

**ПРО ЕКЗОГЕННІ ГЕОЛОГІЧНІ ЗАГРОЗИ  
ДЛЯ БЕЗПЕКИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ УКРАЇНИ**

© М.М. Биченок, С.П. Іванюта, Є.О. Яковлєв, 2008

*Інститут проблем національної безпеки при РНБО України, Київ, Україна*

The analysis of threats from dangerous exogenous geological processes (floods, karst, landslides) for railway ways on the territory of Ukraine is conducted. With the use of geoinformation technologies the part of length of railway ways which are in the areas of risk of defeat these processes is determined. Ranging of administrative areas of Ukraine on the level of exogenous geological threats for safety of functioning of railway transport is offered.

**Вступ.** Основним призначенням залізничного транспорту України є задоволення потреб суспільного виробництва і населення в перевезеннях у внутрішньому і міжнародному сполученнях із забезпеченням безпеки руху та надання транспортних, зокрема інформаційних, послуг усім споживачам без обмежень за ознаками форми власності та видів діяльності [1].

Питома вага залізничного транспорту України в загальному вантажообігу (без урахування трубопровідного транспорту) становить 89,1%, а в загальному пасажирообороті – 62,3% [2]. За даними Держкомстату України [3], перевезення вантажів залізницями порівняно з січнем–квітнем 2006 р. зросло у 2007 р. у середньому на 14,1%, у тому числі відправлення вантажів – на 11,2%, пасажирів – на 1,1% (табл.1), що є вищим за показники зростання ВВП і засвідчує соціально-економічну важливість безпечного функціонування залізничної мережі

Таким чином, забезпечення безпеки функціонування залізничного транспорту має стратегічне значення не лише для багатьох галузей економіки, а й для життєдіяльності населення країни.

Експлуатаційна протяжність головних колій Укрзалізниці становить 22,3 тис. км, розгорнута протяжність колій – 30,3, електрифікованих колій – 9,2 тис. км. Середня просторова щільність експлуатаційної мережі залізниць України є доволі високою:  $22,3 \cdot 10^3 / (603 \cdot 10^3) \approx 0,037 \text{ км}^{-1}$ . Це підвищує ризики її ураження від небезпечних екзогенних геологічних процесів (НЕГП).

Однією з основних причин виникнення надзвичайних ситуацій на залізниці є незадовільний стан залізничних колій внаслідок пошкоджень їх конструктивних елементів [2]. Проведений аналіз засвідчує, що такі пошкодження можуть виникати також у результаті природної та техногенної активізації НЕГП у місцях розташування цих колій. Чинниками активізації НЕГП можуть бути зміни клімату, техногенні порушення поверхневого і підземного стоку, профілю схилів та ін.

За даними Державної геологічної служби України, значна частина залізничних колій розташована на територіях, уражених НЕГП, серед яких найбільшу загрозу становлять підтоплення, карст і зсуви. Природна і техногенна активізація цих процесів може відбуватися за різними чинниками, що ускладнює їх контроль і прогнозування, тобто змінювання геомеханічних, фізико-хімічних, інженерно-геофізичних параметрів породного масиву. На територіях прояву НЕГП можливі критичні деформації і, навіть, руйнування важливих елементів конструкцій будівель, споруд і залізничних колій. У зв'язку з цим у рамках складної природно-техногенної системи залізничний комплекс – навколишнє середовище головну увагу доцільно спрямувати на техногенно-геологічну систему (ТГС) залізничний комплекс – геологічне середовище.

**Оцінка карстових загроз для функціонування залізниці.** Небезпека прояву карсту зумовлена тим, що на 38 % території України поширені породи, в яких можуть відбуватися процеси як природного,

*Таблиця 1. Зміна обсягів перевезень залізницями України за січень–квітень 2007 р. порівняно з січнем–квітнем 2006 р.*

Залізниця	Відправлення вантажів, %	Вантажообіг, %	Відправлення пасажирів, %
Південно-Західна	+ 23,8	+ 19,3	+ 0,8
Південна	+ 11,5	+ 20,2	+ 3,8
Придніпровська	+ 9,0	+ 10,2	+ 3,0
Донецька	+ 7,8	+ 14,1	+ 1,4
Львівська	+ 14,7	+ 14,0	- 1,4
Одеська	+ 30,2	+ 14,8	- 1,7

