

ТЕХНИКА НА БЕЗОПАСНОСТ ПРИ УКРЕПВАНЕ НА СВЛАЧИЩА

Гл. ас. инж. Мариана Александрова Цекова

Варненски свободен университет „Черноризец Храбър“ – филиал Смолян

Резюме: *Укрепването на свлачища е свързано с изпълнение на строително-монтажни работи в условия на повишен риск, обусловен от нестабилността на терена, възможността за вторични свличания и неблагоприятните инженерно-геоложки условия. В статията са анализирани основните геоложки, технически и организационни рискове, възникващи при изпълнение на укрепителни мероприятия. Разгледани са принципите за оценка на риска, инженерно-геоложките проучвания, мониторингът, системите за ранно предупреждение, организационните мерки и използването на лични предпазни средства. Предложен е интегриран подход за управление на безопасността, основан на взаимодействието между инженерните решения, техническия контрол и организацията на строителния процес. Представеният подход може да бъде прилаган при планирането и изпълнението на укрепителни дейности с цел намаляване на риска от аварии и трудови злополуки.*

Ключови думи: *свлачища; укрепване на свлачища; безопасност на труда; управление на риска; инженерно-геоложки проучвания; мониторинг на свлачища; строително-монтажни работи; системи за ранно предупреждение.*

SAFETY TECHNIQUES IN LANDSLIDE REINFORCEMENT

Chief Asst. Eng. Mariana Aleksandrova Tsekova

Varna Free University "Chernorizets Hrabar" – Smolyan Branch

Abstract: Landslide stabilization involves construction activities performed under high-risk conditions due to slope instability, the potential for secondary landslides, and unfavorable engineering-geological conditions. This paper analyzes the main geological, technical, and organizational risks associated with landslide stabilization works. The principles of risk assessment, engineering-geological investigations, monitoring, early warning systems, organizational safety measures, and the use of personal protective equipment are discussed. An integrated approach to safety management is proposed, based on the interaction between

engineering solutions, technical control, and the organization of the construction process. The proposed approach can be applied in the planning and execution of landslide stabilization works to reduce the risk of accidents and occupational injuries.

Keywords: landslides; landslide stabilization; occupational safety; risk management; engineering-geological investigations; landslide monitoring; construction works; early warning systems.

1. Въведение

Свладищните процеси представляват едни от най-сложните и опасни инженерно-геоложки явления. Те оказват пряко въздействие върху устойчивостта на сгради, пътища, инженерна инфраструктура и съоръжения, като в редица случаи създават реална опасност за живота и здравето на хората. Активирането на свлачища може да бъде предизвикано от различни фактори — интензивни валежи, повишаване нивото на подпочвените води, ерозионни процеси, динамични въздействия, неправилно отводняване или човешка намеса в естественото равновесие на склона.

Укрепването на свлачища е специфична строително-инженерна дейност, която се извършва при условия на повишена несигурност. За разлика от обичайните строително-монтажни работи, тук работната площадка често се намира върху нестабилен или частично активен терен. Това създава опасност от вторични свличания, локални срутвания, пропадане на строителна механизация, падане на земни и скални маси, както и възникване на аварийни ситуации по време на изпълнение на укрепителните мероприятия.

Особено значение имат динамичните въздействия, вибрациите от строителната техника и промените във водния режим на почвения масив. Тези фактори могат да доведат до допълнително намаляване на устойчивостта на склона и до ускоряване на свлачищните процеси. Влиянието на динамичните въздействия върху развитието на свлачищни процеси е разгледано в предходни изследвания [14], което подчертава необходимостта от постоянен контрол върху състоянието на терена по време на укрепителните работи.

Безопасността при укрепване на свлачища не може да се разглежда само като спазване на отделни правила или използване на лични предпазни средства. Тя следва да се възприема като комплексна система, включваща предварително инженерно-геоложко проучване, оценка на риска, планиране на строителния процес, технически мониторинг, обучение на персонала, контрол на достъпа до опасните зони и готовност за действие при аварийни ситуации. Подобен интегриран подход към инженерната безопасност в строителния сектор е разгледан и в [10].

Въпреки наличието на нормативни изисквания за безопасност и здраве при работа, укрепването на свлачища изисква допълнителна конкретизация на мерките, тъй като рисковете са динамични и зависят от състоянието на терена, атмосферните условия, използваната механизация и етапа на строителните дейности. Поради това е необходимо мерките за безопасност да се актуализират непрекъснато в зависимост от развитието на свлачищния процес и резултатите от мониторинга.

Целта на настоящата статия е да бъдат систематизирани основните рискови фактори при укрепване на свлачища и да се предложи комплексен подход за осигуряване на безопасността при изпълнение на укрепителни мероприятия. Акцентът е поставен върху връзката между инженерно-геоложките условия, техническите мерки за контрол, организацията на строителния процес и защитата на работещите на обекта.

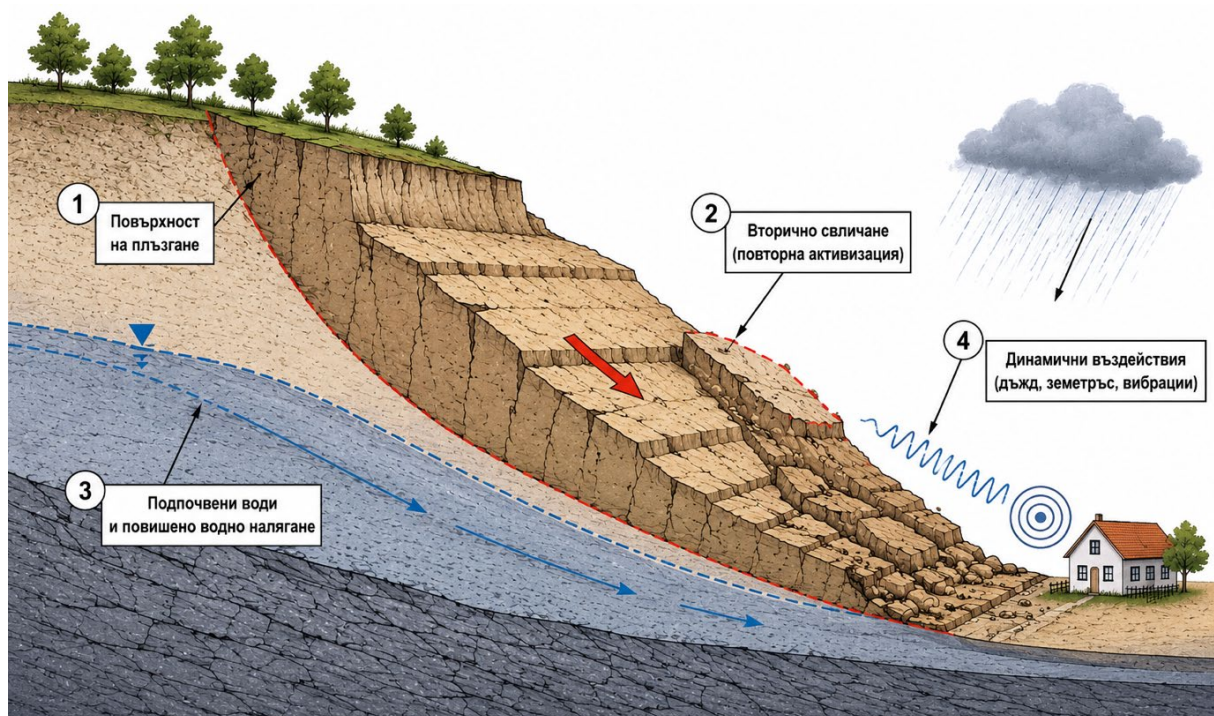
2. Основни опасности при укрепване на свлачища

