

УДК 625.7

О.М.Тимченко

**Харківський національний автомобільно-дорожній університет
МОНІТОРИНГ ТА ПРОГНОЗ РУЙНУВАННЯ СХИЛІВ АВТОМОБІЛЬНОЇ ДОРОГИ
СІМФЕРОПОЛЬ-ЯЛТА-СЕВАСТОПОЛЬ**

В роботі наведено структуру оцінки ураженості зсувами автомобільної дороги Сімферополь-Ялта-Севастополь на основі даних моніторингу та визначення узагальненого показника ураженості зсувними процесами.

Ключові слова: моніторинг зсувного схилу, узагальнений показник ураженості, зсувний процес.

Рис 2. Табл 2.Літ 14

О.Н.Тимченко

**МОНІТОРИНГ И ПРОГНОЗ РАЗРУШЕНИЯ СКЛОНОВ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ
СИМФЕРОПОЛЬ-ЯЛТА-СЕВАСТОПОЛЬ**

В работе приведена структура оценки пораженности оползневыми процессами автомобильной дороги Симферополь-Ялта-Севастополь на основе данных мониторинга и определения обобщенного показателя пораженности оползневыми процессами.

Ключевые слова: мониторинг оползневого склона, обобщенный показатель пораженности, оползневой процесс.

O.Tymchenko

**MONITORING AND FAILURE FORECAST OF SLOPES OF SIMFEROPOL-YALTA-
SEVASTOPOL HIGHWAY**

Release of landslides is considered on the highway of Simferopol–Yalta–Sevastopol. In the article the structure of landslide damage estimation on Simferopol–Yalta–Sevastopol highway is resulted on the basis of test data of monitoring and definition of an overall index of damage by landslide processes. By this index the degree of stability of landslide dangerous area is grounded and experimental areas are taken to the characteristic types of landslide deformations and basic protective measures are defined.

Keywords: monitoring of landslide slope, overall index of damage, landslide process.

Постановка проблеми. На території України зафіксовано понад 20 тис. зсувів і їх кількість постійно зростає. Активізація зсувів у багатьох регіонах має руйнівний, а іноді катастрофічний характер. Тільки за останні роки від зсувів постраждали гірські райони Закарпатської області, численні об'єкти в Автономній Республіці Крим, будівлі в м.м. Дніпропетровську, Дніпродзержинську, Чернівцях, Луганську та багатьох інших населених пунктах. Це створює постійну загрозу виникненню надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру, а також небезпеку для здоров'я та життя людей.

Кримський півострів характеризується складними геоморфологічними умовами, що характерні для гірських територій. В даному регіоні виникає постійна загроза виникнення нових та активізації існуючих екзогенних геологічних процесів. Особливе місце серед них займають зсуви. На сьогодні їх кількість близько 1600, з яких більше 450 вважаються активними [1]. Значної шкоди зсуви завдають автомобільним дорогам, спричиняючи деформації земляного полотна, а в деяких випадках і повну руйнацію проїзної частини.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Як зазначають дослідники [2-9], незважаючи на певні досягнення у розумінні механізмів зсувів різних типів та за наявності можливості проведення розрахунків за допомогою чисельних моделей, передбачення початку катастрофічного швидкого руху та відповідного поширення (викиду) зсувних мас і досі видається надзвичайно важким. Тобто відповідь на основне питання, коли та з якими параметрами відбудеться руйнування схилу й чи буде воно мати катастрофічні наслідки, залежить від багатьох факторів, які можна отримати на основі досвіду, використання аналогів у зсувонебезпечних місцях зі схожими умовами, аналізу результатів моніторингу. Жодний із цих підходів не є безпомилковим, і тому часто вони використовуються всі разом [10].

Вивченням зсувних зміщень в гірських регіонах України займалося багато авторів, серед них можна виділити Білеуша А.І., Ємельянову Є.П., Герасимчука В.О., Круцика М.Д., Єриша І.Ф.,

Саломатіна В.М., Казарновського В.Д., Коробанову І.Г., Рудька Г.І та ін. Також багато організацій проводили вишукування на зсувних ділянках вздовж автомобільних доріг.