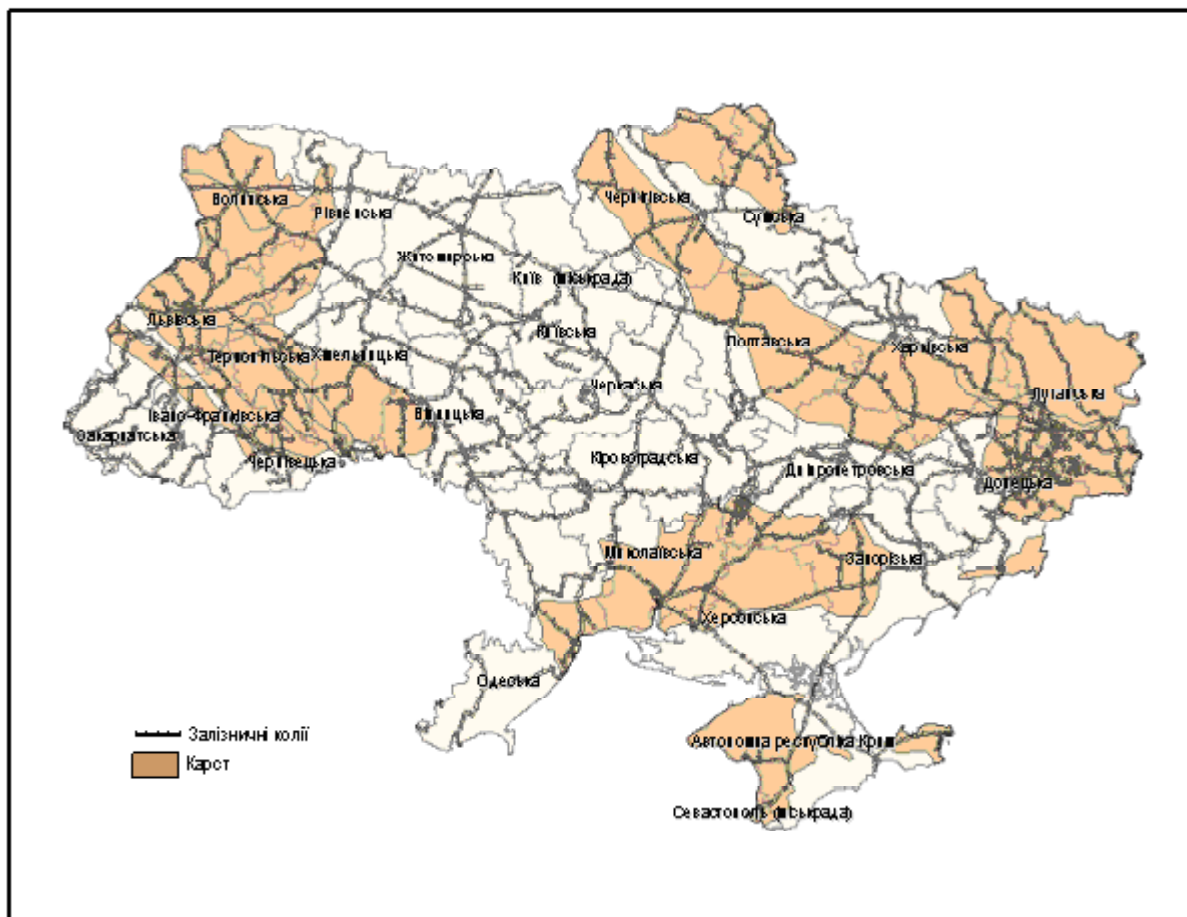


Рис. 1. Загрози від прояву карсту для функціонування залізниці на територіях адміністративних областей України

так і техногенно активізованого карстоутворення, а на 24 % території карст може безпосередньо впливати на господарську діяльність [2]. Ураженість території України карстовими процесами, а також загрози від небезпеки них для функціонування залізниці ілюструє рис. 1.

Найбільша небезпека від прояву карстових процесів існує насамперед у західних, східних та південних областях України [4–7]. Це стосується, передусім, територій АР Крим, Вінницької, Волинської, Донецької, Луганської, Львівської, Миколаївської, Рівненської, Тернопільської та Хмельницької областей.

За допомогою ГС-технологій здійснено просторові оцінки загроз від прояву карсту для безпеки залізниць в адміністративних областях України (табл. 2.)