2.1. Геоложки рискове

Геоложките рискове представляват основната група опасности при укрепване на свлачища, тъй като произтичат от естествените процеси в земния масив и често не могат да бъдат напълно предотвратени. За разлика от технологичните рискове, свързани със строителната техника или организацията на работа, геоложките фактори могат да се изменят внезапно под въздействието на външни и вътрешни природни процеси. Поради това предварителното инженерно-геоложко проучване и непрекъснатият мониторинг на състоянието на склона са основни предпоставки за безопасното изпълнение на укрепителните дейности.

Един от най-сериозните рискове е **повторното активиране на свлачищния процес (фиг.1)**. След първоначалното свличане земният масив остава в нарушено равновесие, като дори незначителни изменения в натоварването, водния режим или динамичните въздействия могат да предизвикат ново движение на земните маси.

Вторичните свличания често се развиват без ясно изразени външни признаци и представляват непосредствена опасност както за работещите, така и за строителната механизация.



Фиг.1 Основни геоложки опасности при укрепване на свлачища

Особено съществено влияние върху устойчивостта на склоновете оказват **подпочвените води**. Повишаването на поровото водно налягане води до намаляване на ефективните напрежения в почвата, понижаване на нейната сръзваща якост и увеличаване на вероятността от загуба на устойчивост. Освен това проникването на вода в почвения масив благоприятства ерозионните процеси и ускорява развитието на деформации. Изследванията върху влиянието на подпочвените води върху якостно-деформационните характеристики на свързаните строителни почви показват, че измененията във водния режим могат съществено да намалят устойчивостта на склоновете и да създадат предпоставки за активиране на свлачищни процеси [13].

Друг важен фактор са **динамичните въздействия**, възникващи както под влияние на природни явления, така и вследствие на строителните дейности. Вибрациите, породени от движението на тежка механизация, сондажни работи, уплътняване на почвата или други динамични натоварвания, могат да доведат до преразпределение на напреженията в земния масив и да ускорят развитието на съществуващи деформации. В

предходни изследвания е установено, че динамичните въздействия оказват съществено влияние върху активността на свлачищните процеси и следва да бъдат задължително отчитани при планирането и изпълнението на укрепителните мероприятия [14].

Анализът на геоложките рискове показва, че безопасността при укрепване на свлачища зависи не само от правилния избор на конструктивното решение, но и от своевременното разпознаване на факторите, които могат да доведат до повторна загуба на устойчивост на земния масив. Поради това инженерно-геоложките наблюдения и оценката на риска трябва да продължат през целия период на строителството, като резултатите от мониторинга се използват за своевременно актуализиране на организационните и техническите мерки за безопасност.

2.2. Рискове при строително-монтажните работи

Освен геоложките опасности, при укрепването на свлачища възникват и редица рискове, свързани с изпълнението на строително-монтажните работи. Те се определят от използваните технологии, строителната механизация, особеностите на работната площадка и условията на околната среда. В практиката именно съчетаването на геоложките фактори с технологичните рискове е една от основните причини за възникване на трудови злополуки.

Един от най-често срещаните рискове е свързан с **изкопните работи**. При изпълнение на дренажни системи, анкери, пилоти и подпорни конструкции често се извършват дълбоки изкопи, при които съществува опасност от срутване на откосите, затрупване на работещите и пропадане на строителната техника. Вероятността за подобни инциденти нараства при наличие на подпочвени води, недостатъчно укрепване на изкопите или неправилно складиране на земни маси и строителни материали в близост до ръба на откоса.

Особено внимание следва да се отделя на **работата с тежка строителна механизация**. Багерите, булдозерите, сондажните машини, автокрановете и другото специализирано оборудване работят върху терени с ограничена носимоспособност, което създава риск от пропадане, преобръщане или загуба на устойчивост на машините. Освен това движението на тежката механизация предизвиква динамични натоварвания и вибрации, които могат допълнително да повлияят върху стабилността на свлачищния склон. Общите принципи за безопасна експлоатация на техническото оборудване са

приложими и при строителните дейности, извършвани в сложни инженерно-геоложки условия. Практическият опит от експлоатацията на технически системи и съдове, работещи при високо налягане и температура, показва значението на предварителната оценка на риска, постоянния технически контрол и стриктното спазване на организационните мерки за безопасност. Независимо от различната област на приложение, тези изследвания потвърждават необходимостта от редовни технически прегледи, диагностика и превантивна поддръжка на оборудването като основни елементи за предотвратяване на аварии [7, 8].

При укрепване на стръмни склонове, скални откоси и високи подпорни съоръжения често се налага **работа на височина**. Монтажът на анкери, укрепителни мрежи, торкретбетон и други конструктивни елементи увеличава риска от падане на работещите, както и от падане на инструменти и материали върху намиращите се в подножието на склона работници. Поради това използването на колективни и лични предпазни средства трябва да бъде съчетано с предварително планиране на технологичната последователност и ясно определяне на опасните зони.

Върху безопасността на строително-монтажните работи съществено влияние оказват и **атмосферните условия**. Интензивните валежи увеличават водонасищането на почвата и създават предпоставки за повторно активиране на свлачищните процеси, а силният вятър, ниските температури, мъглата и ограничената видимост затрудняват работата на персонала и строителната механизация. При неблагоприятни метеорологични условия рискът от аварии и трудови злополуки нараства значително, поради което е необходимо строителните дейности да бъдат съобразени с актуалната прогноза и резултатите от мониторинга на терена.

Анализът на рисковете при строително-монтажните работи показва, че безопасността не зависи единствено от техническото състояние на машините или квалификацията на персонала. Необходим е интегриран подход, който обединява инженерното планиране, техническия контрол, организацията на строителния процес и непрекъснатото управление на риска. Подобна концепция за инженерна безопасност в строителния сектор е представена и в [9], [10], където се подчертава необходимостта техническите и организационните мерки да се разглеждат като взаимосвързани елементи на единна система за управление на безопасността.