Методика оцінювання механізму, прогнозу розміру (довжини виносу) та швидкості руху зсуву ґрунтується на феноменологічному підході до визначення типології зсувів, який розроблено у працях М.М. Маслова, К. Терцагі, О. Енгра (O. Hungt) та інших [10-12].

Об'єктом дослідження є автомобільна дорога Сімферополь-Ялта-Севастополь. Транспортне й господарське значення даної автомобільної дороги надзвичайно велике, але функціонування може значно знижуватися через розповсюдження сучасних екзогенних процесів, а саме зсувів [6]. Обумовлено це складними геоморфологічними та інженерно-геологічними умовами, що є характерними для району досліджень.

Службою автомобільних доріг в Автономній республіці Крим розроблена Програма інженерного захисту автомобільних доріг із залученням науково-дослідних проектних інститутів і застосуванням сучасних будівельних матеріалів і новітніх технологій, визначені першочергові заходи щодо ремонту аварійних ділянок автомобільних доріг. Проте кожен зсув має свої особливості і вимагає індивідуального підходу. На даний час не існують точні моделі порушення стійкості схилів і достовірні початкові дані для оцінювання зсувів. В зв'язку з цим виникає необхідність розробки методів визначення коефіцієнтів ураженості ділянок автомобільних доріг зсувними процесами, а також моніторинг їх небезпеки.

Таким чином, метою дослідження є визначення узагальненого показника ураженості ділянок автомобільних доріг зсувними процесами і віднесення даних ділянок до характерних типів руйнування порід на схилах поблизу автомобільних доріг, для яких визначені основні особливості оцінки стійкості та запропоновані захисні заходи.

Основні результати дослідження. В рамках дослідження було проведено моніторинг автомобільної дороги Сімферополь-Ялта-Севастополь для визначення коефіцієнтів ураженості ділянок автомобільної дороги зсувними процесами. Для цього було потрібно проведення ретельних і систематичних спостережень за зміщенням мережі зсувних точок, що встановлені на поверхні зсувів і отримання векторів зміщення. Точки, за якими велись спостереження, закріплювались у вигляді постійних знаків - реперів (рис. 1), що встановлювались через 50 м в зоні спостережень.



Рис. 1. Загальний вид ґрунтового репера

В межах автомобільної дороги Сімферополь-Ялта-Севастополь визначається нерівномірна ураженість зсувними процесами [13], що дозволило виділити різні ділянки по цих величинах і визначити структуру оцінки ураженості зсувами ділянок автомобільної дороги (рис. 2).

На першому рівні структури виділяються основні ділянки автомобільної дороги Сімферополь-Ялта-Севастополь, що схильні до зсувних процесів. На другому рівні структури визначаються критерії, що характеризують зсуви: довжина (Д); ширина (Ш); потужність (П); середня крутизна схилу (СКС); активність (А). На третьому рівні структури визначається узагальнений коефіцієнт ураженості K_z зсувними процесами ділянок автомобільних доріг, що визначається за розробленою залежністю [14]:

- для території Криму:

$$K_{\zeta} = 0,55 + 0,85 \cdot K_S \cdot \lg m, \quad (1)$$

де K_I – коефіцієнт лінійної ураженості ділянки зсувними процесами, що визначається за залежністю:

$$K_I = \frac{L_{\text{зсув}}}{L_{\text{д}}}, \quad (2)$$

де $L_{\text{зсув}}$ – довжина ділянки, що уражена зсувними процесами, м;

$L_{\text{д}}$ – загальна довжина досліджуваної ділянки, м.

K_S – коефіцієнт площинної ураженості ділянки зсувними процесами, що визначається за залежністю:

$$K_S = \frac{S_{\text{зсув}}}{S_{\text{д}}}, \quad (3)$$

де $S_{\text{зсув}}$ – площа ділянки, що уражена зсувними процесами, м²;

$S_{\text{д}}$ – загальна площа досліджуваної ділянки, м².