Аналіз даних табл. 2 дає змогу виявити небезпечні області з погляду найбільшої протяжності колій, що перебувають під загрозою прояву карсту, а також здійснити ранжування адміністративних областей України за цим критерієм (рис. 2).

Наведені оцінки показують, що найбільша небезпека від прояву карсту існує для залізниць Донецької, Луганської, Львівської, Волинської, Миколаївської, Рівненської, Тернопільської та Хмельницької областей. За результатами оцінок у середньому понад 50 % довжини залізничних

колій в цих областях перебувають під загрозою прояву карсту. Крім того, залізничні колії Луганської, Волинської та Тернопільської областей практично по всій довжині знаходяться в зонах карстових загроз, які в останні роки мають підвищену тенденцію до реалізації у вигляді впливу на безпеку експлуатації ТГС залізничний комплекс – геологічне середовище внаслідок розвитку процесів підтоплення, зокрема через закриття шахт, втрати води з гідротехнічних споруд (каналів, водосховищ), глобальні зміни клімату.

**Оцінка загроз від підтоплення для функціонування залізниці.** Останніми роками динаміка процесу підтоплення території України є прогресуючою зі стійкою тенденцією до його активізації на регіональному рівні в умовах постійного збільшення площ підтоплення [2]. За даними МНС України, найнесприятливіші умови з підтоплення територій склались у Дніпропетровській, Донецькій, Запорізькій, Миколаївській, Одеській, Херсонській областях, де середній приріст підтоплення становить 300 км/рік. Крім того, в цих областях в структурі верхньої зони порід геологічного середовища переважають слабодостійкі лесові горизонти, що підсилює негативну дію підтоплення на безпеку функціонування ТГС залізничний комплекс – геологічне середовище.

Таблиця 2. Загрози від карсту для безпеки функціонування залізниці в адміністративних областях України

Область	Площа, тис. км <sup>2</sup>	Ураженість території карстом, %	Протяжність залізничних колій, км	Протяжність колій в зоні розвитку карсту, км
АР Крим	27,0	48,8	594,1	289,9
Вінницька	26,2	20,8	1391,2	289,4
Волинська	20,2	100,0	608,5	608,5
Дніпропетровська	31,9	22,2	1681,8	373,4
Донецька	26,5	69,8	1985,9	1386,2
Житомирська	29,9	0,0	1128,6	0,0
Закарпатська	12,8	6,3	735,8	46,4
Запорізька	27,2	27,6	931,9	257,2
Івано-Франківська	13,9	35,9	738,6	265,2
Київська	28,9	0,0	818,2	0,0
Кіровоградська	24,6	1,6	930,2	14,9
Луганська	26,7	99,6	1278,2	1273,1
Львівська	21,8	58,3	1246,3	726,6
Миколаївська	24,6	70,7	784,4	554,6
Одеська	33,3	15,9	1017,3	161,8
Полтавська	28,8	1,0	815,1	8,2
Рівненська	20,1	80,0	668,0	534,4
Сумська	23,8	42,0	878,3	368,9
Тернопільська	13,8	100,0	534,3	534,3
Харківська	31,4	34,4	1404,7	483,2
Херсонська	28,5	53,3	461,6	246,0
Хмельницька	20,6	65,5	774,8	507,5
Черкаська	20,9	0,0	750,2	0,0
Чернівецька	8,1	46,9	420,4	197,2
Чернігівська	31,9	13,2	920,0	121,4
Усього	603,4	40,5	23498,4	9516,9

