H., Young R., Stancheva M., 2013. Integrating GIS and high resolution orthophotoimages 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

3.3 Гравитационни процеси

Гравитационните (склонови) процеси и явления се представляват преместване на скални и земни маси надолу по склоновете под действието на силата на тежестта. В световната практика е възприета класификацията на Varnes (1978), разделяща тези опасни геоложки явления в зависимост от средата, в която възникват и по механизма, по който протичат. Средата, в която възникват склоновите процеси, се разделя на 3 типа:

- ✓ скала (bedrock)
- ✓ отломъчни материали (debris)
- ✓ земни маси (earth)

Механизмите, по които протичат склоновите движения, се разделят на:

- ✓ срутване (fall)
- ✓ преобръщане (topple)
- ✓ хлъзгане (slide)
 - ротационно
 - транслационно
- ✓ странично разширение (lateral spread)
- ✓ поток (flow)

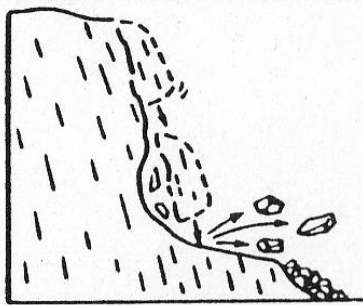
Съответно, срутване в скална среда се нарича *скално срутище (rock fall)*, в обломъчна среда – *обрушване на обломъчни материали (debris fall)*, в земна среда - *земно обрушване (earth fall)*, и т.н.

В досегашната практика в България, явленията с механизъм "хлъзгане" и "странично разширение", се наричат *свлачища*, а скално "преобръщане" и "срутване" се описват най-общо като *срутища*. Свлачищата, възникващи вследствие промяна на водното съдържание, се наричат "консистентни", "кално-каменни порои" в зависимост от скоростта, с която протичат, водното съдържание и материалите, участващи в процеса. В много случаи при свлачищата могат да се наблюдават повече от един механизъм на движение, поради което те се определят като "сложни".

3.3.1. Срутища

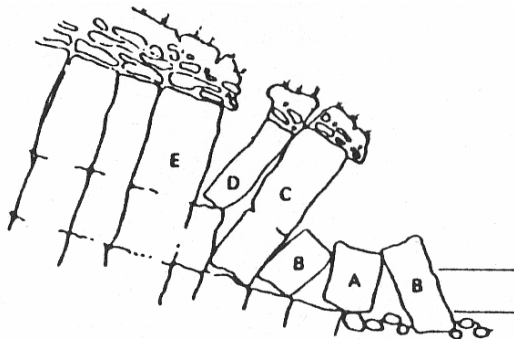
Внезапно откъсване, падане, претъркаляне и отлагане на големи скални късове или блокове в основата на склонове или скални откоси под действието на силите на тежестта. След откъсването (отделянето) си от масива, скалният къс пада, подскача, търкаля се или се плъзга по повърхостта на склона. Отделянето на блокове става по пукнатинни системи, разломни зони, зони на разтоварване на масив или по пласторед.

Срутването (rock fall) е в пряка зависимост от тежестта на скалния блок, механичното изветряне и наличието на пукнатинни води. Основните действащи сили са тези на опън (фиг. 13).



Фиг. 13. Схема на скално срутване (Varnes, 1978)

Другият основен вид скална деформация е скалното преобръщане (rock toppling). При него се получава ротация на скалния блок в посока към въздушната страна на откоса (фиг. 14).



Фиг. 14. Схема на скално преобръщане (Varnes, 1978)

Причини за възникването на срутищата са:

- увеличаване на наклона на склона/височината на откоса поради ерозия в основата или абразия;
- 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;
- поради строителната дейност на човека.

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 сецо така се разделя на два вида съгласно техния произход:

- Деформации, възникващи по скални откоси
- Единични скални късове, разположени по склон

Важна е оценката на даден скален откос в зависимост от вероятността от възникване на срутване. Първа стъпка е оценката на състоянието на скалния масив. В световната практика са разработени и се ползват редица класификации, най-известни от които са RMR (Bieniawski 1989), Q-индекс (Barton et al. 1974) и GSI (Hoek et al. 1998). Първите две са стандартизирани от ASTM (D5878).

Най-разпространена от тях в световната практика е класификацията по RMR. Рейтингът на скалните маси (RMR) е световноприета система за геомеханична класификация на скални масиви, разработена от Bieniawski между 1972 и 1973 г. (фиг. 22). Следните шест показателя се използват за класифициране на скалната маса по RMR: 1) Якост на едноосен натиск; 2) Качество на скалата RQD; 3) Напуканост (разстояние между пукнатините); 4) Състояние на пукнатините; 5) Подземни води (хидрогеоложки условия); 6) Ориентация на пукнатините. На всеки от тях се задава стойност, съответстваща на определени техни характеристики, установени от изследванията на място. RMR е сумата от шестте показателя, чиято максимална стойност е 100 (Oteo, 2002). В настоящата разработка ние предлагаме една от последните модификации на тази класификация (Bieniawski, 1989).

Показателят за качество на скалата (RQD) е въведен от Deere (1964). Това е грубо-оценъчен показател за степента на цялост и натрошеност на скалния масив, измерен като отношение на парчета процент от сондажна ядка с дължина от 10 cm или повече отнесена към общата дълбочина на сондажа. Висококачествена скала има при RQD повече от 75%.

Табл. 23. Класификация на скални масиви по Bieniawski (1989)

А. Класификационни показатели и техните рейтинги

Показател			Обхват на стойностите						
1	Якост на незасегнатия скален материал	Якост на едноосен натиск	> 250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5.25 MPa	1-5 MPa	< 1 MPa
	рейтинг		15	12	7	4	2	1	0
2	Показател RQD		90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	< 25%		
	рейтинг		20	17	13	8	3		
3	Средно разстояние между пукнатините		> 2 m	0.6-2 m	200-600 mm	60-200 mm	< 60 mm		
	рейтинг		20	15	10	8	5		
4	Състояние на пукнатините		Много груби повърхности. Прекъснати пукнатини; затворени пукнатини. Неизветрели стени	Леко груби повърхности. Отворени < 1 mm. Изветрели стени	Леко груби повърхности. Отворени < 1 mm. Силно изветрели стени	Повърхности с харници ИЛИ глина < 5 mm ИЛИ отворени пукнатини 1-5 mm непрекъснати	Глинест пълнеж > 5 mm ИЛИ \ отворени пукнатини > 5 mm. непрекъснати		
	рейтинг		30	25	20	10	0		
5	Подземни води	Приток на 10 m дължина от тунела	не	< 10 litres/min	10-25 litres/min	25-125 litres/min	> 125		
		Отношени е	Порен натиск	0	0.0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5'	> 0.5	
	Главно напрежение								
	Общи условия		Напълно сух	Влажен	Мокър	Капещ	Течащ		
рейтинг		15	10	7	4	0			

Табл. 23. (Продължение):

В. Корекция на рейтинга заради ориентацията на пукнатинните системи

Посока и посока на западане на пукнатините		много благоприятни	благоприятни	задоволителни	неблагоприятни	много неблагоприятни
рейтинги	Тунели	0	- 2	- 5	- 10	- 12
	фундаменти	0	- 2	- 7	- 15	- 25
	склонове	0	- 5	- 25	- 50	- 60

С. Класификация по RMR

рейтинг	100-81	80-61	60-41	40-21	< 20
Клас No.	I	II	III	IV	V
описание	много добра	добра	задоволителна	лоша	много лоша

D. Значение на скалните класове

Клас No.	I	II	III	IV	V
Среден период на стабилитет	10 год. за 15 m участък	6 мес. за 8 m участък	1 седмица за 5 m участък	10 часа за 2.5 m участък	30 мин. за 1 m участък
Кохезия на скалните маси	> 400 kPa	300 - 400 kPa	200 - 300 kPa	100 - 200 kPa	< 100 kPa
Ъгъл на вътрешно триене на скалните маси	< 45°	35° - 45°	25° - 35°	15° - 25°	< 15°

Разстоянието между пукнатините е основен показател, характеризиращ средното разстояние между пукнатините, измерени на линеен метър. Определя се или по дължината на сондажната ядка, или по линеен участък от скалния откос при работа в полеви условия.

Състоянието на пукнатините има за цел да даде най-пълна характеристика на особеностите на самата пукнатина (или нарушение в скалния масив) – описват се дали пукнатините са отворени или затворени, какъв е пълнежът им, грапавините, наличието на хлъзгателни повърхнини (харниши) и вода.

При оценка на срутищната опасност (възникване на процеси от тип срутване и преобръщане) в комбинация с показателя RMR се използва показателя SMR (slope mass rating, Romana 1985, 1995). се използват също много класификации, като са добавени допълнителни параметри F_1 , F_2 , F_3 и F_4 .

$$SMR=RMR_b+(F_1 \times F_2 \times F_3)+F_4$$

където:

F_1 - параметър, характеризиращ сходството между пукнатините

F_2 - параметър, характеризиращ якостта на срязване на пукнатините

F_3 - зависи от взаимоотношението наклон на склона и наклон на повърхността на скално движение

F_4 - корекционен фактор, зависещ от изкопните работи по склона или откоса.

По предложение на Tomas et al. (2007) са въведени за улеснение формули за изчисляване на важните корекционни параметри F_1 , F_2 и F_3 . Тез функции показват максималните абсолютни различия с дискретни функции, по-ниски от 7 точки и значително намаляване на субективни тълкувания. Предложената формула за определяне на F_1 е:

$$F_1 = 16/25 - 3/500 \times \arctan(1/10 (A-17))$$

където А е ъгълът, образуван между пукнатините/нарушенията и направлението на наклона на склона при срутвания по плоскост и скалните преобръщания; при срутвания по клин е ъгълът, образуван между пресечната точка на двете главни пукнатинни системи (посока на затъване) и посоката на склона. Аркус тангенс функцията се изразява в градуси.

$$F_2 = 9/16 + 1/195 \times \arctan(17/100 \times B - 5)$$

където В е наклон на пукнатината в градуси за движение на блок по плоскост на хлъзгане и наклон на събиране на двете главни пукнатинни системи при хлъзгане по клин. За случаите при скално преобръщане F_2 е равна на 1. Аркус тангенс функцията е в градуси.








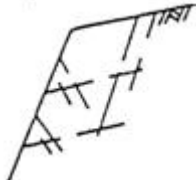


$$F_3 = -30 + 1/3 \times \arctan(C) \text{ (за движения по плоскост и по клин)}$$

$$F_3 = -13 - 1/7 \times \arctan(C-120) \text{ (за скално преобръщане)}$$

където С зависи от връзката между наклона на склона и наклона на пукнатината (скално преобръщане или срутвания по плоскост) и наклона на склона и наклона на събиране на двете главни пукнатинни системи при хлъзгане по клин. Аркус тангенс функцията е изразена в градуси.