Коефіцієнт зволоженості території m залежить від висоти місцевості над рівнем моря H_m і визначається за залежністю:

- для території Криму:

$$m = 0,58 + 0,0017\tilde{H} / H_1. \quad (4)$$

На четвертому рівні структури за допомогою узагальненого показника ураженості обґрунтовано ступінь стійкості зсувонебезпечної ділянки та віднесено експериментальні ділянки до характерних типів зсувних деформацій, для яких визначено основні захисні заходи.

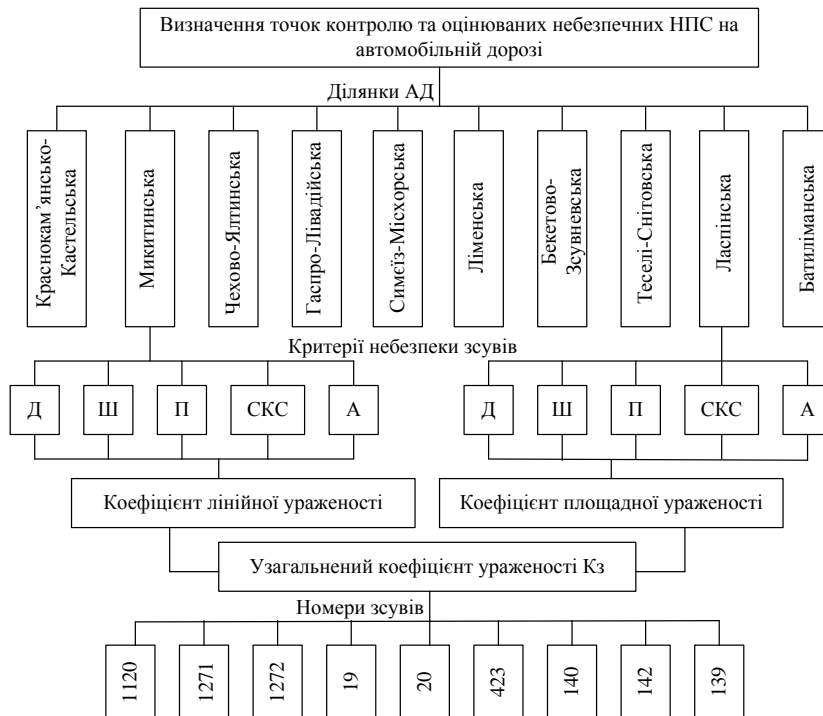


Рис. 2. Структура оцінки ураженості зсувами ділянок автомобільної дороги Сімферополь-Ялта-Севастополь

У таблиці 1 наведено розрахункові значення коефіцієнтів лінійної, площинної та узагальної ураженості зсувними процесами ділянок автомобільної дороги Сімферополь-Ялта-Севастополь, що були одержані за допомогою геодезичних методів спостереження за зміщенням зсуву. Для цього використовували осьові методи для визначення зміщення точки по відношенню до заданої лінії, а саме метод відстаней. Цей метод полягає в систематичному вимірюванні відстаней між нерухомими опорними знаками та рухомими (зсувними) точками. Вимірювання проводились сталевую рейкою завдовжки 20 м та лазерним нівеліром.

Таблиця 1.

Розрахункові значення коефіцієнтів лінійної, площинної та узагальної ураженості зсувними процесами автомобільної дороги Сімферополь-Ялта-Севастополь