3. Оценка на риска и организация на безопасността

3.1. Предварително инженерно-геоложко проучване

Предварителното инженерно-геоложко проучване е основен етап при планирането на укрепителните мероприятия и представлява основата за оценка на риска при изпълнение на строително-монтажните работи. Неговата основна цел е да осигури достоверна информация за геоложкия строеж, инженерно-геоложките характеристики на почвите и скалите, хидрогеоложките условия и факторите, влияещи върху устойчивостта на свлачищния склон. Значението на характеристиките на земната основа и условията на терена при планирането на инженерни решения се проявява и при усвояването на подземното урбанизирано пространство [17].

Чрез инженерно-геоложките проучвания се определят видът и физико-механичните характеристики на земните пластове, положението на повърхността на плъзгане, нивото и режимът на подпочвените води, както и наличието на пукнатини, ерозионни процеси и други признаци за активност на свлачището. Получените резултати позволяват да се оцени вероятността от повторно активиране на свлачищния процес и да се избере най-подходящият метод за укрепване.

Особено внимание следва да се обърне на оценката на влиянието на подпочвените води върху устойчивостта на земния масив. Повишаването на поровото налягане може значително да намали якостните характеристики на почвата и да доведе до развитие на нови деформации по време на строителството. Поради това данните от хидрогеоложките проучвания са определящи както при избора на укрепителни мероприятия, така и при планирането на необходимите мерки за безопасност.

Резултатите от инженерно-геоложкото проучване служат като основа за изготвяне на оценката на професионалния риск, разработването на Плана за безопасност и здраве, определянето на опасните и безопасните зони, избора на строителна механизация и организацията на технологичната последователност на строителните дейности. По този начин инженерно-геоложкото проучване не е само проектантска дейност, а основен инструмент за предотвратяване на аварии и трудови злополуки по време на укрепването на свлачища.

Тъй като инженерно-геоложките условия могат да се изменят в процеса на работа, първоначалното проучване следва да бъде допълвано с текущи наблюдения и резултатите от мониторинга на терена. Това позволява своевременно откриване на

неблагоприятни изменения в състоянието на склона и предприемане на необходимите технически и организационни мерки за гарантиране безопасността на работещите.

3.2. План за безопасност и здраве

Планът за безопасност и здраве (ПБЗ) е основният организационен документ, чрез който се планират и координират мерките за предотвратяване на трудови злополуки и професионални рискове по време на строително-монтажните работи [1], [2]. При укрепване на свлачища неговото значение е още по-голямо поради непрекъснато променящите се инженерно-геоложки условия и високата степен на неопределеност на работната среда (фиг.2). При планирането на безопасността следва да се отчита взаимната зависимост между конструктивните решения, условията на средата и експлоатационните изисквания към обекта [16].

Разработването на Плана за безопасност и здраве се основава на резултатите от инженерно-геоложките проучвания, оценката на риска и приетата технология за изпълнение на укрепителните мероприятия. В него се определят организацията на строителния процес, последователността на отделните дейности, отговорностите на участниците, безопасните маршрути за придвижване, зоните с ограничен достъп, както и действията при възникване на аварийни ситуации.

Особено внимание следва да се отделя на рисковете, които могат да възникнат вследствие на промени в състоянието на свлачищния склон по време на строителството. Поради това Планът за безопасност и здраве не трябва да се разглежда като статичен документ, изготвен единствено преди започване на строителните дейности. При промяна на инженерно-геоложките условия, технологията на изпълнение или организацията на работа е необходимо планът своевременно да бъде актуализиран, така че предвидените мерки да съответстват на реалната обстановка на строителната площадка.



Фиг. 2 Последователност при управлението на безопасността при укрепване на свлачища

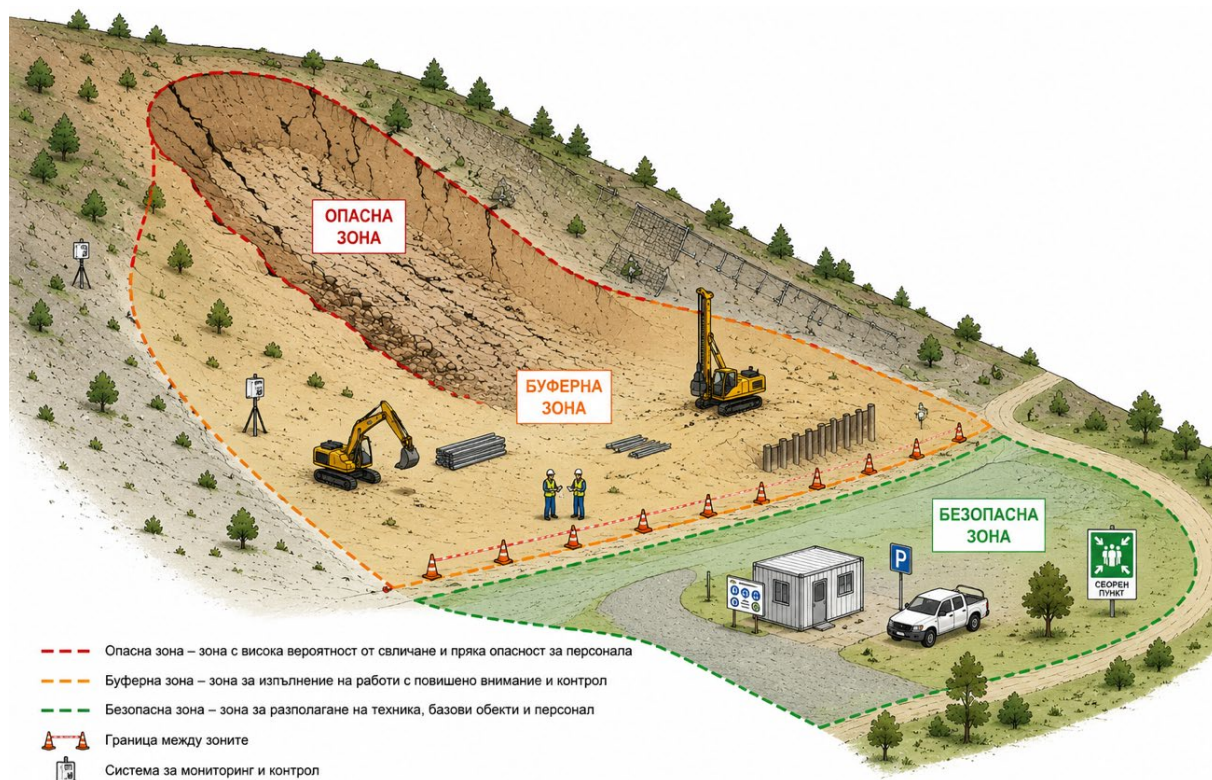
Ефективността на Плана за безопасност и здраве зависи не само от неговото съдържание, но и от практическото му прилагане. Това изисква постоянен контрол върху изпълнението на предвидените мерки, координация между всички участници в строителния процес и своевременно предприемане на коригиращи действия при установяване на нови рискови фактори.