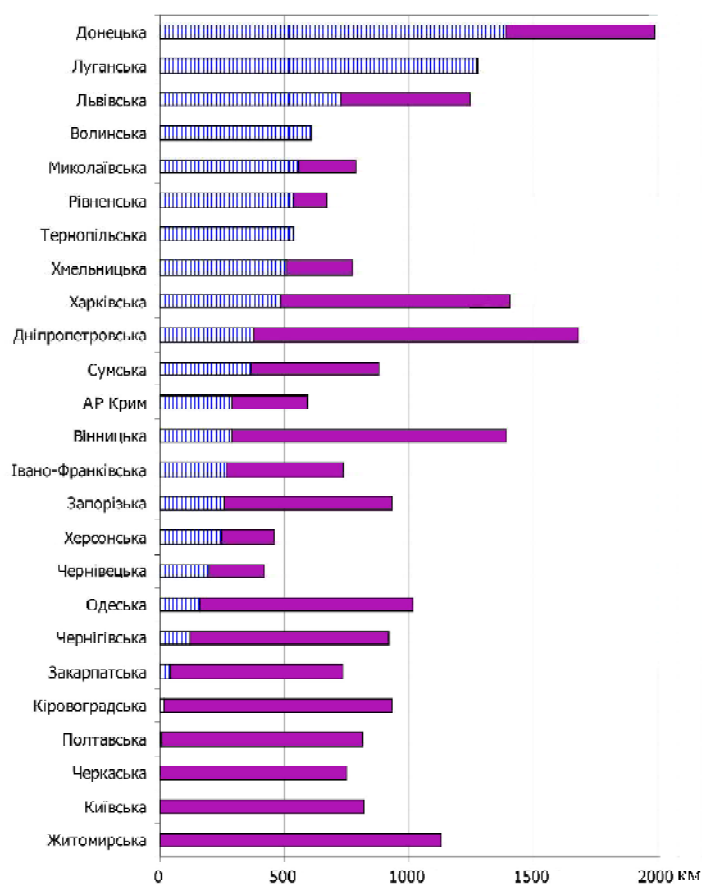


Рис. 2. Ранжування областей України за протяжністю колій, що перебувають в умовах загрози від прояву карсту (заштриховано)

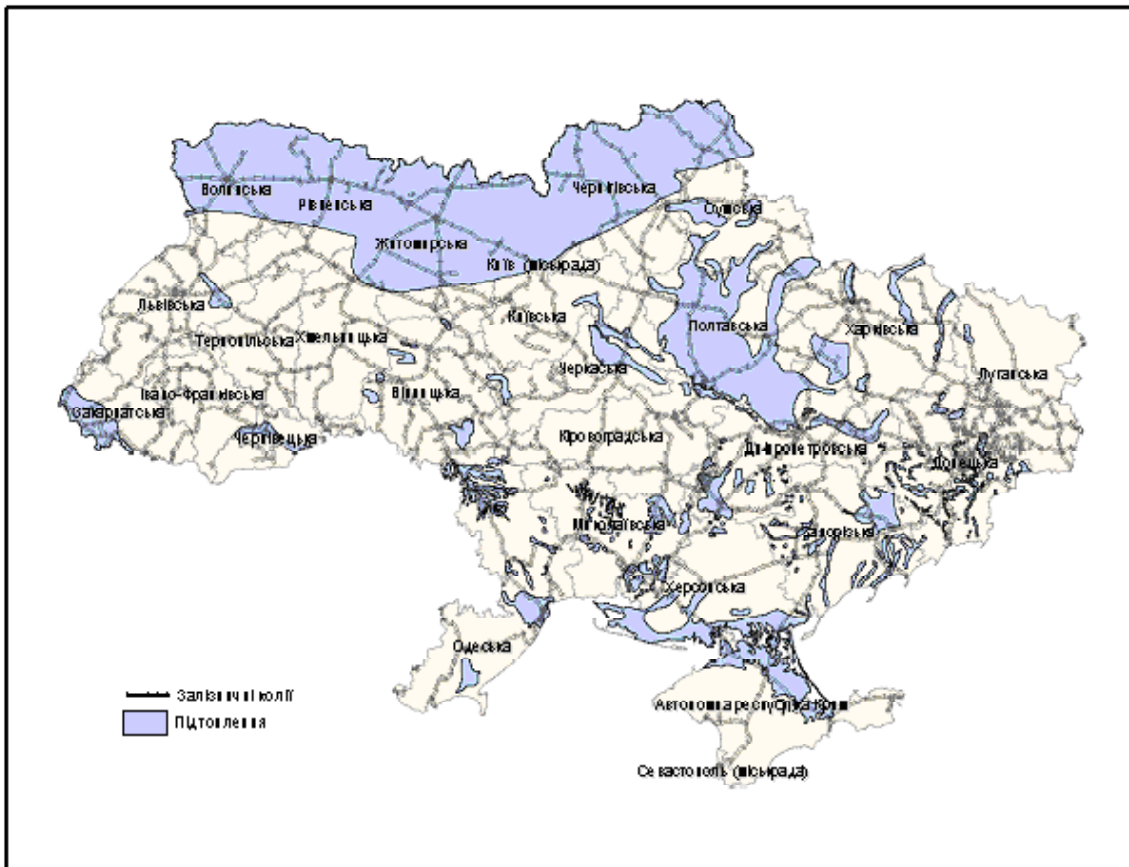


Рис. 3. Загрози від підтоплення для функціонування залізниці на територіях адміністративних областей України

Ураженість території України підтопленням, а також загрози від небезпеки прояву цього процесу для функціонування залізниці показані на рис. 3.