Един значително по-опростен и практичен метод за категоризиране на тези явления се прилага в Япония (Japan Road Society 2000), илюстриран на схемата по-долу (табл. 23):

Табл. 23. Схема на визуална категоризация на опасни скални откоси (съгласно Japan Road Society 2000)

рейтинг	единични блокове по склон	скални откоси	обяснение
5	 <p>блокът е спрял на дърво</p>	 <p>блокът е изцяло отделен от масива</p>	Блокът ще падне в най-близко бъдеще; много висока вероятност от срутване
4	 <p>блокът е върху стръмен склон и изцяло открит</p>	 <p>частично отделен блок от откоса</p>	Висока вероятност от срутване
3	 <p>блокът е спрял върху стръмен склон и до 2/3 от него са открити</p>	 <p>пукнатините са в процес на развитие</p>	Голяма вероятност от срутване
2	 <p>равен терен под блока или от 50-67% от него са открити</p>	 <p>напукан масив</p>	Съществува вероятност от срутване
1	 <p>блокът е на равен терен или 0-50% е открит</p>	 <p>слабонапукан масив</p>	Няма вероятност от срутване

Литература

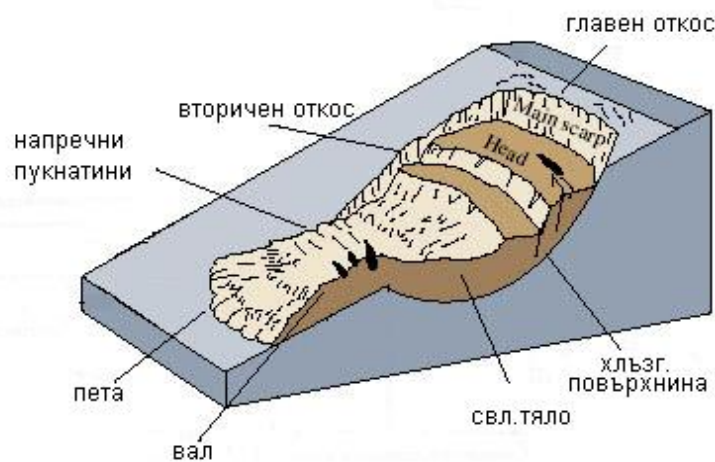
- ASTM 1988. "Standard Guide for using the Rock Mass Rating (RMR) System (Geomechanics Classification) in Engineering Practices." American Society for Testing and Materials, Book of Standards D5878-08, v.04.09, Philadelphia, PA.
- Barton N., Lien R. and Lunde J. (1974). Analysis of Rock Mass Quality and Support Practice in Tunnelling, and a Guide for Estimating Support Requirements. NGI Internal Rept No. 54206.
- Bauer M. & P. Neumann. 2011. A Guide to Processing Rock-fall Hazard from Field Data. In: Vogt, Schuppener, Straub & Bräu (eds), ISGSR 2011, Bundesanstalt für Wasserbau, 149-156. ISBN 978-3-939230-01-4
- 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.
- Budetta, P. 2004. Assessment of rockfall risk along the roads. NHESS 4, 71-81.
- Budetta, P., M. Nappi. 2013. Comparisson between qualitative rockfall risk rating systems for a road affected by high traffic intensity. NHESS 13, 1643-1653.
- Deere, D. U. 1964. Technical description of rock cores. Rock Mechanics Engineering Geology, 1, 16-22.
- Evans S.G., O. Hungr 1993. The assessment of rockfall hazard at the base of talus slopes. Canadian Geotechnical Journal, 30(4): 620-636
- Hoek E., P. Marinos, M. Benissi. 1998. Applicability of the geological strength index (GSI) classification for very weak and sheared rock masses. The case of the Athens Schist Formation, Bull Eng Geol Env. 57 : 151–160.
- ISRM. 1978. Suggested methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses. Int. J. Rock. Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr. 15: 319-368.
- Japan Road Society. 2000. Rockfall countermeasure handbook. 422 p. (на японски)
- Japan Society of Engineering Geology. 1992. Rock Mass Classification in Japan. Engineering Geology, Special Issue. Koriyama Printing Co., Ltd, Japan, 57 p.
- Oteo, C.S. 2002. In-situ characterization of rocks. In: Sharma, V.M., K.R.Saxena, eds., In-situ characterization of rocks. A.A.Balkema Publishers, 1-48.
- Palmström, A. 2002. Measurement and Characterization of Rock Mass Jointing. In: Sharma, V. M., K. R. Saxena, eds., In-situ characterization of rocks. A.A.Balkema Publishers, 49-98.
- Romana M. 1985. New adjustment ratings for application of Bieniawski classification to slopes. Proc. Int. Symp. on the Role of Rock Mechanics: 49-53.
- Romana M. 1995. The geomechanical classification SMR for slope correction. Proc. Int. Congress on Rock Mechanics 3: 1085-1092.
- Russell, C. P., Santi, P. M., and Higgins, J. D. 2008. Modification and statistical analysis of the Colorado Rockfall Hazard Rating System, Report CDOT-2008-7, Colorado Department of Transportation DTD Applied Research and Innovation Branch, 137 pp.
- Tomás, R., Delgado, J., Serón, J.B. (2007). Modification of slope mass rating (SMR) by continuous functions. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences 44: 1062-1069.
- 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.
- 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.

3.3.2. Свладища и кално-каменни порои

Свладища представляват движещи се земни и скални маси под действието на силите на тежестта. Преместването е свързано с изменение на естествената структура на масива. Движенията се осъществяват по една или повече повърхнини на срязване (хлъзгателни повърхнини) или по нестабилна (пластична) подложка.

Елементи на свладищата

Основните характерни свладищни елементи са илюстрирани на схемата по-долу (фиг.15), съставена от Varnes (1978) и предложена от Американската геоложка служба (USGS). Важни елементи на свладището могат също да бъдат и заблатяванията и свладищните езера в понижените участъци на дадено свладище, вторични и етажни свладища.



- хлъзгателна повърхнина;
- главен откос - най-горната част (точка) на свладището;
- главен свладищен откос;
- пета (език) на свладището - най-долна част;
- свладищно тяло – масите, които се придвижват;
- подложка - здрави скали под свладищната хлъзгателна повърхнина;
- тераси - заравнени участъци.

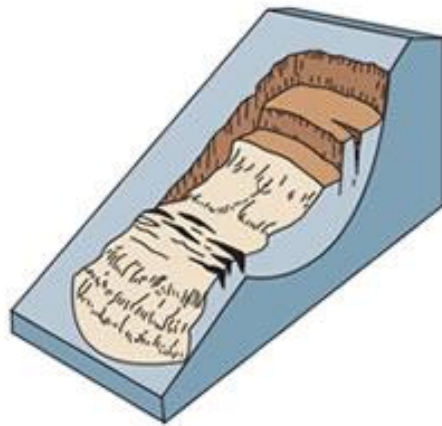
Класификации на свладищата

Класификации по механизъм

Съгласно световноприетата класификация по механизъм на движение основните свладищни механизми са: 1) хлъзгане (по една или повече хлъзгателни повърхнини), 2) странично разширение (деформации в пластична зона) и 3) движение на земни маси в различна консистенция (консистентни свладища, кално-каменни потоци). Основните схеми, илюстриращи главните типове свладищни движения, са взети от Американската геоложка служба (<http://geology.com/usgs/landslides/>) и илюстрирани на фиг. №№ 16-19 и 22-24.

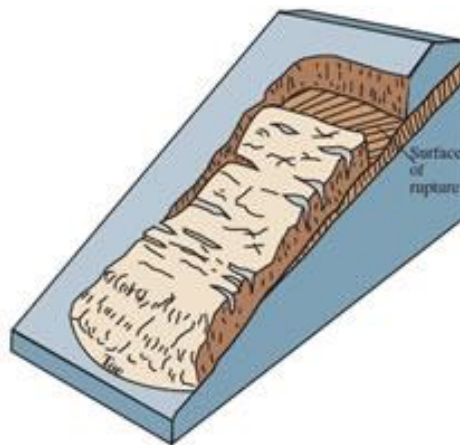
Свладищата от първата група се разделят от своя страна на два основни подтипа – ротационни и транслационни. При **ротационния тип** движенията се осъществяват по кръговоцилинд-

рична хлъзгателна повърхнина. При *транслационния тип* повърхността на срязване е равнинна, обикновено по пластове, успоредни на склона.



USGS

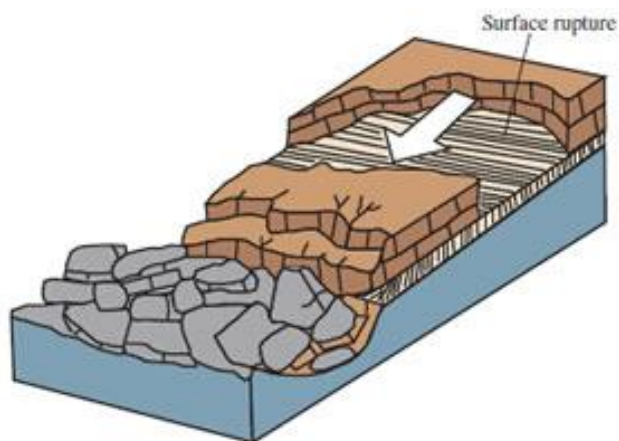
Фиг. 16. Ротационен тип свлачище



USGS

Фиг. 17. Транслационен тип свлачище

Блоков тип свлачище: То се отнася към *транслационните свлачища*. При него движещата се маса се състои от един-единствен елемент или на няколко тясно свързани единици, които се движат надолу по склона като относително последователна маса.

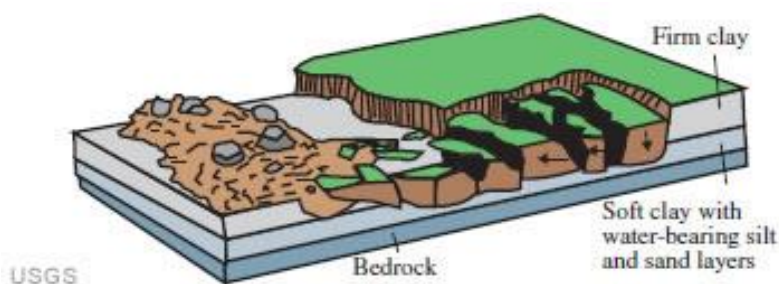


USGS

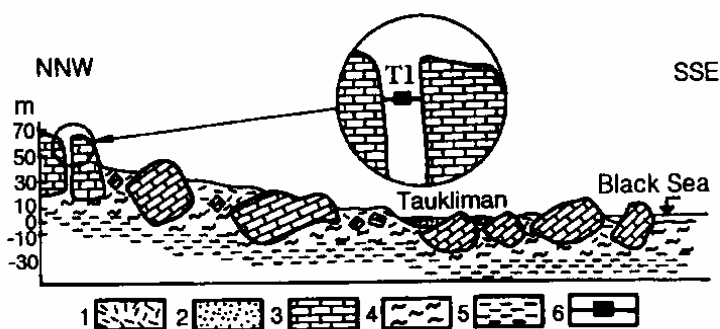
Фиг. 18. Транслационен - блоков тип свлачище

Странично разширение: Този тип свлачище се проявява обикновено на много полегати склонове или дори на равен терен (фиг. 19). Доминиращият режим на движение е странично удължение, придружен от нарушения на срязване или опън. Нарушението на стабилитета на склона се дължи на деформации в отдолу лежащите седименти. Това могат да бъдат пластични глини (каквато е случаят при свлачището Тауклиман при курортния комплекс Русалка - фиг. 20 и 21) или е причинено от втечняване, процес, при който наситени, насипни, несвързани седименти (обикновено пясък и тиня) се трансформират от твърдо във втечнено състояние. Втечняване на основата може да бъде предизвикана и в следствие на земетресение. В много случаи свличането започва внезапно като малко свличане (често като ротационно), което да се разпространява бързо. В някои материали това движение започва без видима причина.