Следователно Планът за безопасност и здраве изпълнява ролята на основен инструмент за управление на риска при укрепване на свлачища, като обединява техническите, организационните и превантивните мерки в единна система, насочена към осигуряване на безопасни условия на труд през целия период на изпълнение на укрепителните дейности.

3.3. Определяне на безопасна зона

Определянето на безопасна зона е една от основните организационни мерки за ограничаване на риска при укрепване на свлачища. Нейната цел е да осигури безопасно разполагане на работниците, строителната механизация и спомагателното оборудване извън зоните, в които съществува опасност от свличане на земни маси, падащи скални късове или възникване на други аварийни ситуации. Размерите и конфигурацията на безопасната зона не могат да бъдат предварително фиксирани, тъй като зависят от инженерно-геоложките характеристики на терена, активността на свлачищния процес, използваната технология за укрепване и конкретните условия на строителната площадка (фиг.3).

Определянето на безопасната зона се извършва въз основа на резултатите от инженерно-геоложките проучвания, оценката на риска и анализа на възможните сценарии за развитие на свлачищния процес. При определяне на нейните граници следва да се отчитат потенциалният обхват на вторичните свличания, работният радиус на строителната механизация, възможността за падане на земни и скални маси, както и



маршрутите за безопасно придвижване на персонала и строителната техника.

Фиг. 3 Опасна, буферна и безопасна зона

Практиката показва, че освен непосредствената опасна зона е целесъобразно да се предвиди и **буферна зона**, която осигурява допълнителен резерв за безопасност при непредвидени изменения в геоложката обстановка. Размерът на тази зона се определя в зависимост от характера на свлачището, очакваните деформации на терена и спецификата на изпълняваните строително-монтажни работи. Буферната зона позволява своевременно извеждане на персонала и техниката при възникване на признаци за активизиране на свлачищния процес.

Съществен елемент от организацията на безопасността е **контролът на достъпа** до опасните участъци. Достъпът следва да бъде разрешен единствено на лица, пряко ангажирани с изпълнението на строителните дейности, като опасните зони трябва ясно да бъдат обозначени с предупредителни знаци, защитни ограждения и подходяща сигнализация. При необходимост се въвежда пропускателен режим, който позволява постоянен контрол върху движението на хора и техника в района на строителната площадка.

Тъй като инженерно-геоложките условия могат да се изменят по време на изпълнение на укрепителните работи, безопасната зона следва периодически да се преоценява въз основа на резултатите от мониторинга и текущите инженерно-геоложки наблюдения. При установяване на нови пукнатини, увеличаване на деформациите, промяна в нивото на подпочвените води или други признаци за намаляване устойчивостта на склона границите на опасната и безопасната зона трябва своевременно да бъдат актуализирани. По този начин безопасната зона се превръща в динамичен инструмент за управление на риска, а не в еднократно определена територия около строителния обект.

4. Технически мерки за безопасност

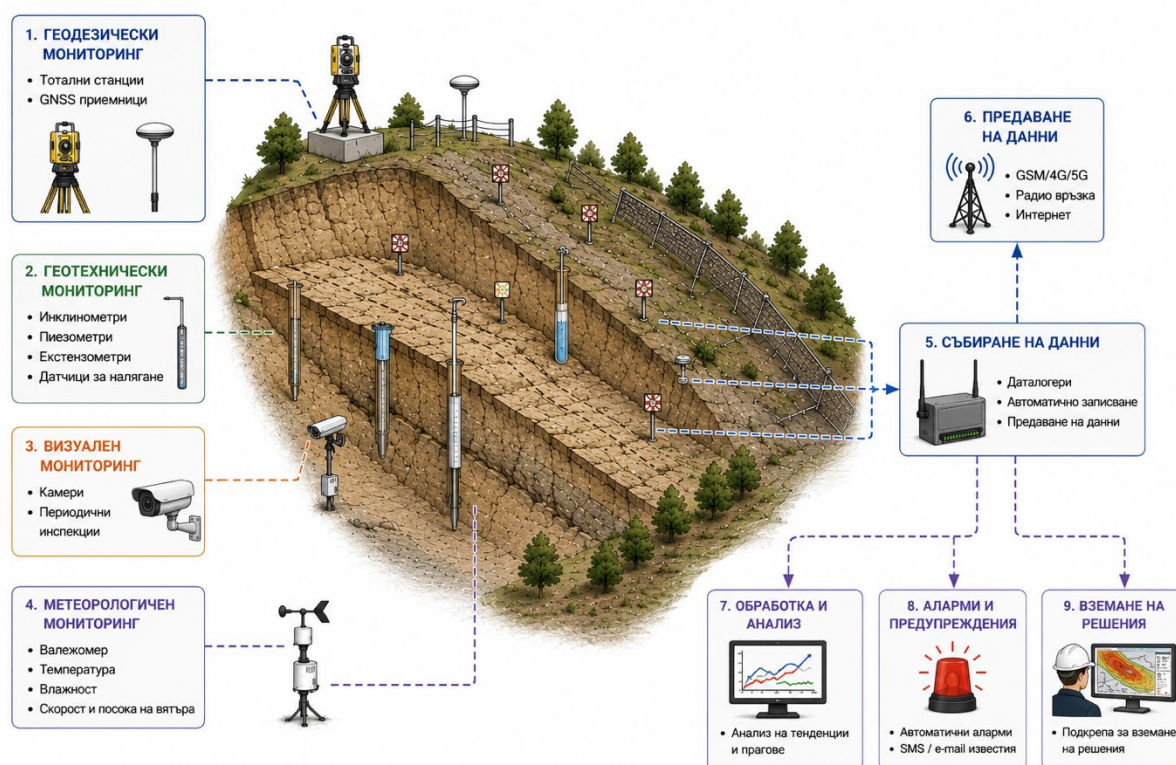
4.1. Мониторинг на свлачището

Мониторингът на свлачището представлява основен технически инструмент за управление на риска по време на изпълнение на укрепителните мероприятия. Неговата основна задача е своевременното откриване на промени в инженерно-геоложките условия, които могат да доведат до намаляване устойчивостта на земния масив и до възникване на аварийни ситуации. За разлика от предварителното инженерно-геолошко проучване, което характеризира състоянието на терена към определен момент,

мониторингът осигурява непрекъсната информация за поведението на свлачището през целия период на строителството (фиг. 4).