Просторову оцінку загроз від підтоплення для безпеки функціонування залізниць в адміністративних областях України з використанням ГІС-технологій наведено у табл. 3.

За даними рис. 4, найбільша небезпека від підтоплення для функціонування залізниці існує на територіях Житомирської, Донецької, Рівненської, Волинської, Дніпропетровської, Миколаївської, Одеської, Полтавської областей.

Отримані результати дають змогу дійти висновку, що на території зазначених областей найбільша протяжність залізничних колій перебуває під загрозою підтоплення. В цьому контексті доцільно відзначити, що одна з найбільш резонансних аварій на залізничному транспорті останнього часу, що трапилася поблизу Ожидова у Львівській обл. (так звана «фосфорна» аварія), відбулася в зоні багаторічного підтоплення, яке могло додатково вплинути на погіршення геодинамічної стійкості ґрунтів.

**Оцінка загроз від зсувів для функціонування залізниці.** Зсуви є одними з найнебезпечніших екогенних геологічних процесів, що поширені на території України [2]. Хоча здебільшого зсувні деформації проявляються на відносно незначній території, проте внаслідок регіонального поширен-

ня зсувні об'єкти можуть мати значні негативні наслідки, спричинені здатністю до швидких деформацій та руйнувань відповідальних елементів інженерно-господарських та потенційно небезпечних об'єктів. Крім того, в останні роки внаслідок тривалого техногенного підтоплення лесово-суглинистих порід та збільшення опадів зменшується міцність і розвиваються зсуви [6, 7] на схилах зі стрімкістю  $3^{\circ}$ – $5^{\circ}$ , що суттєво розширює площі зсувоутворення та небезпечного впливу на ТГС залізничний комплекс – геологічне середовище.

За допомогою ГІС-технологій здійснено просторові оцінки загроз від зсувів для безпеки функціонування залізниць в адміністративних областях України (табл. 4).

На основі даних табл. 4 проведено ранжування адміністративних областей України за рівнем загроз зсувів для безпеки функціонування залізниці (рис. 5).

Згідно з оцінками, найбільша небезпека від можливого прояву зсувів для функціонування залізниці існує на територіях Харківської, Луганської, Вінницької, Закарпатської, Львівської, Дніпропетровської, Одеської, Черкаської, Донецької областей.

**Аналіз результатів.** Результати порівняльної оцінки загроз від НЕГП (карст, підтоплення, зсуви) для безпеки функціонування залізниці на територіях адміністративних областей України зведено в табл. 5.

Таблиця 3. Загрози від підтоплення для безпеки функціонування залізниці в адміністративних областях України

Область	Площа, тис. км <sup>2</sup>	Ураженість території підтопленням, тис. км <sup>2</sup>	Протяжність залізничних колій, км	Протяжність колій в зоні підтоплення, км
АР Крим	27,0	4,43	594,1	97,5
Вінницька	26,2	0,054	1391,2	2,9
Волинська	20,2	13,91	608,5	419,0
Дніпропетровська	31,9	7,3	1681,8	384,9
Донецька	26,5	7,67	1985,9	574,8
Житомирська	29,9	20,13	1128,6	759,8
Закарпатська	12,8	3,02	735,8	173,6
Запорізька	27,2	3,2	931,9	109,6
Івано-Франківська	13,9	0,008	738,6	0,4
Київська	28,9	8,1	818,2	229,3
Кіровоградська	24,6	0,142	930,2	5,4
Луганська	26,7	0,164	1278,2	7,9
Львівська	21,8	0,218	1246,3	12,5
Миколаївська	24,6	10,672	784,4	340,3
Одеська	33,3	9,975	1017,3	304,7
Полтавська	28,8	8,5	815,1	240,6
Рівненська	20,1	12,8	668,0	425,4
Сумська	23,8	0,423	878,3	15,6
Тернопільська	13,8	0	534,3	0,0
Харківська	31,4	3,02	1404,7	135,1
Херсонська	28,5	7,79	461,6	126,2
Хмельницька	20,6	0,014	774,8	0,5
Черкаська	20,9	0,08	750,2	2,9
Чернівецька	8,1	0,4	420,4	20,8
Чернігівська	31,9	4,4	920,0	126,9
Усього	603,4	126,42	23498,4	4516,6