Свлачище, при което е налице комбинация от два или повече от посочените по-горе видове механизми, се нарича сложно (комплексно) свлачище.



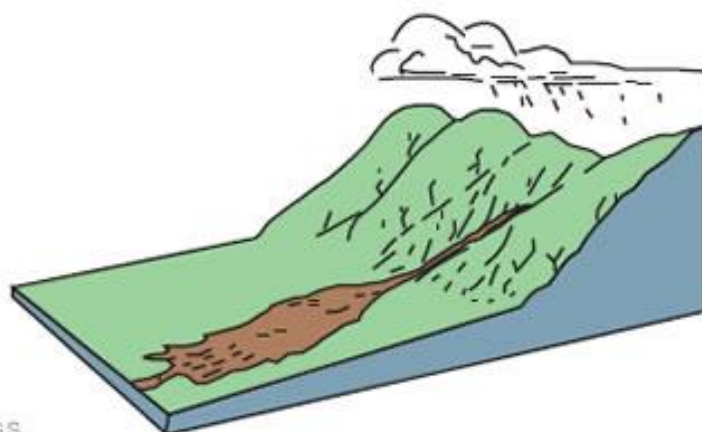
Фиг. 19. Свлачище от типа странично разширение



Фиг. 20. Профил на свлачището при Тауклиман (Dobrev, Avramova-Tacheva, 1997): 1 – омесени материали, 2 – пясъци, 3 – варовици, 4 - пластични глини, 5 – ненарушени глини, 5 – мониторингова точка



Фиг. 21. Снимка на свлацище Тауклиман

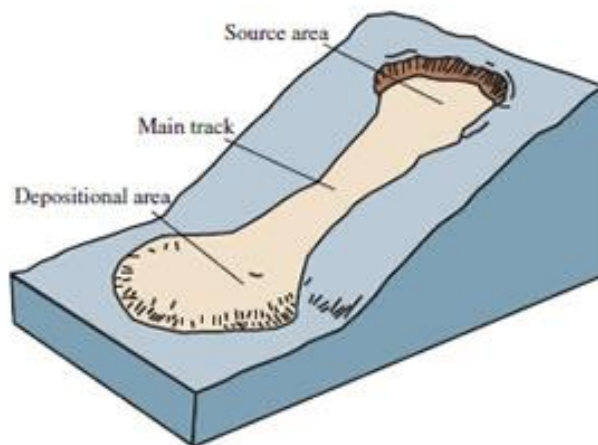


Фиг. 22. Кално-каменен порой

Кално-каменен порой (кално-каменен поток, сел): Бързодвижеща се маса, в която е налице комбинация от рохкава почва, скали, органична материя, въздух и вода, която тече надолу по склона като каша (фиг. 22). Движещият се материал съдържа по-малко от 50% на фини частици. Кално-каменните потоци са често причинени от интензивен повърхностен воден отток, предизвикат от паднали за кратък период значителни валежи или от бързо снеготопене, което еродираща 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. Някои потоци протичат с много голяма скорост - това са тези, които привличат вниманието. В райони с много стръмни склонове, те могат да достигнат скорост от над 160 km/час. Повечето обаче са бавни, движещи се надолу склоновете със скорости от порядъка на един или два метра за година.

За да възникнат кално-каменни потоци са необходими определени условия. Най-важното 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. Идентифициранета 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.



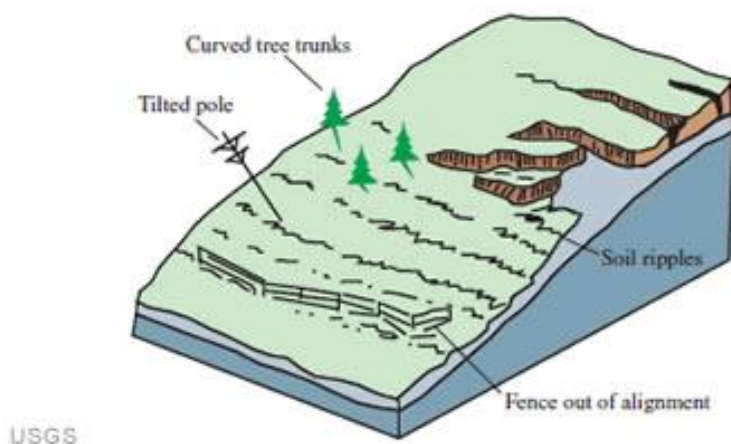
Фиг. 23. Консистентно свлачище

Отломъчна лавина: Това е разновидност на много бързи до изключително бърз поток отломки.

Консистентно свлачище: Имат характерна форма на "пясъчен часовник" (фиг. 23). По време на формирането си склоновият материал се водонасища, втечнява и изтича по склона, формирайки понижение в горната част на склона. Самият поток е с удължена форма. Обикновено се формира на склонове с лек наклон във водонаситени дребнозърнести материали или глина, съдържащи понякога и скални късове.

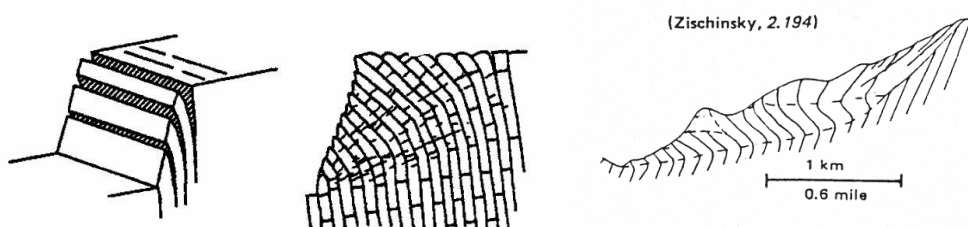
Кален поток (кално свлачище): състои се от материал, който е достатъчно водонаситен и протича бързо. Съдържа най-малко 50 процента пясък, прах и глинести частици.

Пълзене: Това е едва забележимо, бавно, но стабилно, низходящото движение на наклон, изграден от почва или скала (фиг. 24). Движението се причинява от срязващи напрежения, достатъчни да предизвикат остатъчни деформации в масива, които обаче са твърде малки, за да се стигне до срязване (активно свличане). Има три вида пълзене: (1) сезонно, предизвикано от сезонните промени във влажността и температурата на почвата; (2) непрекъснато, където срязващите напрежения продължително надвишават якостта на материала; и (3) прогресивно, докато напреженията в склоновете преминават в стадий на активно свличане. Пълзенето се установява по характерните извити стволове на дървета, изкривени огради или подпорни стени, наклонени стълбове или огради и леко вълнообразния терена.



Фиг. 24. Склоново пълзене

Гравитационното огъване или *увисване* (*gravitational sagging*) се среща при подходящи геоложки условия – стръмни склонове; стръмен пласторед (или нашистяване) в посока, обратна на западането на склона; в скали, склонни към пластични деформации (фиг. 25). Под действието на силите на тежестта се получава огъване в посоката на западане на склона. Много автори на този процес го разглеждат като разновидност на скалното преобръщане (*toppling*). Процесът на деформиране е много бавен. При натрупване на критични стойности в деформациите може да се стигне до класическо преобръщане на скалните маси или до формиране на повърхнина на срязване – свлачище от ротационен тип.



Фиг. 25. Схеми и примери за гравитационното огъване (съгл. Sata Co. & OYO Co., 2002; Varnes 1978)

Класификация по дълбочина:

В зависимост от максималната дълбочина на хлъзгателната повърхнина свлачищата се разделят на:

- Плитки – до 5 m
- Средnodълбоки – от 5 до 20 m
- Дълбоки – над 20 m.

Класификация по степен на активност

Класификацията на свлачищата и другите склонови процеси по активност ще бъде съобразена според критериите, предложени от Keaton & DeGraff (1996) и UNESCO WPWLI (1993). В по-

долните таблици са дадени цветовете, използвани за характеризиране на състоянието на активност и контурите (Wiegiers 2006; Delattre & Wiegiers, 2006, и др.), обозначаващи достоверността на границите на свлачищния процес (табл. 24, 25, фиг. 26).

Табл. 24. Състояние на активността (state of activity)

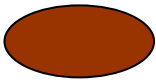

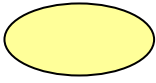
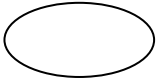