№ п/п	Назва ділянок	Висота над рівнем моря, Н, м	Коефіцієнт лінійної ураженості, K_l	Коефіцієнт площинної ураженості, K_s	Коефіцієнт зволоженості території, m	Розрахункова вологість, %	Узагальнений коефіцієнт ураженості ділянки, K_3
1	Краснокам'янсько-Кастельська, км 704	400	0,31	0,1	1,26	66	0,58
2	Микитинська, км 708	450	0,24	0,2	1,345	68	0,60
3	Чехово-Ялтинська, км 724	450	0,44	0,3	1,345	68	0,70
4	Гаспро-Лівадійська, км 2	450	0,04	0,5	1,345	68	0,57
5	Симеїз-Місхорська, км 14	450	0,35	0,2	1,345	68	0,63
6	Ліменська, км 22	500	0,47	0,04	1,345	70	0,56
7	Бекетово-Зсувневська, км 30	630	0,50	0,6	1,651	76	0,97
8	Теселі-Снітовська, км 32	600	0,42	0,7	1,6	74	0,95
9	Ласпінська, км 47	550	0,22	0,1	1,515	72	0,58
10	Батиліманська, км 53	450	0,15	0,06	1,345	68	0,56

Згідно з отриманими результатами найбільше значення узагального коефіцієнту ураженості ділянок має Бекетово-Зсувневська ділянка.

Тому більш детально було розглянуто ділянку дороги – Бекетово-Зсувневська, а також параметри та характеристики зсувів, що знаходяться на цій ділянці (табл. 2) для визначення чисельних діапазонів узагального показника ураженості зсувними процесами для кожного виду зсувних деформацій.

Таблиця 2.

Параметри та характеристики зсувів Бекетово-Зсувневської автомобільної дороги Н-19 Ялта-Севастополь

Номер зсуву	Найменування зсуву, причини і рік утворення, місцеположення відносно дороги	Довжина (Д), ширина (Ш), потужність (П), середня крутизна схилу (СКС)	Активність зсувів (А), рік спостереження – лінійна K_l / площинна K_s , ураженість		Узагальнений коефіцієнт ураженості ділянки, K_3
1	2	3	4		5
1120	«Зсувнево-дорожній». Виник: III – 1982 р. Перші ознаки з	80 70	90 – 0,2/0 91 – 0,86/0,1	02 – 0,49/0,35 03 – 0,5/0,4	0,95

Продовження таблиці 2.

1	2	3	4	5	6
	весни 1967 р. Виїмка проводилась вибуховим способом із 1966-1967 рр.	4-5 25°	92 – 0,55/0,45 93 – 0,62/0,5 94 – 0,5/0,6 95 – 0,5/0,3 96 – 0,55/0,45 97 – 0,6/0,5 98 – 0,6/0,5 99 – 0,35/0,55 00 – 0,49/0,35 01 – 0,5/0,62	04 – 0,62/0,4 05 – 0,6/0,5 06 – 0,4/0,55 07 – 0,43/0,5 08 – 0 09 – 0 10 – 0 11 – 0 12 – 0	
1271	«Західно-Кикенеїзський-3» у 350 м на південь від с. Обвальне, на 108 км Сімферополь-Севастополь. 2000 р. Виник у 1997 р. Ознаки з 1995 р. Підсічка при будівництві дороги Ялта-Севастополь 1966-1967 рр.	150 50 10-15 14°	06 – 0,1/0,15 07 – 0,03/0,05 08 – 0,05/0,1 09 – 0 10 – 0 11 – 0 12 – 0		0,86
1272	«Західно-Кикенеїзський-4» у 500 м на південь від с. Обвальне, на 108 км а/д. 2000 р. Виник у 1997 р. Ознаки з 1985 р. Пригрузка відвалами ґрунту при будівництві автомобільної дороги	150 50 5-8 18°	05 – 0,5/0,45 06 – 0,62/0,5 07 – 0,5/0,5 08 – 0,52/0,46 09 – 0,55/0,45	10 – 0,62/0,4 11 – 0,43/0,5 12 – 0	0,81