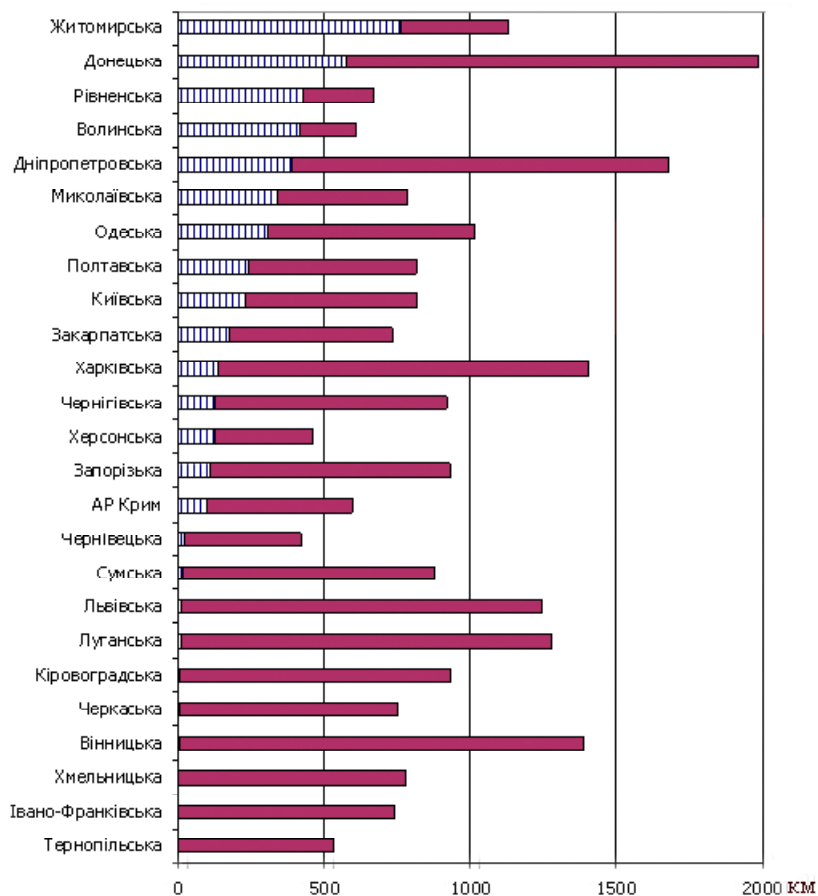


Рис. 4. Ранжування областей України за протяжністю колій, що перебувають в умовах загроз від прояву підтоплення (заштриховано)

Таблиця 4. Загрози від зсувів для безпеки функціонування залізниці в адміністративних областях України

Область	Площа, тис. км <sup>2</sup>	Ураженість території зсувами, тис. км	Протяжність залізничних колій, км	Протяжність колій в зоні зсувів, км
АР Крим	27,0	2,8	594,1	62,2
Вінницька	26,2	4,0	1391,2	211,6
Волинська	20,2	0,0	608,5	0,0
Дніпропетровська	31,9	3,0	1681,8	156,6
Донецька	26,5	1,9	1985,9	141,3
Житомирська	29,9	0,2	1128,6	8,0
Закарпатська	12,8	3,6	735,8	205,1
Запорізька	27,2	2,0	931,9	70,1
Івано-Франківська	13,9	2,2	738,6	118,6
Київська	28,9	1,9	818,2	54,9
Кіровоградська	24,6	1,0	930,2	38,1
Луганська	26,7	4,8	1278,2	228,9
Львівська	21,8	2,9	1246,3	166,6
Миколаївська	24,6	0,3	784,4	10,8
Одеська	33,3	5,0	1017,3	153,9
Полтавська	28,8	4,3	815,1	123,0
Рівненська	20,1	0,0	668,0	0,0
Сумська	23,8	2,8	878,3	103,9
Тернопільська	13,8	1,1	534,3	42,1
Харківська	31,4	11,5	1404,7	516,5
Херсонська	28,5	0,4	461,6	6,0
Хмельницька	20,6	3,0	774,8	113,9
Черкаська	20,9	4,1	750,2	148,4
Чернівецька	8,1	2,5	420,4	130,8
Чернігівська	31,9	0,8	920,0	23,3
Усього	603,4	66,1	23498,4	2834,6