В практиката се прилага комплексен мониторинг, който обединява геодезически, геотехнически, визуални и метеорологични наблюдения.

Геодезическият мониторинг позволява да се проследяват хоризонталните и вертикалните премествания на земния масив чрез изградена система от репери и контролни точки. Измерванията се извършват с високоточни геодезически инструменти и дават възможност за ранно установяване на деформации, които не могат да бъдат открити при визуални наблюдения. Получените резултати се използват за оценка на скоростта и характера на развитието на свлачищния процес.



Фиг.4 Система за мониторинг на свлачища

Геотехническият мониторинг има за цел да наблюдава измененията във вътрешното състояние на земния масив. За тази цел се използват пиезометри, инклинометри, тензометрични датчици и други измервателни средства, чрез които се проследяват нивото на подпочвените води, поровото налягане, напреженията и деформациите в почвата. Особено важно значение има контролът върху водния режим, тъй като повишаването на поровото налягане води до намаляване на якостните

характеристики на почвата и увеличава вероятността от активиране на свлачищните процеси. Влиянието на подпочвените води върху якостно-деформационните свойства на свързаните строителни почви е подробно анализирано в [13], което потвърждава необходимостта от непрекъснато наблюдение на хидрогеоложките условия.

Визуалният мониторинг допълва инструменталните измервания чрез редовни инженерни огледи на строителната площадка. При тях се наблюдават появата на нови пукнатини, изменения в релефа, локални слягания, наклоняване на дървета и инженерни съоръжения, както и състоянието на изпълнените укрепителни конструкции. Макар да не предоставя количествени данни, визуалният контрол позволява бързо откриване на признаци за промяна в устойчивостта на склона.

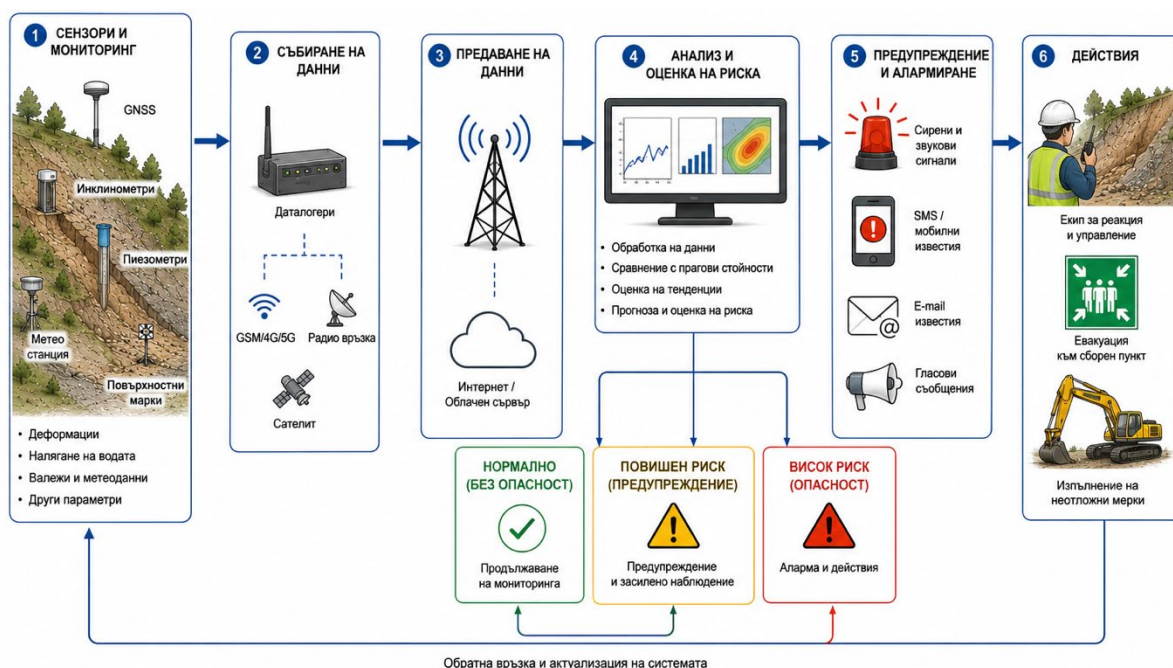
Метеорологичният мониторинг е неразделна част от системата за наблюдение, тъй като атмосферните условия оказват пряко влияние върху активността на свлачищата. Продължителните валежи, снеготопенето, резките температурни промени и силният вятър могат да изменят водния режим на почвата и да ускорят развитието на деформациите. Поради това информацията от метеорологичните наблюдения трябва да се анализира съвместно с резултатите от геодезическия и геотехническият мониторинг.

Ефективният мониторинг изисква всички събрани данни да бъдат систематично обработвани и анализирани. При установяване на отклонения от проектните стойности или признаци за активизиране на свлачищния процес следва незабавно да се предприемат организационни и технически мерки, включително ограничаване на достъпа до опасните участъци, преустановяване на строителните работи и актуализиране на Плана за безопасност и здраве. По този начин мониторингът се превръща в основен елемент от системата за управление на безопасността при укрепване на свлачища.

4.2. Системи за ранно предупреждение

Системите за ранно предупреждение представляват важен елемент от съвременните технологии за управление на риска при укрепване на свлачища. Основната им задача е своевременното откриване на признаци за активизиране на свлачищния процес и осигуряването на достатъчно време за предприемане на превантивни мерки, включително преустановяване на строителните дейности и евакуация на персонала (фиг.5).

Функционирането на системите за ранно предупреждение се основава на непрекъснато събиране, обработване и анализ на информация от различни източници. Данните могат да постъпват от геодезически и геотехнически измервания, датчици за нивото на подпочвените води, инклинометри, пиезометри, както и от автоматични метеорологични станции, отчитащи количеството на валежите, температурата и други климатични параметри. Обединяването на тази информация позволява своевременно установяване на тенденции, които могат да доведат до намаляване на устойчивостта на склона.



Фиг.5 Система за ранно предупреждение при укрепване на свлачища.

При превишаване на предварително определени гранични стойности системата генерира предупредителен сигнал, който може да бъде подаден чрез звукова и светлинна сигнализация, радиовръзка, мобилни комуникации или автоматизирани системи за известяване. Това дава възможност за своевременно ограничаване на достъпа до опасните участъци, извеждане на персонала и преустановяване работата на строителната механизация до извършване на допълнителна оценка на състоянието на терена.

Ефективността на системите за ранно предупреждение зависи не само от използваните технически средства, но и от тяхната интеграция с мониторинга на

свладището, Плана за безопасност и здраве и аварийния план на строителния обект. Поради това всички предупредителни сигнали трябва да бъдат свързани с предварително разработени процедури за действие, които ясно определят отговорностите на участниците в строителния процес и последователността на предприеманите мерки.