19	«Кикенізьський» Ялтинський р-н, сел. Оползневе 1962-1978 рр. Абразія, пере-зволоження.	300 240 18-19 13°	91 – 0,5/0,2 92 – 0,5/0,2 93 – 0,35/0,22 94 – 0,37/0,25 95 – 0,6/0,29 96 – 0,35/0,25 97 – 0,5/0,2 98 – 0,37/0,25 99 – 0,35/0,25 00 – 0,35/0,22 01 – 0,37/0,25 02 – 0,93/0,1	03 – 0,96/0,05 04 – 0,5/0,2 05 – 0,35/0,22 06 – 0,35/0,25 07 – 0,35/0,25 08 – 0,93/0,1 09 – 0,93/0,1 10 – 0,35/0,25 11, 12 – 0,93/0,1	0,86
20	«Східно-Кикенізьський». Ерозія, перезволоження, підсічка схилу при будівництві дороги 1966 р.	582 235 10-13 24°	91 – 0,21/0,3 92 – 0/0 93 – 0,25/0,15 94 – 0,2/0,3 95 – 0,3/0,2 96 – 0,5/0,2 97 – 0,3/0,2 98 – 0,25/0,15 99 – 0,05/0,2 00 – 0,2/0,3 01 – 0,93/0,1	02 – 0/0 03 – 0,2/0,3 04 – 0,35/0,25 05 – 0,96/0,05 06 – 0,32/0,24 07 – 0/0 08 – 0,93/0,1 09 – 0,25/0,2 10 – 0,25/0,2 11 – 0,4/0,3 12 – 0,96/0,05	0,68

Продовження таблиці 2.

1	2	3	4	5	6
423	«Понізовка-дорожній». Пригрузка перезволоженого поверхневими водами схилу насипом при будівництві дороги. 1966 р.	180 50 5-6 20°	90 – 0,3/0,5 91 – 0,5/0,3 92 – 0,49/0,28 93 – 0,2/0,1 94 – 0,5/0,3 95 – 0,49/0,28 96 – 0,52/0,32 97 – 0,6/0,29 98 – 0,49/0,28 99 – 0,52/0,32 00 – 0,45/0,35 01 – 0,43/0,29	02 – 0,46/0,32 03 – 0,59/0,22 04 – 0,29/0,48 05 – 0,5/0,3 06 – 0,6/0,29 07 – 0,5/0,3 08 – 0/0 09 – 0,49/0,26 10 – 0,49/0,26 11 – 0,45/0,35 12 – 0,5/0,3	0,63
140/ 141	«Кацивелі VI» Ялтинський р-н, сел. Кацивелі, в 1,4 км від гирла яру. 1962-1978 рр. Ерозія, пригрузка схилу насипом і перезволоження ґрунтів основи насипу. 1962 р.	30 36 3-4 20°	90 – 0,17/0,20 91 – 0,01/0,1 92 – 0,1/0,2 93 – 0,1/0,05 94 – 0,3/0,1 95 – 0,5/0,2 96 – 0/0 97 – 0,04/0,01 98 – 0/0 99 – 0,2/0,1 00 – 0,1/0,1	01-02 – 0/0 03 – 0,6/0,5 04 – 0,5/0,3 05 – 0,2/0,1 06 – 0,05/0,02 07,08 – 0/0 09,10 – 0,05/0,02 11 – 0,05/0,02 12 – 0,03/0,01	0,76

142	«Кацивелі VII» Ялтинський р-н, сел. Каци-велі, в 1,4 км від гирла яру. 1962-1978 рр. Ерозія, пригрузка схилу напівнасіпом. 1962 р.	80	90–0,3/0,5	02 – 0,48/0,29	0,59
		100	91 – 0/0	03 – 0,59/0,22	
		3-4	92 – 0,5/0,3	04 – 0,48/0,29	
		16°	93 – 0,49/0,28	05 – 0,5/0,3	
			94–0/0	06 – 0,6/0,29	
			95 – 0/0	07 – 0,5/0,3	
			96 – 0/0	08 – 0,52/0,32	
			97 – 0,52/0,32	09 – 0,49/0,26	
			98 – 0,6/0,29	10 – 0,49/0,26	
			99 – 0/0	11 – 0,45/0,35	
			00 – 0/0	12 – 0,5/0,3	
				01 – 0,45/0,35	
139	«Кацивелі IV» Ялтинський р-н, сел. Кацивелі, в 1,3 км від гирла яру, лівий схил. 1962-1978 рр.	200	90 – 0,5/0,3	04 – 0,5/0,3	0,71
		60	91 – 0,4/0,3	05 – 0,5/0,3	
		8-10	92 – 0/0	06-10 – 0/0	
		19°	93-02–стб.	11 – 0/0	
			03 – 0,4/0,3	12 – 0/0	