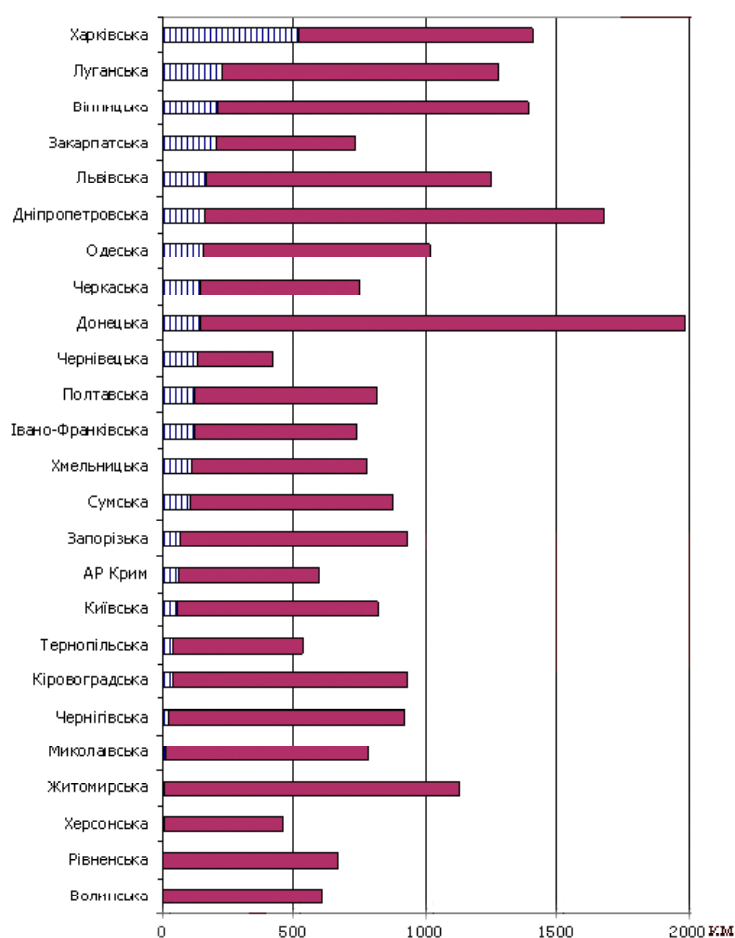


Рис. 5. Ранжування областей України за протяжністю колій, що перебувають в умовах загрози від прояву зсувів (заштриховано)

Таблиця 5. Екзогенні геологічні загрози для безпеки функціонування залізниці в адміністративних областях України