Прилагането на системи за ранно предупреждение значително намалява вероятността от възникване на тежки аварии и трудови злополуки, като осигурява възможност за своевременно реагиране при промяна на инженерно-геоложките условия. В съчетание с непрекъснатия мониторинг те представляват основен елемент от съвременната система за управление на безопасността при укрепване на свлачища.

4.3. Предварително укрепване

При свлачища с висока степен на активност или при наличие на непосредствен риск от вторично свличане често се налага изпълнението на предварителни укрепителни мероприятия преди започване на основните строително-монтажни работи. Основната цел на тези мероприятия е временното повишаване на устойчивостта на земния масив и създаването на безопасни условия за работа на персонала и строителната механизация.

Изборът на подходящите предварителни укрепителни мерки се извършва въз основа на инженерно-геоложките проучвания, резултатите от оценката на риска и данните от мониторинга на свлачището. В зависимост от конкретните условия могат да се прилагат временни подпорни конструкции, укрепване на откоси, дренажни мероприятия за понижаване нивото на подпочвените води, временни анкери, укрепителни мрежи или други технически решения, ограничаващи възможността за развитие на свлачищния процес по време на строителството.

Предварителното укрепване не следва да се разглежда като окончателно решение на инженерния проблем, а като превантивна мярка за намаляване на риска до започване или по време на изпълнението на основните укрепителни дейности. Прилагането му позволява ограничаване на вероятността от локални срутвания, осигурява по-голяма стабилност на работната площадка и създава по-безопасни условия за изпълнение на последващите строителни операции.

Ефективността на предварителното укрепване трябва да се контролира чрез непрекъснат мониторинг на състоянието на терена. При установяване на нови деформации, промени във водния режим или други признаци за намаляване устойчивостта на склона е необходимо предприемането на допълнителни технически и организационни мерки, както и актуализиране на технологията за изпълнение на укрепителните работи.

5. Организационни мерки за безопасност

5.1. Обучение и инструктаж

Ефективното управление на безопасността при укрепване на свлачища изисква не само прилагането на технически средства и организационни мерки, но и висока степен на подготовка на персонала. Работата в условия на нестабилен терен, използването на специализирана строителна механизация и възможността за внезапна промяна на инженерно-геоложките условия поставят високи изисквания към професионалната квалификация и безопасното поведение на всички участници в строителния процес.

Преди започване на строително-монтажните работи всеки работещ следва да премине съответните видове инструктаж и обучение, съобразени с конкретните дейности, които ще изпълнява. Особено внимание трябва да се отделя на разпознаването на признаците за активизиране на свлачищните процеси, правилното използване на строителната механизация, безопасното придвижване в района на обекта, действията при възникване на аварийна ситуация и правилното използване на личните предпазни средства.

Обучението не следва да се ограничава само до първоначалния инструктаж. При промяна на технологията на изпълнение, въвеждане на ново оборудване, изменение на инженерно-геоложките условия или възникване на нови рискови фактори е необходимо провеждането на допълнителни инструктажи и периодично опресняване на знанията на персонала. По този начин се поддържа високо ниво на готовност за безопасно изпълнение на строителните дейности през целия период на работа.

Практическият опит показва, че човешкият фактор е сред основните причини за възникване на трудови злополуки. Недостатъчната подготовка, неспазването на установените правила и подценяването на опасностите могат да компрометират дори добре разработените технически решения. Поради това обучението и инструктажът

следва да се разглеждат като непрекъснат процес, насочен към изграждане на устойчива култура на безопасност.

Предходни изследвания, свързани с безопасността на труда в производствени процеси и строителния сектор, подчертават значението на системното обучение, правилната организация на труда и постоянния контрол върху изпълнението на изискванията за безопасност като основни фактори за намаляване на професионалния риск [9,10]. Същите принципи намират пряко приложение и при укрепването на свлачища, където успешното управление на риска зависи от съчетаването на техническите решения с добре подготвен и информиран персонал.

5.2. Лични предпазни средства

Личните предпазни средства (ЛПС) представляват неразделна част от системата за управление на безопасността при укрепване на свлачища. Тяхното предназначение е да осигурят индивидуална защита на работещите срещу остатъчните рискове, които не могат да бъдат напълно отстранени чрез инженерни и организационни мерки. Поради това използването на ЛПС не следва да се разглежда като самостоятелно средство за предотвратяване на трудови злополуки, а като последен елемент от цялостната система за защита на персонала.

Изборът на лични предпазни средства трябва да се извършва въз основа на оценката на професионалния риск и да съответства на характера на изпълняваните дейности [4], [5], [6]. При укрепване на свлачища задължително се използват защитни каски, обувки със защитно бомбе и противоплъзгаща подметка, работно облекло с висока видимост, защитни ръкавици и предпазни очила. При работа в условия на повишено запрашаване или наличие на вредни аерозоли се прилагат подходящи средства за защита на дихателните органи, а при работа с шумна строителна техника – средства за защита на слуха.

Особено внимание следва да се отделя на дейностите, извършвани по стръмни склонове и на височина. В тези случаи използването на предпазни колани, осигурителни въжета и други средства срещу падане е задължително и трябва да бъде съобразено с конкретните условия на работа и използваните технологии.

Ефективността на личните предпазни средства зависи не само от техния правилен избор, но и от тяхното техническо състояние, правилна експлоатация и редовен

контрол. Повредени, неправилно регулирани или неподходящо използвани ЛПС могат значително да намалят степента на защита и да създадат допълнителен риск за работещите. Поради това работодателят следва да осигурява периодични проверки, своевременна подмяна и обучение на персонала за правилното използване на предоставените средства.

Изследванията върху използването на лични предпазни средства в строителния сектор показват, че правилният подбор, системният контрол и обучението на персонала оказват съществено влияние върху намаляването на професионалния риск и честотата на трудовите злополуки [11]. Това потвърждава, че личните предпазни средства трябва да бъдат разглеждани като неизменна част от комплексната система за безопасност при укрепване на свлачища, а не като самостоятелна превантивна мярка.

5.3. Безопасност при работа с машини

Строителната механизация е основен елемент при изпълнението на укрепителните мероприятия, но същевременно представлява един от основните източници на риск за работещите. Специфичните инженерно-геоложки условия при свлачищата, ограничената носимоспособност на терена и възможността за внезапни промени в устойчивостта на склона налагат прилагането на специални мерки за безопасна експлоатация на строителните машини и съоръжения.

Преди започване на работа следва да се извърши оценка на състоянието на работната площадка, като се провери носимоспособността на терена, наличието на опасни участъци, възможността за безопасно придвижване на механизацията и разполагането на машините извън зоните с повишен риск от свличане. Особено внимание трябва да се отделя на работата в близост до ръбове на откоси, изкопи и участъци с установени деформации, където съществува опасност от пропадане или преобръщане на машините.