Висновок. Для автомобільної дороги Сімферополь-Ялта-Севастополь запропоновано структуру оцінки ураженості зсувами ділянок автомобільних доріг, проведено моніторинг небезпеки зсувів та визначено узагальнений показник ураженості зсувними процесами. За допомогою даного показника обґрунтовано ступінь стійкості зсувонебезпечної ділянки та віднесено експериментальні ділянки до характерних типів зсувних деформацій та визначено основні захисні заходи.

1. Інформаційний щорічник щодо активізації небезпечних екзогенних геологічних процесів на території України за даними моніторингу ЕГП. Вип. IV. 2007.
2. Билеуш А.И. Оползни и противооползневые мероприятия / А.И. Билеуш. – К.: Наукова думка, 2009. – 560 с.
3. Емельянова Е.П. Основные закономерности оползневых процессов / Е.П. Емельянова. – М.: Недра, 1972. – 310 с.
4. Герасимчук В.О. Гірські автомобільні дороги України // Захист гірських автомобільних доріг України від небезпечних гідрометеорологічних процесів і явищ. – Коломия: Вік, 1998. – 352 с.
5. Круцик М.Д. Захист гірських автомобільних доріг від зсувів (на прикладах гірських регіонів України) / Круцик М.Д., Грицюк Л.В., Грицюк О.Л.; під ред. М.Д. Круцика. – Коломия: Друкарня ім. Шухевича, 2003. – 425 с.
6. Ерыш И.Ф. Вопросы локального прогноза и литомониторинга на примере типичных оползней Крыма / И.Ф. Ерыш, Э.В. Кулиш // Геотехническое изучение и исследование недр: сб. ЗАО «Геоинформмарк». – М., 2001. – Вып. 6. – С. 41-51.
7. Саломатин В.Н. Методы исследования режима оползней / В.Н. Саломатин, И.Ф. Ерыш. – М., 1980. – 49 с.
8. Казарновский В.Д. Защита горных дорог от опасных геологических процессов / Казарновский В.Д., Каримов Б.Б., Мурадов Х.Я.; под ред. В.Д. Казарновского. – К.: Логос, 1998. – 250 с.
9. Рудько Г.И. Оползни и другие геодинамические процессы горноскладчатых областей Украины (Крым, Карпаты): [монография] / Г.И. Рудько, И.Ф. Ерыш. – К.: Задруга, 2006. – 624 с.
10. Hungr O. Estimating landslide motion mechanism? Travel distance and velocity / O. Hungr // SOA Paper. – 2007. -№4. – P. 30.
11. Маслов Н.Н. Условия устойчивости склонов и откосов в гидроэнергетическом строительстве / Н.Н. Маслов. – М.- Л.: Госэнергоиздат, 1955. – 468 с.
12. Terzaghi K. Mechanism of landslides / K. Terzaghi // Application of Geology to Engineering Practice (Berkey Volume). – New York: Geol. Soc. Amer., 1950. – P. 83-123.
13. Ерыш И.Ф. Оползни Крыма: ч.1., ч.2 / И.Ф. Ерыш, В.Н. Саломатин. – Симферополь: Апостроф, 1999. - 246 с.
14. Угненко С.Б. Моніторинг та структура оцінки ураженості зсувами ділянок автомобільних доріг у гірській місцевості / Угненко С.Б., Тимченко О.М. // Автошляховик України. – К., 2012. – №2. – С. 43-46

Стаття надійшла до редакції 09.04.2014