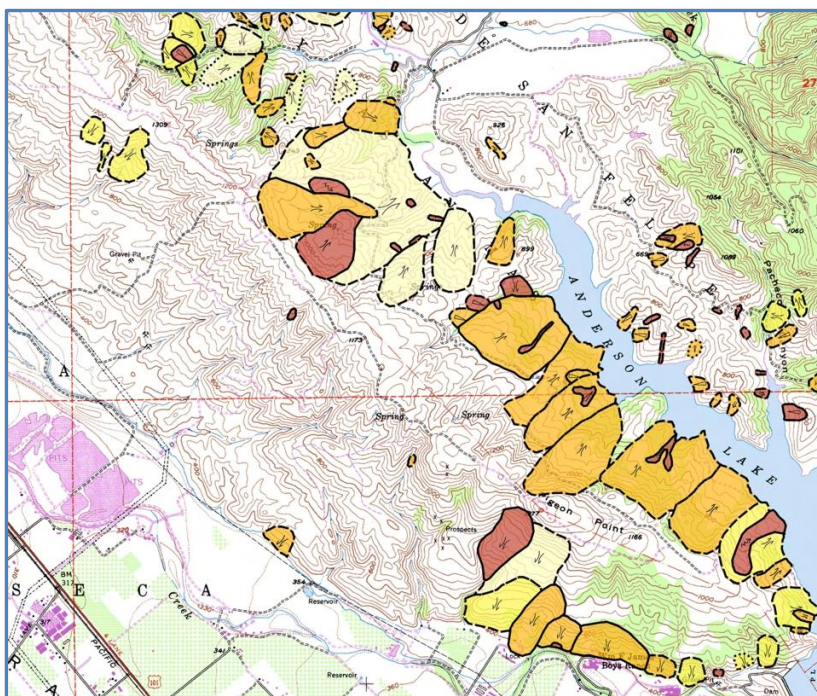
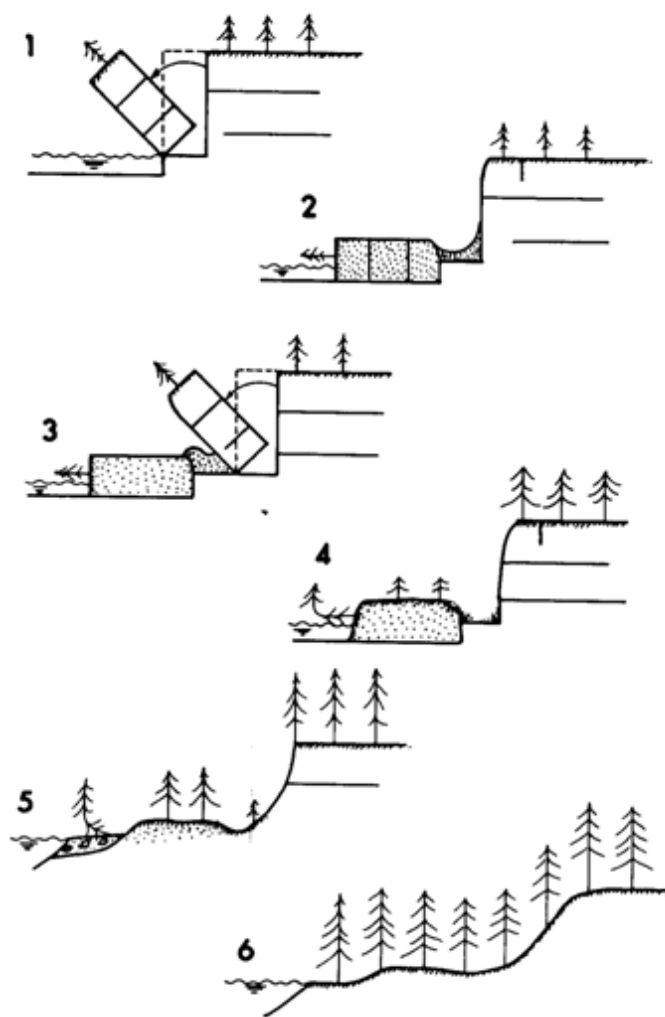
символ	класификация	обяснение
	активно, с периодична активност, съвременно	Свлачището показва ясни следи от съвременна или наскоро преустановена активност, както и цикличност при активизациите (фиг. 27: случаи 1, 2 и 3). Коефициентът на склонова устойчивост е под 1.
	потенциално	Свлачищните форми са леко загладени под действието на ерозионните процеси (фиг. 26: случаи 4 и 5). Коефициентът на склонова устойчивост е малко над 1.
	старо (древно)	Свлачищните форми са силно загладени, на места заличени. Гъста растителност, дълбоки ровини пресичат свлачището и/или откосите (фиг. 27: случай 6; фиг.28)

Табл. 25. Достоверност на информацията (confidence of interpretation)

символ	класификация	обяснение
	установено (definite)	Налице са всички характерни свлачищни форми, в т.ч. ясно изразени откоси, отворени пукнатини, понижения, извори. Доказателства могат да бъдат допълнително и архивни и исторически източници, аерофотоснимки и данни от инструментален мониторинг.
	вероятно (probable)	Много от характерните свлачищни форми са налице, но силно модифицирани от ерозията или скрити от гъста растителност.
	под въпрос, слабо вероятно (questionable)	Налице са само една или няколко свлачищни форми, които биха могли да се свържат със свлачищно явление. Наличие на ерозия и/или гъста растителност.



Фиг. 26. Пример на описателно картиране на свлачищни процеси (район Морган Хил, Калифорния, Wiegiers 2006)



Фиг. 27. Състояние на активността съгл. UNESCO WPWLI (1993): 1 - активно; 2 - с преустановена активност; 3 - вторично активизирано; 4 - потенциално ("спящо"); 5 - "изоставено"; 6 - старо (древно).



Фиг. 28. Старо (древно) свлачище

Условия и фактори за възникване и активизиране на процеса

- *Геоложки строеж* - свлачища възникват най-често в склонове изградени от глини и глинести скали (мергели), които лесно се поддават на деформации. Редуване на водопропускливи и водонепропускливи пластове с различна плътност, напуканост и тектонски нарушения.
- *Релеф* - височината, наклонът и разчленеността на склоновете са предпоставка за свлачищни процеси. Колкото по-висок и по-стръмен е склонът толкова по-голяма е вероятността за възникване на срутище при други равни условия.
- *Неотектонските движения* - изменящи стръмнината на склоновете оказват влияние и върху общата устойчивост.
- *Изменение на напрегнатото състояние* - когато натоварването в основата на склона стане значително по-малко от колкото в горната му част. Структурата на глините се нарушава, започва тяхното набъбване и преместване (протичане).
- *Подземни води* - променят консистенцията на глинестите почви и създават хидродинамичен натиск, който е допълнителна активна сила. Под действието на подземните води и свързаната с тях суфозия се образуват суфозионни свлачища.
- *Повърхностни води* - извършват ерозия и абразия, при което се разрушава и отмива долната част на склоновете и по-този начин се намалява задържащата сила. Влияят на хидродинамичният натиск и активизират свлачищните процеси.
- *Изветряне* - намаляване якостта на срязване на скалите поради унищожаване на част от структурното сцепление.
- *Земетресения* - могат да предизвикат свлачища в резултат на сеизмичните удари.
- *Човешка дейност* - изразява се в подсичане на склоновете, допълнителното им натоварване и овлажняване (от напояване), изсичане на дървета.

Литература

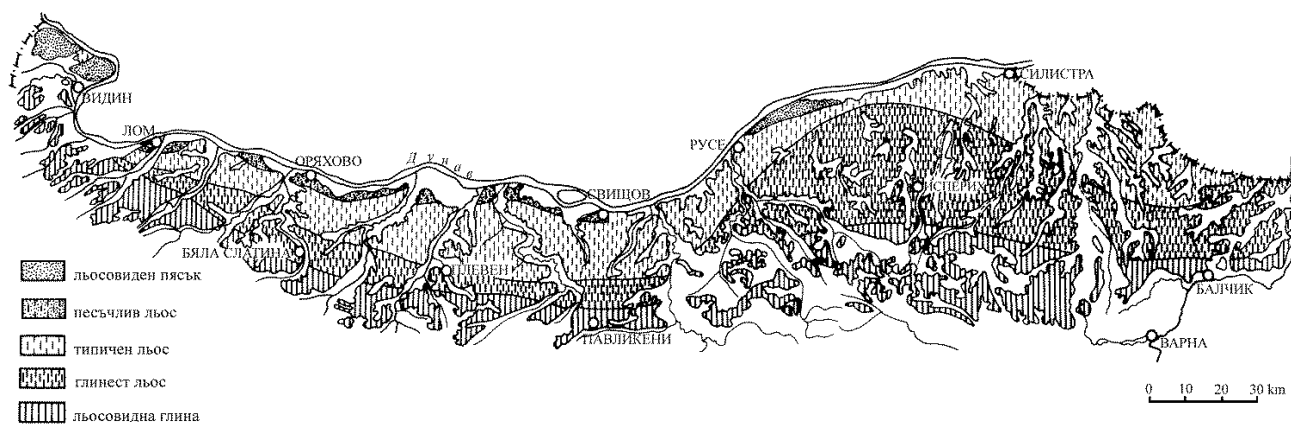
- Delattre, M., Wiegiers, M.O. 2006. Landslide Inventory Map of the Mt Sizer Quadrangle, Santa Clara County, California, Scale 1: 24,000. Geologic Information and Publications. California Geological Survey.
- Dobrev, N. & E. Avramova-Tacheva. 1997. Analysis and prognostication of monitored rock deformations. Proc. IAEG Conference, Athens 1997, Balkema, Rotterdam, 613-618.
- Brabb, E. 1984. Innovative approaches to landslide hazard and risk mapping. - In: Proc. of the 4th Int. Symp. on Landslides, Toronto, Canada, Vol. I, 307 - 324.
- Brabb, E. 1991. The world landslide problem. - Episodes, Vol.14, No.1, 52-61.
- Highland, L. 2006. Landslide types and processes. USGS, <http://pubs.usgs.gov/fs/2004/3072/>
- Keaton, J.R., and DeGraff, J.V. 1996. Surface Observation and Geologic Mapping, in Turner, A.K. and Schuster, R.L., editors, Landslides, Investigation and Mitigation, Transportation Research Board, National Research Council Special Report 247
- Sata Construction Co. and OYO Co. 2002. Investigation report for Ayado tunnel repair works (на японски).
- 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.
- Wiegiers, M.O. 2006. Landslide inventory map of the Morgan Hill Quadrangle, Santa Clara County, California. Scale 1: 24,000. Geologic Information and Publications. California Geological Survey.
- Wise, M.P., G.D. Moore, and D.F. VanDine (editors). 2004. Landslide risk case studies in forest development planning and operations. B.C. Min. For., Res. Br., Victoria, B.C. Land Manage. Handb. No. 56. <<http://www.for.gov.bc.ca/hfd/pubs/Docs/Lmh/Lmh56.htm>>

3.4. Особени почви

3.4.1. Пропадане на лъос

Лъосът се отличават рязко от другите дисперсни почви със своята недоуплътненост и структурна неустойчивост, която обуславя развитието на процеса пропадане. Лъосовите почви у нас заемат общо около 12 000 km² предимно в Северна България и малки петна в Южна България. 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, пясъчлив лъос, типичен лъос, глинест лъос и лъосовидна глина (Минков, 1968). Типичният и глинестият лъос покриват най-големи площи в Северна България (Фиг. 29).



Фиг. 29. Разпространение на лъосовите разновидности в Северна България (по Минков, 1968)

В зърнометричния състав на лъоса преобладава праховата фракция, която има сравнително постоянно съдържание при пясъчливия, типичния и глинестия лъос и възлиза най-често до 80-90 %. При лъосовидния пясък и лъосовидната глина праховата фракция е под 80 % за сметка на по-голяма пясъчлива или глинеста фракции респективно. 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 $\underline{\alpha}_{col\gamma}$ и при допълнителен товар от 0,3 МРа $\underline{\alpha}_{col0,3}$ са съответно 3,2% и 6,5% при типичния лъос и 2,5% и 6,5% при глинестия лъос. При пясъчливия лъос средните стойности на тези коефициенти са по-малки – $\underline{\alpha}_{col\gamma} = 2,2\%$ и $\underline{\alpha}_{col0,3} = 4,5\%$. Сумарното пропадане $\Sigma \epsilon$ обаче зависи не само от величината на $\underline{\alpha}_{col}$ – фактически съвпада с т.н. обем на макропорите n_{mp} , но и от дебелината на пропадъчния слой, която се определя от нивото, до където $\underline{\alpha}_{col}$ или n_{mp} става < 1% при

съответния товар. Тази дебелина е най-голяма в комплексите на пясъчливия и типичния лъос. Поради това потенциалното Σ_c при пясъчливия лъос е по-голямо, отколкото при глинестия, въпреки по-високите стойности на $\underline{\Omega}_{col}$ при него. На практика в райони, покрити с пясъчлив 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).

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, непроизведена продукция, както и от социално-психологически въздействия върху обществото.