Безопасната експлоатация на строителната механизация изисква използването само на технически изправно оборудване, преминало необходимите проверки и технически прегледи [3]. Преди започване на работа следва да се проверяват спирачните системи, ходовата част, хидравличните механизми, устройствата за управление и предпазните системи на машините. Редовният технически контрол е основна предпоставка за предотвратяване на аварии и трудови злополуки, особено при

работа в сложни инженерно-геоложки условия. Значението на безопасната експлоатация на техническите системи и оборудването е разгледано в предходни изследвания [7,8].

Не по-малко значение има квалификацията на операторите и спазването на установените технологични процедури. Управлението на тежка строителна механизация следва да се извършва само от правоспособни лица, преминали необходимото обучение и инструктаж. При извършване на сложни или рискови операции е необходимо осигуряването на постоянна връзка между операторите, техническите ръководители и останалите участници в строителния процес.

Организацията на работа трябва да предвижда ясно определени маршрути за движение на машините, безопасни места за престой, ограничаване на достъпа на неупълномощени лица и непрекъснат контрол върху изпълняваните операции. При промяна на инженерно-геоложките условия, влошаване на метеорологичната обстановка или установяване на признаци за активизиране на свлачищния процес работата на механизацията следва незабавно да бъде преустановена до извършване на нова оценка на риска.

Съвременният подход към инженерната безопасност разглежда безопасната експлоатация на строителната механизация като съвкупност от технически, организационни и управленски мерки, които действат едновременно. Този системен подход е представен и в изследванията върху инженерната безопасност в строителния сектор [10] и намира пряко приложение при укрепването на свлачища, където надеждната работа на машините е съществен фактор за безопасното изпълнение на строителните дейности.

5.4. Аварийна готовност и спасителни дейности

Независимо от прилагането на технически и организационни мерки за безопасност, при укрепване на свлачища съществува вероятност от възникване на аварийни ситуации, породени от внезапно активизиране на свлачищния процес, срутване на земни маси, отказ на строителна техника или неблагоприятни атмосферни условия. Поради това аварийната готовност следва да бъде неразделна част от организацията на строителния процес.

За всеки строителен обект е необходимо предварително разработване на план за действие при аварийни ситуации, в който ясно да бъдат определени отговорностите на участниците, редът за подаване на сигнал, маршрутите за евакуация, сборните пунктове, начините за комуникация и взаимодействието с аварийните и спасителните служби. Планът следва периодично да се актуализира в зависимост от промените в инженерно-геоложките условия и напредъка на строителните работи.

Особено значение има своевременното разпознаване на признаците за активизиране на свлачищния процес. При установяване на нови пукнатини, ускорени деформации, промени във водния режим или други признаци за намаляване на устойчивостта на склона строителните дейности трябва незабавно да бъдат преустановени, а работещите – организирано изведени извън опасната зона. Едновременно с това следва да се извърши оценка на обстановката и да се предприемат необходимите мерки за ограничаване на риска.

При провеждане на спасителни дейности безопасността на спасителните екипи е от първостепенно значение. Навлизането в район с нестабилен терен без предварителна оценка на риска може да доведе до възникване на вторични инциденти и да застраши живота както на пострадалите, така и на спасителите. Поради това спасителните действия трябва да се извършват само след оценка на устойчивостта на терена, при осигурени средства за комуникация, подходящо оборудване и постоянен контрол върху развитието на свлачищния процес.

Изследванията върху безопасността на спасителните екипи при работа в рискова среда подчертават необходимостта от специализирана подготовка, добра координация между участниците и стриктно спазване на предварително разработените аварийни процедури [12]. Тези принципи са напълно приложими и при укрепването на свлачища, където успешното овладяване на аварийни ситуации зависи както от техническата подготовка, така и от ефективната организация на спасителните дейности.

Следователно аварийната готовност не следва да се разглежда като последна мярка след настъпване на инцидент, а като предварително планиран елемент от цялостната система за управление на безопасността. Само чрез съчетаване на постоянен мониторинг, ясни процедури за действие, редовни практически обучения и координация между всички участници може да се осигури своевременна и безопасна реакция при възникване на аварийни ситуации.

6. Интегрирана система за безопасност при укрепване на свлачища

Извършеният анализ показва, че безопасността при укрепване на свлачища се определя от съвместното действие на природни, технически и организационни фактори. За разлика от повечето строително-монтажни дейности, при които опасностите произтичат основно от използваната техника и технология, при свлачищата съществува постоянен риск, свързан с промяната на инженерно-геоложките условия. Това налага безопасността да се разглежда като динамичен процес, при който оценката на риска се актуализира непрекъснато в зависимост от състоянието на терена.

Сред разгледаните опасности най-критични са вторичните свличания, измененията във водния режим на почвения масив и динамичните въздействия, които могат да доведат до внезапна загуба на устойчивост на склона. Тези фактори не могат да бъдат напълно контролирани чрез организационни мерки и изискват непрекъснат инженерно-геоложки мониторинг, своевременно анализиране на получените данни и готовност за бързо адаптиране на технологията на изпълнение.

Изследванията на автора, свързани с влиянието на подпочвените води върху якостно-деформационните свойства на строителните почви и с динамиката на свлачищните процеси, показват, че измененията в хидрогеоложките условия и динамичните натоварвания могат съществено да намалят устойчивостта на земния масив [13,14]. Поради това техническите решения за укрепване трябва да бъдат съпроводени от ефективна система за наблюдение и своевременно реагиране при установяване на неблагоприятни изменения.

Резултатите от анализа показват също, че техническите мерки сами по себе си не са достатъчни за гарантиране на безопасността. Дори при използване на съвременна строителна механизация, автоматизирани системи за мониторинг и средства за ранно предупреждение, рискът не може да бъде сведен до приемливо ниво без добра организация на строителния процес, адекватно обучение на персонала и стриктно спазване на установените процедури. Подобен системен подход към инженерната безопасност е разгледан и в предходни изследвания [7,9,10].

Особено значение има взаимодействието между инженерните решения, мониторинга и организационните мерки. Инженерно-геоложките проучвания осигуряват информация за първоначалното състояние на терена, мониторингът

проследява неговото поведение по време на строителството, а организационните мерки определят начина, по който получената информация се използва за управление на риска. Само при ефективна координация между тези елементи може да се осигури своевременно предотвратяване на аварийни ситуации. Необходимостта инженерните решения да се разглеждат комплексно и във връзка с въздействията на околната среда се потвърждава и при разработването на стратегии за ограничаване на неблагоприятните топлинни въздействия в градска среда [15].

Практическият опит, натрупан в изследванията на автора в областта на промишлената безопасност, безопасността в строителството, използването на лични предпазни средства и организацията на спасителните дейности [7, 8, 9, 10, 11, 12], потвърждава, че най-добри резултати се постигат чрез комплексен подход. В този подход инженерните решения, техническите средства, организационните мерки и подготовката на персонала се разглеждат като взаимосвързани елементи на единна система за управление на безопасността.

Следователно безопасността при укрепване на свлачища не следва да се възприема като съвкупност от отделни превантивни мерки, а като непрекъснат процес на идентифициране, оценяване и управление на риска. Именно интегрираният подход осигурява възможност за ограничаване на трудовите злополуки, повишаване надеждността на строителните дейности и създаване на безопасна работна среда при изпълнение на укрепителните мероприятия.

7. Заключение

Укрепването на свлачища представлява една от най-сложните и високорискови дейности в строителната практика, тъй като се извършва в условия на променяща се инженерно-геоложка обстановка и съществува реална опасност от повторно активиране на свлачищните процеси. Това налага безопасността да се разглежда като непрекъснат процес на идентифициране, оценяване и управление на риска, а не като съвкупност от отделни технически или организационни мерки.

Извършеният анализ показва, че надеждното осигуряване на безопасни условия на труд е възможно единствено при комплексно прилагане на инженерно-геоложки проучвания, оценка на риска, технически мониторинг, системи за ранно предупреждение, предварително укрепване, ефективна организация на строителния

процес, обучение на персонала и използване на подходящи лични предпазни средства. Всеки от тези елементи има самостоятелно значение, но тяхната ефективност се проявява в най-голяма степен при функционирането им като единна система за управление на безопасността.

Особено значение имат непрекъснатият мониторинг на свлачището и своевременното отчитане на измененията в инженерно-геоложките условия. Информацията, получена чрез геодезически, геотехнически, визуални и метеорологични наблюдения, позволява навременно предприемане на технически и организационни мерки за предотвратяване на аварийни ситуации и ограничаване на риска за работещите.

Представеният в статията интегриран подход обединява инженерните, техническите и организационните аспекти на безопасността при укрепване на свлачища и може да бъде използван като методическа основа при разработването на планове за безопасност и здраве, оценката на професионалния риск и организацията на строително-монтажните работи при обекти, изпълнявани в сложни инженерно-геоложки условия.

Получените резултати потвърждават, че ефективното управление на риска при укрепване на свлачища изисква системен инженерен подход, основан на взаимодействието между техническите решения, непрекъснатия мониторинг и добрата организация на строителния процес. Прилагането на подобен подход създава предпоставки за повишаване безопасността на труда, намаляване на вероятността от аварии и осигуряване на по-надеждно изпълнение на укрепителните мероприятия.

ЛИТЕРАТУРА:

- 1.Закон за здравословни и безопасни условия на труд (ЗЗБУТ);
- 2.Наредба № 2 от 22.03.2004 г. за минималните изисквания за здравословни и безопасни условия на труд при извършване на строителни и монтажни работи;
- 3.Наредба № 7 от 23.09.1999 г. за минималните изисквания за безопасност и здраве при работа при използване на работното оборудване;

4. Наредба № 3 от 19 април 2001 г. за минималните изисквания за безопасност и здраве при работа при използване на лични предпазни средства;

5. Регламент (ЕС) 2016/425 на Европейския парламент и на Съвета от 9 март 2016 година относно личните предпазни средства и за отмяна на Директива 89/686/ЕИО на Съвета. ОВ L 81, 31.03.2016, с. 51–98.

6. Кодекс на труда, чл. 284 – Специално работно облекло и лични предпазни средства.

7. Тризлова Н.Д., А.Киров, Особенности на техниката на безопасност на станция "Калцинация" на Solvey - SODI - гр.Девня при производство на калцинирана сода, Научен алманах на ВСУ "Ч.Храбър", серия Архитектура и строителство, 2010, Варна, ISSN 1311-9222 (кн.4);

8. Киров А., Н.Д. Тризлова, Проблеми при обезпечаване безопасни условия на труд при експлоатация на системи и съдове, работещи при високо налягане и температура, Научен алманах на ВСУ "Ч.Храбър", серия Архитектура и строителство, 2010, Варна, ISSN 1311-9222 (кн.4);

9. Мустафа Йоздоган, Нели Тризлова, Изследване техниката на безопасност на труда в производството на пластмасови изделия чрез шприцоване, VII Международна научна конференция "АРХИТЕКТУРА, СТРОИТЕЛСТВО – СЪВРЕМЕННОСТ", 2015 г., Варна, България; ISSN 2367-7252;

10. Ali Cinar, Neli Trizlova, Safety engineering in the construction sector, VII international scientific conference, "ARCHITECTURE, CIVIL ENGINEERING – MODERNITY", 2015, Varna, Bulgaria, ISSN 2367-7252;

11. Ozdemir D., Demir M., Hocaoglu I.H., Turgut O., Panicharov G., Kirov A., Georgieva A., Trizlova N., Chakar A., Study on asbestos dismantling and personal protective equipment usage in construction sector, , VII international scientific conference "ARCHITECTURE, CIVIL ENGINEERING – MODERNITY", 2017, Varna, Bulgaria, ISSN 2367-7252;

12. Osman Turgut, Neli Trizlova, Safety at the work of rescue crews in GSM base stations, International conf. of civil engineering, IX, Варна, 2016, ISBN 978-954-92866-7-0;

13.Пейчев. В., Д.Димитров, А.Киров, Н.Триглова, Влияние на подземните води върху якостно – деформационните свойства на свързани строителни почви, V-та международна научна конференция Архитектура, строителство – съвременност, 2011, Варна, ISSN1314-3816;

14.Паничаров Г., Н.Триглова, Динамика на свлачищни процеси при динамични въздействия, 6-та международна научно – приложна конференция: „Архитектура, строителство – съвременност”, ВСУ „Ч.Храбър”, Варна, 2013, ISSN: 1314-3816;

15. Ениманев И. Стратегии за смекчаване влиянието на топлинните въздействия в градска среда. Съвременният свят – постижения, рискове, иновации, Сборник с доклади от международна научна конференция, Русе, 23–25 април 2024, т. 2, с. 428–438, 2024.

16. Ениманев И., Физически начала на енергоефективно индустриално строителство. Сборник доклади, Академия за иновации и развитие – АИР, с. 206–218, ISBN 978-619-91298-9-0.

17. Ениманев И., Ениманев К. Формиране на подземно урбанизирано пространство в Русенски регион. Международна научна конференция „Проектиране и строителство на сгради и съоръжения“, 15–17 септември 2016 г., Варна, България, с. 528–532.