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 силна 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 е 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 льоса 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 $\frac{\Omega_{col}}{n_{mp}}$ (или обем на макропорите n_{mp}) $\geq 1\%$, с повишено внимание трябва да се оценява льосовата основа дори още при $\frac{\Omega_{col}}{n_{mp}}$ или n_{mp} над 0,5%;

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

- Повишаване на степента на водонасищане на льосовата 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 $\frac{\Omega_{col}}{n_{mp}}$ или $n_{mp} \geq 1\%$, съгласно Нормите за проектиране на плоско фундиране (НППФ);

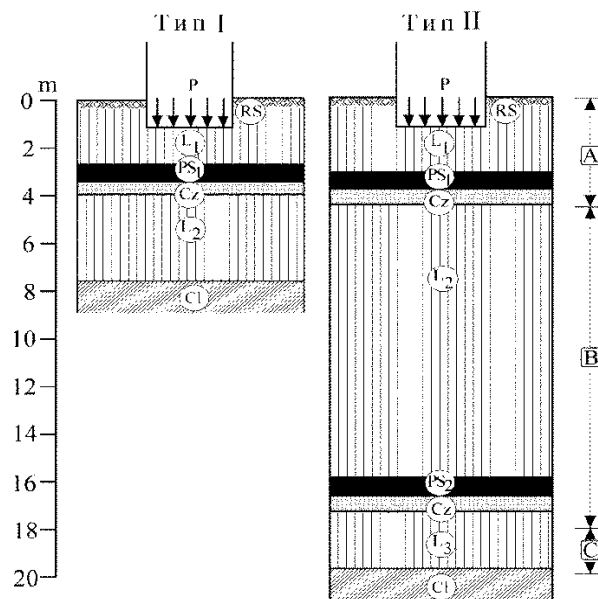
Категоризиране на процеса (критерии, степени)

В България льосовите 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 $\Sigma l_{cy} < 5 \text{ cm}$;
- втори тип (Т-II) – сумарното пропадане от геоложки товар е $\Sigma l_{cy} > 5 \text{ cm}$.

Льосовата 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 льосови основи са с малка дебелина до около 7-8 m (Фиг. 30). При тях са развити най-често до два льосови хоризонта L1 и L2, в които се реализира пропадането, и една погребана почва.

Льосовата основа тип Т-II пропада, както при геоложки, така и при допълнителен товар. Дебелината ѝ може да достигне до 50 m. На Фигура 2 е показан типичен за Дунавската равнина случай на втори тип льосова основа с дебелина льоса около 20 m. В този случай земната основа се състои от три льосови хоризонта, разделени от две погребани почви. Отделят се три зони: горна (зона А) – не пропада при геоложки товар, но пропада при допълнителен; междина (зона В) – пропада при геоложки и допълнителен товар; долна (зона С) - непропадъчна.



Фиг. 30: 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 *A* – не пропада при геоложки товар, но пропада при допълнителен; Междинна зона *B* – пропада при геоложки и допълнителен товар; Долна зона *C* – непропадъчна.

Картографиране (идентифициране) на процеса на пропадане и мерки за премахване или ограничаване на риска от неговото развитие

Идентифицирането и характеризирането на пропадането на лъсовата основа е комплексен процес, който включва дейности от геоложки, геоморфоложки, инженерногеоложки и геотехнически дейности в следната препоръчителна последователност:

- 1) Анализ на геоложката и геоморфоложката информация за проучвания район, пряко свързана с лъсовата формация – за територията на Северна България са публикувани карти в мащаб $M 1: 500\,000$ на разпространението на литофациалните лъсови разновидности и прогнозна карта на сумарното пропадане при геоложки товар, както и редица научни публикации (Евлогиев, 2000, 2006) и доклади за проучвания на конкретни територии. Например, за териториите на гр. Силистра (Петрова, 2005) и гр. Русе (Евлогиев и др., 2010) са извършени едромасабни инженерногеоложки районираня, в които е представена детайлна информация за типа на лъсовата основа, очакваното пропадане при геоложки и допълнителен товар от 0,3 МРа.
- 2) Провеждане на инженерногеоложки проучвания, въз основа на които се определят литостратиграфския строеж, геоморфоложките особености, дебелината и типа на лъсовата основа. Трябва да се подчертае, че лъсът в Северна България, а и в други държави, е с много голяма степен на вертикална и латерална хетерогенност, което изключва механичното прехвърляне на данни от една площадка за друга, дори и те да са разположени в непосредствена близост.

Инженерногеоложките проучвания на лъсови терени имат редица особености, най-важните от които са следните две:

- лъсовите седименти задължително се сондират на сухо на къси рейсове от по 50 cm, със специален пробовземач за сухо ядково сондиране, от типа на двойните борни, който работи с изрязване на ядката (без набиване) и гарантира 100 % ненарушена проба; дългогодишният повече от 40 години опит е показал, че всеки друг начин на сондиране, както и използването на други видове пробовземачи води до значителни нарушения в естественото състояние на лъсовата проба, изразяващи се най-вече в увеличаване на плътността, което от своя страна води до грешна оценка на пропадъчността;
- прилагането на полеви геотехнически изпитвания, в това число различни видове динамична и статична пенетрации е неподходящо в пропадъчни лъсови терени; прогнозирането на пропадъчния потенциал, например, въз основа на корелационни зависимости между N_{spt} или СРТ върхово съпротивление с физичните параметри на лъоса, е много неточно, тъй като корелационната връзка най-често е ниска и със значително разсейване; затова не се препоръчва оценката на пропадането при лъсови почви да се извършва по данни динамична и/или статична пенетрация.

Най-достоверните начини за оценка на пропадъчността са два: *първият* е опитно полево водоналиване с директно измерване на пропадането; в масовия случай обаче този метод е неприложим поради редица технологични, геоекологични или финансови ограничения; *вторият* е определяне на пропадането в лабораторни условия чрез компресионни изпитвания на ненарушени качествени почвени образци. Този метод е намерил масово приложение, както у нас така и в чужбина.

- 3) Извършване на лабораторни геотехнически изпитвания – в най-общия случай това включва определяне на класификационните и физичните показатели, компресионни изпитвания по метода на едната или двете криви съгласно БДС 14783-79¹. От резултатите от компресионните опити се получават диаграмата на пропадъчност $\delta_{col} = f(p)$ и началното напрежение на пропадане p_{coll} ;
- 4) Определя се дълбочината на пропадъчната зона; въз основа на диаграмите на напреженията от геоложки σ_γ и допълнителен товар σ_z , се определят зоните на пропадане в лъсовата основа в рамките на дълбочината на пропадъчната зона, в които $\sigma_\gamma + \sigma_z > p_{coll}$;
- 5) Зоните на пропадане се разделят на пластове с дебелина $h_i \leq 2 m$, за които се отчита $\delta_{col i}$ от диаграмата на пропадъчността. Изчислява се сумарното пропадане ΣI_c на лъсовата основа по зависимостта (Ръководство по геотехника ..., 2012)

$$\Sigma I_c = \sum_{i=1}^n \delta_{col} \times h_i \times k_m ,$$
 където: n е броят на пластове в рамките на пропадъчната зона; k_m е корекционен коефициент, който зависи от широчината на фундамента.
- б) От получения резултат се определя типа на лъсовата основа. На тази база и като се взимат под внимание дебелината на лъоса, литостратиграфския строеж на основата,

¹ Въведеният от 2010 г. стандарт *CEN ISO/TS 17892-5 Геотехнически изпитвания и изследвания. Лабораторни изпитвания на почви. Част 5. Изпитвания с оедометър при нарастващо натоварване*. не разглежда лабораторното определяне на пропадъчността на строителните почви. Препоръчваме определянето на обем на макропорите n_{mp} , както и на началното напрежение на пропадане p_{coll} да се извършва, съгласно БДС 14783-79 *Почви строителни. Методи за лабораторно определяне на пропадането*.

степената на водонасищане, данни за поведението на съседни терени и съоръжения и строителния опит се определят подходящи мероприятия за премахване или ограничаване на риска от развитие на пропадъчен процес. В това отношение трябва да се имат предвид следните по-важни съображения:

- Строителната практика категорично е доказала, че конструктивните мерки, независимо от какъв характер са, не са в състояние, сами по себе си, да елиминират опасността от пропадане. Това е наложило разработване и прилагане на редица методи и техники за противопропадъчна подготовка на лъсовата основа преди самото строителство (Evstatiev, 1988).

- Целта на противопропадъчната подготовка при лъсова основа от първи тип Т-I е да се намали напрежението предавано от фундаментите върху земната основа до такава стойност, която няма да предизвика пропадане, т.е. $p_{add.load} < p_{coll}$. В България най-често прилаганите методи за тази цел са: увеличаване на площта на отделните фундаменти или заместването им с обща железобетонна плоча, уплътняване с тежка трамбовка, цименто-почвена възглавница и уплътняване с къси пирамидални пилоти.

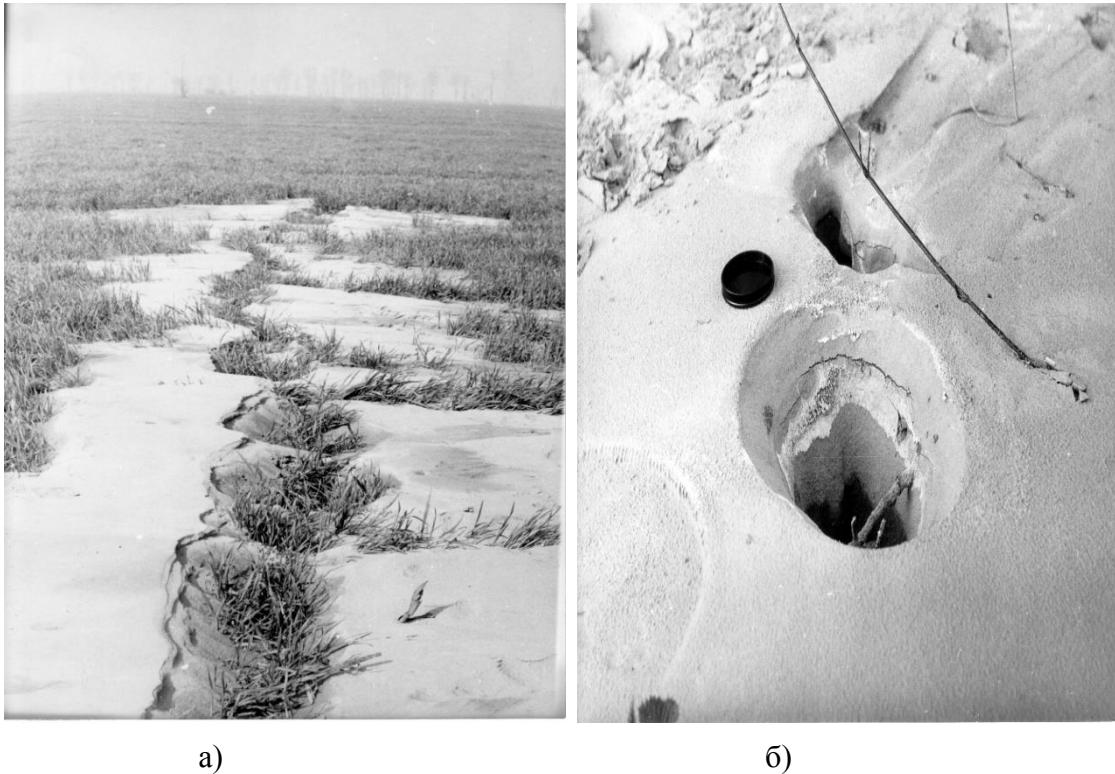
- При втори тип Т-II премахването на пропадъчността на лъсовата основа може да се осъществи по два пътя в зависимост от типа на конструкцията и дълбочината на фундиране: посредством превръщане на земната основа от тип Т-II в тип Т-I или чрез едновременно елиминиране на пропадането при геоложки и допълнителен товар. За противопропадъчна подготовка на лъсови основи от типа Т-II у нас са прилагани основно уплътняване чрез предварително намокряне, уплътняване чрез предварително намокряне и дълбочинни взривове, уплътняване чрез почвени пилоти, заздравяване чрез силикатизация (за съществуващи сгради). Успешно е прилагано и удълбочаване на строителния изкоп в комбинацията с уплътняване с много тежка трамбовка и циментопочвена възглавница. С други думи фундирането с циментопочвена възглавница е приложимо самостоятелно при лъсова основа тип Т1, а при лъсова основа тип Т2 - само в комбинация с други методи.

Литература:

- Евлогиев, Й. 2000. Кватернерът в Североизточна България. – Сп. Бълг. геол. д-во, 61, 1-3, 3-25.
- Евлогиев, Й. 2006. Плейстоценът и холоценът в Дунавската равнина. Дисерт. дн. С., ГИ-БАН, 240 с.
- Евлогиев, Й., М. Неделчева, В. Петрова. 2010. Инженерногеоложко райониране на крайбрежието на гр. Русе. ИБГ на ГИ-БАН, Русе, 128 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.
- Петрова, В. 2005. Инженерногеоложко райониране на град Силистра. Дисерт. д-р. С., ГИ-БАН, 135 с.
- Ръководство по геотехника разработено съгласно изискванията на ЕВРОКОД 7. Геотехническо проектиране. 2012. КИИП, С., 456 с.
- Evstatiev, D. 1988. Loess Improvement Methods. - Engineering Geology, 25, 341 - 366.
- 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.

3.4.2. Втечняване на слаби почви

Това опасно явление 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. Конкретните случаи са описани от Минков (1982ф); Бранков, ред., (1983); Илиев и др. (1994) (фиг. 31).



Фиг. 31. Деформации на терена причинени от втечняване на водонаситени пясъци: а) в терасата на река Янтра при с. Новград (сн. акад. Ил. Бручев), б) в района на село Вардим (сн. акад. Ил. Бручев)

Кратка характеристика на процеса

Терминът “втечняване” (liquefaction) навлиза интензивно в практиката след катастрофалните земетресения в Япония и Аляска през 1964 година и последвалите изследвания на Seed и екипът му от университета в Бъркли, Калифорния, независимо че явлението не е ново и разрушения свързани с процесите на втечняване на водонаситени несвързани почви са наблюдавани при всички по-силни земетресения, които са били документирани до този момент. На базата на натрупания значителен опит в изучаване на процесите на втечняване, предизвикани от сеизмични въздействия, особено след катастрофалните земетресения в Аляска и Ниагата, Япония през 1964 година, Seed (1976) обобщава използваната терминология за описанието им при различните изследвания и предлага използването на следните определения:

- ✓ **liquefaction** – определя условия, при които почвите се деформират непрекъснато при постоянни ниски остатъчни напрежения или при липса на остатъчна якост в тях, дължащи се на нарастване и поддържане на високи стойности на порния натиск, които редуцират ефективните напрежения до много ниски стойности. Нарастването на порния натиск предизвикващо истинско втечняване може да е резултат, както на статични,

така и на динамични въздействия.

- ✓ **initial liquefaction** – определя условия, при които след прилагането на определен брой циклични натоварвания, резултатният порен натиск след завършване на всеки пълен цикъл на натоварване става равен на приложените странични напрежения, без да се вземат предвид големината и характера на деформациите, които могат да възникнат в последствие.
- ✓ **initial liquefaction with limited shear strain potential** – определя условия, при които приложените циклични напрежения причиняват състояние на “*initial liquefaction*”, като приложените впоследствие циклични натоварвания причиняват ограничени деформации, дължащи се на остатъчно съпротивление на почвата или на намаляване на порния натиск в резултат на процеси на дилатансия, като при това почвата се стабилизира при приложените натоварвания.

Независимо, че предложените от Seed определения са възприети, като уместни и спомагащи за адекватно описание на процесите на втечняване на пясъците при тяхното изследване, използването им в практиката не се е наложило. В последните години в практиката се използва само термина “*liquefaction*” за описание на всички явления във водонаситените почви свързани с наличие в тях на висок порен натиск и/или загуба на якост. В този смисъл е и определението за втечняване дадено от “Committee on Soil Dynamics of the Geotechnical Engineering Division” (1978) и възприето в инженерната практика през последните години “**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 (ред.) и др. (1994) отнасят явлението втечняване към “процесите с непрекъснато действие, водещи и до внезапни (рискови) явления”.

Фактори, влияещи върху опасността от втечняване

Процесът на втечняване на водонаситени несвързани почви се влияе от голям брой фактори, които трябва да бъдат взети предвид при разработване на методите за оценка на потенциала на втечняване, а именно:

- ✓ **зърнометричният състав** – праховите и еднородни пясъци са по-склонни към втечняване, в сравнение с едрозърнестите при равни други условия (Ishibashi, 1985). Изследванията на Vaid (1990) показват, че 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. Сляганията на земната повърхност, които се наблюдават при втечняването на пясъците са значително по-малки при тези с по-висока относителна плътност.
- ✓ **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). Достигането на максималната стойност на порния

натиск, обуславяща развитието на процеса на втечняване при динамични въздействия с постоянни параметри е възможно след определен брой от циклични въздействия (Seed and Lee, 1966; Prakash and Gupta, 1970; Yoshimi, 1967). Освен от характера на динамичното въздействие, склонността на пясъците към втечняване зависи от посоката на динамичното въздействие и неговата продължителност. Според Seed (1976, 1979), Symes et al. (1985), Ishihara and Nagae (1988) развитието на порния натиск е по-бързо при многопосочно динамично въздействие (както е при земетресенията) отколкото, ако то е приложено само в една посока. При това цикличното натоварване за достигане на 100% на коефициента на порния натиск при многопосочни динамични въздействия е с 10% по-ниско отколкото при еднопосочните.

✓ **условията за дренiranje и размерите на пластовете** – когато пясъците са с по-висока проводимост, възможностите за дренiranje нарастват, което прави тези пластовете по-устойчиви при динамични въздействия по отношение опасността от втечняване. На тази база Yoshimi and Kuwabara (1973) и Seed (1976) предлагат методики за стабилизиране на пясъчни пластовете, чувствителни към втечняване чрез изпълнение на мероприятия създаващи условия за повишаване възможностите за дренiranje при динамични въздействия.

✓ **геоложката възраст на отложенията** – изследванията на Lee (1975) и Seed (1976) показват, че 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. Изследванията на Seed (1976), Seed et al., (1975b); Finn et al. (1970) показват, че напреженията предизвикващи втечняване на пясъци, които са били подложени на динамични въздействия са с 1,5 пъти по-големи отколкото тези, при които не е имало предишни въздействия.

✓ **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.

Методи за определяне опасността от втечняване

Силните земетресения в Аляска и Ниигата, Япония през 1964 година слагат началото на нов етап в изучаването на процесите на втечняване на водонаситени несвързани почви и методите за тяхната оценка. Наблюдаваните значителни разрушения поставят сериозно въпроса за необходимостта от предварителна оценка на опасността от втечняване на водонаситени слаби почви, при проектирането на отговорни съоръжения (атомни и топлоцентрали, мостове, пристанищни съоръжения и др.) разположени в райони с висока сеизмична активност. Това доведе до разработването на нови методи за оценка опасността от втечняване на водонаситени пясъци, които да позволят надежно да бъдат правени прогнози за поведението им при динамични въздействия. Основополагащи в това отношение са работите на Seed and Idriss (1970, 1971); Seed (1976); Ishihara (1977); Iwasaki (1986).

Изследванията върху динамичните свойства на почвите у нас са свързани с наблюдаваните прояви на вторични сеизмогенни явления при силните земетресения и проектирането на

съоръжения от висок клас – атомни и топлоцентрали, Софийския метрополитен и др. Разработки в тази област са правени от Константинов (1982, 1983, 1988, 1991); Константинов и др. (1989, 1990, 1992, 1992); Хамова (1985); Костов (1989); Симеонов (1987,1992); Стойнев и др. (1989, 1991, 2003).

Прогнозирането на явлението втечняване се състои в определянето на фактора на втечняване F_S , като отношение на съпротивлението срещу втечняване R_L и интензивността на динамичното въздействие L :

$$F_S = R_L/L$$

Втечняване на даден пласт настъпва, когато е изпълнено условието $F_S < 1$.

Съпротивлението срещу втечняване изразява способността на почвите да се съпротивляват срещу циклични срязващи напрежения и намалява с броя на циклите на натоварване. В специалната литература са известни различни методи за оценка склонността на водонаситените пясъци към втечняване (Valera and Donovan, 1977; Seed, 1979). Те могат да бъдат систематизирани в три групи:

- ✓ 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.

Методика за оценка на фактора на втечняване

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.

Количествената оценка за опасността от втечняване се съставя въз основа на резултатите от проучванията на инженерногеоложките условия и фактори и съдържа следните задължителни елементи: резултати от полевите проучвания и лабораторните изследвания; вероятна прогноза за втечняване;

Изследователските работи са насочени към изясняване на основните елементи и параметри на инженерногеоложките условия и действащите геодинамични фактори и методите за тяхната оценка са представени в табл. 2.

Съставяне на модел на земния масив

За съставяне на модел на масива е необходимо да се изяснят пространственото разпростране-

ние на инженерногеоложките разновидности в изследвания участък до дълбочина 30 m и хидрогеоложките условия. Тези задачи се решават чрез проучвателно ядково сондиране, динамична и статична пенетрация, в комбинация с геофизични методи на проучване. Необходимите данни за съставяне на модела са: брой, геометрични характеристики и взаимоотношения на литоложките и инженерногеоложките разновидности; брой, тип и хидравлични характеристики на водоносните хоризонти; брой и параметри на потенциално втечняемите пластове (табл. 26).

Таблица 26. Основни елементи и параметри на инженерногеоложките условия и фактори за оценка на вероятността за втечняване на водонаситени слаби почви.

Елементи	Параметри	Методика
Модел на земния масив	Литоложки състав и пространствени взаимоотношения на отделните инженерногеоложки разновидности. Хидрогеоложки условия. Хипотеза за потенциално втечняеми пластове	Проучвателно сондиране, статична и динамична пенетрация, геофизични проучвания
Състав и свойства на потенциално втечняеми пластове	Относителна плътност, I_D , зърнометричен състав, физични показатели по БДС	Лабораторни изследвания, статична и динамична пенетрация
Динамична якост на пластове	Зависимости между съпротивлението срещу втечняване и броя на циклите на натоварване при четири стойности на I_D	Циклични деформационни лабораторни изследвания в обемно напрегнато състояние
Напрегнато състояние на потенциално втечняемите пластове	Пълни и ефективни напрежения и прогноза за тяхното изменение с отчитане на действащите фактори	Математическо моделиране
Интензивност на динамичното въздействие	Сеизмичност по НПССЗР-87, техногенни динамични натоварвания	Сеизмично микрорайониране, вибрационни измервания
Вероятностна прогноза за втечняване на пластове	Фактор на втечняване вероятност за втечняване, критично ускорение за втечняване, критично ефективно напрежение	Статистически анализ

Проучвателното сондиране се извършва без промивка с начален диаметър не по малък от 127 mm. При необходимост се поставя обсадна колона. Гъстотата на сондажите се определя съобразно конкретните условия, като първоначално се задава мрежа 20 на 20 m и при необходимост се съгъстява. За доуточняване на геоложкия строеж и хидрогеоложките условия се използват геофизични методи - вертикално геофизическо сондиране, електропрофилиране и сеизмопроучване (метод на пречупени вълни). Два или три от проучвателните сондажи се оборудват като пиезometri за режимни наблюдения на елементите и структурата на филтрационния поток във водоносните хоризонти. От всяка инженерногеоложка разновидност се взимат по 6 ненарушени земни проби и се определят физикомеханичните им показатели по "БДС, Почви строителни". Резултатите от проучванията се отразяват върху картен материал в М 1:500 до 1:5000, включващ: ситуация на проучвателните изработки; надлъжни и напречни профили, карта на изолиниите на долнището на най-горния водонепропусклив пласт, карта на

дебелината на пласта (пластовете) от водонаситени слаби почви.

Определяне на състава и свойствата на потенциално втечняемите пластовете

Физичните показатели на инженерногеоложките разновидности се определят съгласно БДС. При ползване на метода SPT, относителната плътност I_D се определя по формулата:

$$I_D = 210 \sqrt{N/(\sigma_v^I + 70)},$$

където:

N - брой удари на ft (метод на SPT),

σ_v^I - ефективното вертикално налягане в горнището на пласта в kN/m^2 .

При ползване на SPT метода, относителната плътност I_D се определя по формулата:

$$I_D = 0,25 + 0,31 \cdot \lg q_c,$$

където:

q_c - измереното съпротивление на пенетрация в MN/m^2 .

Методика за инженерногеоложкия мониторинг на втечняване на водонаситени слаби почви

Мониторингът на втечняването има определени особености, в сравнение с другите геодинамични явления и процеси, които се изразяват в поставяне на ударението върху прогнозата за втечняване и свързаните с явлението риск, уязвимост и опасност. Изграждането на инструментални наблюдателни мрежи се налага, когато има основания да се очаква продължителна филтрационна консолидация (от порядъка на няколко години), циклични или динамични техногенни въздействия.

Условия за продължителна консолидация се създават при фундиране върху водонаситени слаби почви с много малък коефициент на филтрация (напр. тини). Цикличните техногенни натоварвания могат да се изразят в периодична промяна на товара от съоръжението (пълнене или изпразване на канали за аварийно водоснабдяване, напр. на АЕЦ "Козлодуй", зареждане на силози за насипни материали, или вълново въздействие върху пристанищни съоръжения, сондажни нефтени платформи и др.). Динамичните техногенни натоварвания са причинени най-често от транспортни средства или взривни работи.

Организацията и провеждането на мониторинга на втечняването на водонаситени слаби почви се провежда на два етапа – съставяне на идеен проект и съставяне на работен проект.

- при изпълнение на условията $P(I_D) > 0.5$ и $a_{max} > a_{кр}$ се прави предложение за съставяне на проект за подобряване на инженерногеоложките условия в следните направления: създаване на условия за по-бързо разсейване на порния натиск; частично или пълно осушаване на пласта; създаване на обратни насипи;

- ако при вариране на σ_v^I , в допустимия интервал на стойности, втечняване няма да настъпи, се прави предложение за прекратяване на дейностите по оценката.

- ако при вариране на σ_v^I , в допустимия интервал на стойности, условията $P(I_D) > 0.5$ и $a_{max} > a_{кр}$ са изпълнени, се съставя проект за инструментална наблюдателна мрежа за управление на геодинамичния риск.

Литература

- Бранков, Г. (ред.). 1983. Земетресението Вранча -1977 год. – Последствия в НР България, Изд. на БАН, София.
- Илиев, И. (ред.). 1994. Геоложката опасност в България. Обяснителен текст към карта в М 1:500 000, С., Изд. на БАН, 143 с.
- Константинов, Б. 1982. Пенетрационен метод за изследване на строителни почви при динамично натоварване. - Инж. геол. и хидрогеол., кн.12, стр.22-33.
- Константинов, Б. 1983. Изменение на консистенцията на глинни в резултат от динамично натоварване.- В Сб."30 год. ВМГИ", кн. 4, 281-289 с.
- Константинов, Б. 1988. Изменение на физикомеханичните свойства на лъса при динамично натоварване, Пътища, XXVII, кн. 3, 12-14 с.
- Константинов, Б., В. Константинов. 1989. Земетресенията като фактор за възникване и развитие на склонови деформации. - Инж. геол. и хидрогеол., кн. 19, 39-46 с.
- Константинов, Б. 1991 Вероятни вторични еезмогенни деформации по българското черноморско крайбрежие - Год. на МГУ, 37, 67-78
- Константинов, Б., С. Стойнев. 1992. Протичане на водонаситени пясъци (експеримент и прогноза). - Строителство, кн. 3-4, С., 24-27
- Константинов, Б., С. Стойнев, К. Ангелов. 1992. Влияние на зърнометричния състав върху втечняването на водонаситени пясъци при динамични въздействия. - Годишник на Минно-геоложкия университет, т. XXXVIII, св. III, С., 79-86.
- Константинов, Б., А. Лаков, С. Стойнев. 2002. Метод за количествена оценка на геодинамичните рискови категории. - в "Анализ, моделиране и контрол на геоложкия риск в нарушени територии", 9-та Национална Маркшайдерска Конференция с международно участие, 17-21.06.2002, 255-261.
- Костов, В. 1989. Оценяване на възможностите за втечняване на водонаситени пясъци. - Год. на ВИАС, Т. XXXIУ, 65-73.
- Симеонов, С. 1987. Влияние на характеристиките на системите върху модифицирането на сеизмичните въздействия (изследване на втечняването на водонаситени пясъци при земетресения и влиянието му върху сеизмичните характеристики на строителни площадки). -Автореферат за научна степен "к.т.н.". - Геофонд ЦАСМСИ, 32 с.
- Стойнев, С., Б. Константинов. 1989. Изследване на влиянието на техногенни динамични въздействия върху якостните свойства на строителните почви. - Юб. Сб. "45 години кат. ХИГ", С. 149-157.
- Стойнев, С., Б. Константинов. 1991. Динамична (сеизмична) устойчивост на водонаситени пясъци. - Год. на МГУ, С. т. XXXVII, св.3, 79-86.
- Стойнев, С., Б. Константинов, А. Лаков. 2003. Върху естествената структура на водонаситени прахови пясъци. Иновации в маркшайдерството и геотехниката, Сб. Доклади от X Юбилейна Национална маркшайдерска конференция, Варна
- Хамова, М. 1985. Определяне на якостните и деформационни характеристики на алувиални пясъци и устойчивост на земната основа при динамични въздействия. - Автореф. на д-рска дисерт., 28 с.
- Finn, W., D. Liam, J. Emery, Y. Gupta. 1970. A Shaking Table Study of the Liquefaction of Saturated Sands during Earthquakes. Proceedings of the Third European Symposium on Earthquake Engineering, pp.253-262.
- 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.
- Ishihara, K. 1977. Simple method of analysis for liquefaction of sand deposits during earthquake. Soils and Foundations, Vol. 17, No. 3, pp.1-17.
- Ishihara, K., H. Nagase. 1988. Multi directional irregular loading tests on sand. Soil Dynamics and earthquake Engineering, Vol.7, No. 4, pp.201-212.
- Iwasaki, T. 1986. Soil Liquefaction studies in Japan: State-of-the-art. -Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Vol.5, No. 1.

- Lee, K. 1975. Formation of Adhesion Bonds in Sands at High Pressures. Report No UCLA-ENG-7586, UCLA School of Engineering and Applied Science.
- Seed, H., I. Idriss. 1970. A Simplified procedure for evaluating soil liquefaction potential. Rep. EERC70-9, Earthquake Engineering Research Centre. University California, Bearkeley, California.
- Seed, H., I. Idriss. 1971. Simplified procedure for evaluating soil liquefaction potential. Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division, ASCE, Vol. 97, No. SM9, pp. 249-274.
- Seed, H., I. Idriss, F. Makdisi, N. Banerjee. 1975. Representation of Irregular Stress Time Histories by Equivalent Uniform Stress Series in Liquefaction Analyses. Report No EERC 75-29, University of California.
- Seed, H. 1976. Some Aspects Of sand Liquefaction under Cyclic Loading. Proceedings, Conference on Behavior of Offshore Structures, Norway.
- Seed, H. 1979. Consideration of the Earthquake Resistant. - Design of Earth and Rockfill Jam, Geotechnique.29, N°3.
- Symes, M., S. Shibuya, D. Right, A. Gens. 1985. Liquefaction with cyclic principal stress rotation. Proceedings of 11th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol. 4, pp. 1919-1922.
- Vaid, Y., J. Fisher, D. Negussey. 1990. Particle Gradation and Liquefaction, G.M.D., 1990, pp.698-703.
- Valera, J., J. Kaneshiro. 1991. Liquefaction Analysis for Rubber Dam and Review of Case Histories of Liquefaction of Gravels. Proceeding, Second International Conference on Recent Advances in Earthquake Engineering and Soil Dynamics, Paper No.3.7, pp347-356.

3.4.3. Набъбване на строителни почви

Общ характеристика на процеса

Набъбването е един от инженерногеоложките процеси със съществен неблагоприятен ефект за строителната дейност. В същността си 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. В зависимост от техногенното въздействие върху масива (систематично овлажняване или осушаване) тяхната последователност може да бъде изместена към едната или другата посока, като в този случай техният ефект върху съоръженията може да бъде значително по-неблагоприятен от обичайното.

Проявените обемни деформации са най-често неравномерни и силно променливи във времето и отделните части на масива. Тяхната динамика и кинетика зависят от поредица фактори, чието влияние ще бъде разгледано по-долу, най-важните от които са минерален състав и структурното състояние на грунта, химичният състав на поровия разтвор миграцията на влагата в него и външния товар.

Неблагоприятният ефект върху сгради и съоръжения се реализира главно при вертикалните деформации и повдигане на фундаментите, но в зависимост от условията в масива (структура и изотропност) и вида на съоръжението (вертикални вкопани стени на сгради, подпорни съоръжения и др.) хоризонталните деформации на набъбване могат да се явят като значително по-опасни.

Неблагоприятното информационно въздействие на набъбващите почви върху фундаментите е свързано и с упражняването на определени силови въздействия върху тях, определени от т.н. "сила на набъбване". Независимо от известните различия при определението на това понятие (Parsevaux, 1980 и др.), под него най-общо може да се разбира напрежението, с което трябва да се противодейства върху почвата в процес на набъбване, за да не настъпят изменения в нейния обем. В този смисъл, силата на набъбване трябва да се схваща като усилия, които се поемат от всички съоръжения възпрепятстващи свободното набъбване на масива.

Основен фактор определящ силата на набъбване е т.н. "разклинващо налягане", което е тясно свързано с вида на глинестите минерали и микроструктурата на грунта. Поради пряката връзка на силата на набъбване с деформациите на набъбване, нейното разпределение във времето и масива също е крайно неравномерно.

Набъбването най-често води до напукване на стените и носещите конструкции на сградите, а при съоръжения има повишена чувствителност и до невъзстановими нарушения. И докато строителният опит в райони с набъбващи строителни почви е довел до обосноваване на норми за проектиране и строителство на сгради и съоръжения които до голяма степен елиминират разрушителния ефект от набъбването (ПФПП-83, СНиП II-15-74 и др.), то неговото значение при влошване на качеството на настилка на пътища и шосета е сравнително слабо изучено. То се дължи главно на изменение на естествения почвено-влажностен режим на масива под пътните настилки, които играят ролята на изолиращи екрани.

Не на последно място може да се очаква съществуването на определена връзка между набъбването и замърсяването на почвите и грунтовете води. Чувствителността на процеса към химичния състав на грунта и поровия разтвор предопределя и качествено различния тип поведение на масива при промяна на състава на йонно-обменния комплекс, дори и с елементи, които сами по себе си не се определят като вредни (например замяна на двувалентни катйони на Ca^{2+} и Mg^{2+} с едновалентни K^+ , Na^+ , H^+ или насищане на масива с Al^{3+} и Fe^{3+} , спомагащи изоморфните замествания в кристалните решетки на глинестите минерали. Източници на подобно "замърсяване" могат да бъдат киселинни валежи, отпадни води и твърди промишлени отпадъци, продукти и др. Този въпрос е особено актуален и неговото детайлно изучаване все още предстои. За това на първия етап на решаване на проблема, мониторингът на процеса може да даде необходимите данни за регионална зависимост между "замърсители" и очакваните неблагоприятни процеси на набъбване

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 разклинващо 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.

Наличието на общи форми на проява върху терена и върху засегнатите съоръжения в резултат на обемното непостоянство, свпачищата и пропадане над подземни кухини и минни изработки (неравномерни или ориентирани пукнатини, сходен характер на предизвиканите повреди и разрушения в сгради и съоръжения, сходна динамика на развитие на процесите) често не дават възможност за диферинциране на основния природен или техногенен фактор на процеса. В тази връзка детайлното проучване на засегнатия район и мониторинга на основните фактори за неблагоприятните процеси и явления ще позволи съставянето на по-достоверна база данни за оценка на геодинамичния хазарт и риск.

Особено типичен пример в това отношение 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.

Във връзка с изложеното по-горе могат да се формулират и основните практически задачи на оценката на хазарта и риска от процесите на набъбване:

- ✓ Контрол на въздействието на процеса върху сгради и съоръжения (включително повреди върху пътни настилки и насипи).
- ✓ Контрол върху изменението на сезонния влажностен режим в масива като основен фактор за набъбването и отклоненията от него, свързани с изкуственото (техногенно) оводняване и строителство.
- ✓ Контрол върху измененията на химичния състав на поровия разтвор и йонно-обменния комплекс на грунта ("замърсявания"), предизвикващи интензифициране или забавяне на процеса.

Оценка на рисковите категории

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 свпачища и/или движение на масива над минни изработки.

Основният метод на изследване на този етап е инженерногеоложката рекогносцировка и картиране.

Оценка на достатъчността и достоверността на информацията

Въпреки недостатъчната по обем и комплексност информация за процесите на набъбване и техните фактори за отделни райони на страната, наличната архивна и литературна информация трябва да бъде оценена спрямо елементите и параметрите на набъбването като инженерногеоложки процес, представени в табл. 27.

Оценка на геодинамичния хазарт

За оценка на геодинамичния хазарт е необходимо да се оцени геодинамичната интензивност M на процеса. За тази цел се предлага скалата на за описание на разрушителния ефект от набъбването върху сгради и съоръжения, дадена в табл. 28.

Предвид спецификата на процесите на набъбване и свиване, преди започване на работа по оценка на хазарта е необходимо да бъде определен произхода на наблюдаваните на терена, описаните в табл. 28. геодинамични прояви и в модела да влязат само тези, които се отнасят към набъбването.

Тъй като оценките за 4° ÷ 7° на интензивност са пряко свързани с конструктивните особености на инженерните съоръжения (вид и дълбочина на фундаментите, коравина на конструкцията, натоварване върху земната основа, водновалежностен режим в зависимост от предназначението и др.) е необходимо оценката на интензивността, а от там и съставянето на модела на хазарта да бъде по типове строителство, като за преобладаващите случаи може да се използва класификацията по тип на сградите, дадени в Еврокод 7, която до голяма степен отчита посочените по-горе специфики в конструкциите и предназначението на съоръженията.

Оценка на уязвимостта на съоръженията

Уязвимостта на съоръженията от набъбване се оценява на базата на приетите в страната критерии за граничнодопустимите деформации на повдигане на фундаментите при набъбване (напр. съгласно НФПП-91 г.) по типове конструкции и фундаменти, а именно:

- ✓ за максимално и средно повдигане на фундаментите;
- ✓ за относително огъване на стените.

Посочените гранично-допустими стойности определят праг на уязвимост на съоръженията, съответстващ на 4° и по-висока степен на интензивност на набъбването на земната основа. От тук нататък, връзката между интензивността по табл. 28 и количествената харак-

теристика на пораженията трябва да става на базата на индивидуален анализ или експертна оценка в тясно съдействие със строителен инженер.

Таблица 27. Основни елементи и параметри на инженерногеоложките условия и фактори за характеризирани на хазарта от набъбването на строителните почви.

Елементи	Параметри
Геоложки модел на масива	Литоложки състав на набъбващите почви, начин на залягане, дебелина
Водновлажностен режим на масива	Дебелина на неводонаситената зона и степен на водонасищане, всмукващ потенциал, зони на повърхностно и дълбочинно подхранване на масива, скорост на преместване на фронта на умокряне, сезонни колебания на влагата, химичен състав на подземните води.
Състав, физични и механични свойства на набъбващите разновидности	Минерален състав и обменен комплекс, физични и механични свойства, основни параметри на набъбване, връзка между деформация и сила на набъбване, динамика на набъбването във времето и при циклично водонащане, съсъхване, влияние на набъбването върху якостните и деформационни свойства на строителните почви.
Поведение на реалния масив под товара на сгради и съоръжения	Установяване на дълбочината на влияние на външни товари, характер и динамика на набъбването под фундаменти и екраниращи покрития, съответствие на установените показатели на набъбване и реалното поведение на масива.

Оценка на геодинамичния риск

Тъй като процесите на набъбване са привързани по геоложки принцип към определени територии, то независимо от различната интензивност на локалните им прояви, опасността следва да се оценява за целия, потенциално застрашен район, диференцирано по типове сгради и съоръжения.

При оценка на геодинамичния риск за проектни сгради и съоръжения се сравняването на стойността на необходимия комплекс допълнителни проучвания и изследвания с опасността за съоръженията и/или с допълнителните разходи по проект за осигуряването им срещу разрушителното влияние на набъбването. За съществуващи сгради и съоръжения рискът се

определя спрямо разходите по отстраняване на повреди предизвикани от процеси на набъбване, незасягащи функционалността на съоръжението.

Таблица 28. Геодинамична скала за оценка на интензивността на процесите на набъбване.

Геодинам. на интензивността, М	Установено геодинамично явление	Ефект върху инженерните съоръжения
1°	Поява или наличие на системи пукнатини на съсъхване с малка дълбочина (до 0.2÷0.3m).	Обемното непостоянство засяга зона над обичайната дълбочина на фундиране от 0.5m.
2°	Наличие на пукнатини с дълбочина над 0.5÷1.0m и възможност за проникване на повърхностни води в тях.	Липса на деформации върху инженерните съоръжения.
3°	Набъбване с малка интензивност и сила на набъбване, предизвикано от повърхностно екраниране и промяна във влажностен режим.	Деформиране и напукване на сгради, улични платна и комуникационни съоръжения.
4°	Набъбване с близка или по-голяма от натоварването сила на набъбване на единични сгради и съоръжения.	Повреди, отстраними без конструктивни мероприятия.
5°	Набъбване с близка или по-голяма от натоварването сила на набъбване на единични сгради и съоръжения.	Повреди, изискващи конструктивни мероприятия.
6°	Набъбване, засягащо групи сгради и съоръжения със значителни диференциални премествания на основите.	Разрушения, водещи до необитаемост.
7°	Набъбване, засягащо цели квартали със значителни диференциални премествания на основите.	Невъзвратими повреди и разрушения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В предложената методика за оценка на геоложкия риск са взети предвид характерните опасни геоложки процеси за територията на нашата страна. Категоризацията и подробното описание на тези процеси е дадена в последната глава три, след като са изяснени терминологията и препоръчваната последователност в изследването, анализа и картографирането на процесите.

Методиката за оценка на геоложкия риск следва логиката на разделяне на предмета на този проект в три основни части.

В първата част се изясняват категориите и термините, използвани от международната инженерногеоложка общност, при определяне на основните понятия - уязвимост, опасност и риск. Допълнителни понятия като податливост, вероятност, елементи в риск и др. също са разгледани и уточнени. Дадена е рамката за анализа, оценката и управлението на риска. Посочени и предложени са основните насоки и е изяснена безусловната значимост на районирането по геоложки риск.

Във втората част са дадени, коментирани и представени всички методични проблеми, свързани с качествената и количествената оценка на геоложката опасност и риск. Оценена е наличната нормативна база, действаща в нашата страна. Дадени са подборът на вида и степента на оценка на геодинамичните рискови категории. Уточнени са критериите при избор на методите за изследвания и картирания на опасните процеси в различни мащаби, според поставените цели и нуждите при различни нива на изисквания. Още веднъж са дадени коментари за термините уязвимост, опасност и риск като тук е акцентирано на съставянето на картите, свързани в тази последователност на понятията. Посочени са основните въпроси, изникващи при прилагането на методите за райониране по геоложка опасност и риск, при приложения за нуждите на териториално планиране. Изяснени са методите за верификация, организацията на мониторинга на опасните геоложки явления и са дадени насоките за тяхната превенция. Уточнена е необходимата подготовка и квалификация на кадрите, занимаващи се с районирането, картирането и оценката на опасността и риска.

В третата част са категоризирани най-опасните геоложки процеси и явления за територията на България. Всеки процес е подробно разгледан в съответната подточка.

Изследвана, анализирана и обобщена е литературата от международно естество, свързана с методическите проблеми. Целта е да се уеднакви и използва единна структура на утвърдени понятия, дефиниции и термини, които се използват не само в Европа, но и в целия свят. Предложената методика дава една добра основа, върху която да последват районираня и картирания за нуждите на нашата държава от различно естество на задания и мащаби на изпълнения.