Область	Протяжність залізничних колій, км	В зоні карсту		В зоні підтоплення		В зоні зсувів	
		Протяжність, км	Частка, %	Протяжність, км	Частка, %	Протяжність, км	Частка, %
АР Крим	594,1	289,9	48,8	97,5	16,4	62,2	10,5
Вінницька	1391,2	289,4	20,8	2,9	0,2	211,6	15,2
Волинська	608,5	608,5	100,0	419,0	68,9	0,0	0,0
Дніпропетровська	1681,8	373,4	22,2	384,9	22,9	156,6	9,3
Донецька	1985,9	1386,2	69,8	574,8	28,9	141,3	7,1
Житомирська	1128,6	0,0	0,0	759,8	67,3	8,0	0,7
Закарпатська	735,8	46,4	6,3	173,6	23,6	205,1	27,9
Запорізька	931,9	257,2	27,6	109,6	11,8	70,1	7,5
Івано-Франківська	738,6	265,2	35,9	0,4	0,1	118,6	16,1
Київська	818,2	0,0	0,0	229,3	28,0	54,9	6,7
Кіровоградська	930,2	14,9	1,6	5,4	0,6	38,1	4,1
Луганська	1278,2	1273,1	99,6	7,9	0,6	228,9	17,9
Львівська	1246,3	726,6	58,3	12,5	1,0	166,6	13,4
Миколаївська	784,4	554,6	70,7	340,3	43,4	10,8	1,4
Одеська	1017,3	161,8	15,9	304,7	30,0	153,9	15,1
Полтавська	815,1	8,2	1,0	240,6	29,5	123,0	15,1
Рівненська	668,0	534,4	80,0	425,4	63,7	0,0	0,0
Сумська	878,3	368,9	42,0	15,6	1,8	103,9	11,8
Тернопільська	534,3	534,3	100,0	0,0	0,0	42,1	7,9
Харківська	1404,7	483,2	34,4	135,1	9,6	516,5	36,8
Херсонська	461,6	246,0	53,3	126,2	27,3	6,0	1,3
Хмельницька	774,8	507,5	65,5	0,5	0,1	113,9	14,7
Черкаська	750,2	0,0	0,0	2,9	0,4	148,4	19,8
Чернівецька	420,4	197,2	46,9	20,8	4,9	130,8	31,1
Чернігівська	920,0	121,4	13,2	126,9	13,8	23,3	2,5
<b>Усього</b>	<b>23498,4</b>	<b>9248,3</b>	<b>40,6</b>	<b>4516,6</b>	<b>19,8</b>	<b>2834,6</b>	<b>11,7</b>

За даними табл. 5, найбільша частина залізничних колій (40,6 % або 9248,3 км) розташована на територіях адміністративних областей, що перебувають в умовах карстових загроз. Особливо небезпечними з погляду карстових загроз є залізничні колії, що перетинають території Донецької, Луганської, Львівської, Волинської, Миколаївської та Рівненської областей.

За результатами оцінок, до 19,8% (4516,6 км) довжини залізничних колій перетинають території областей, в яких імовірні прояви підтоплення. Особливо небезпечними з них є Житомирська, Донецька, Рівненська, Волинська, Дніпропетровська, Миколаївська та Одеська області. До 11,7 % (2834,6 км) довжини залізничних колій розташовано на територіях областей, в яких можлива активізація зсувних процесів. Це, насамперед, Харківська, Луганська, Вінницька, Закарпатська, Львівська та Дніпропетровська області.

**Висновки.** Забезпечення безпеки функціонування залізничного транспорту є вкрай важливим і складним завданням, практичне вирішення якого потребує виявлення найімовірніших загроз для утримання в належному стані залізничних колій. Серед цих загроз суттєве значення мають небезпечні екзогенні геологічні процеси.

За даними МНС та Державної геологічної служби Мінприроди України, протягом останнього десятиліття урбанізація території країни призвела до значного зростання техногенних навантажень на верхню зону геологічного середовища та регіонального розвитку зсувних і карстових процесів, а також значного посилення процесів підтоплення. Причому динаміка цих процесів має випереджувальний характер щодо захисних і запобіжних заходів.

В умовах постійних техногенних змін геологічного середовища, а також впливу глобальних кліматичних змін збільшується навантаження на складну техногенно-геологічну систему залізничний комплекс – геологічне середовище. Додатковий вплив відбувається внаслідок зростання швидкості руху залізничного складу, збільшення вантажообігу та пасажиропотоку. Крім того, ці чинники значно підсилені зовнішніми технічними чинниками, зумовленими, зокрема, закриттям шахт, а також підтопленням міст та селищ у південних і східних областях України. В таких умовах особливо уразливими стають залізничні мости, оскільки в місцях їх розташування можуть зосереджуватися прояви карсту, зсувів і підтоплення.

Отже, необхідно нагальне проведення детальніших і цілеспрямованих досліджень впливу

НЕГП на безпеку функціонування залізничного транспорту України з урахуванням також імовірності прояву цих процесів у місцях спорудження нових залізничних колій. Отримані результати дають змогу стверджувати, що першочергової оцінки загроз від НЕГП на безпеку функціонування залізничного комплексу потребують залізниці Донецької, Дніпропетровської, Львівської, Одеської, Житомирської та Рівненської областей.

1. Закон України “Про залізничний транспорт” № 273/96-ВР від 4 липня 1996 р.
2. *Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2006 р.* – К.: ДП “Чорнобильінтерінформ”, 2007. – 236 с.
3. *Підсумки роботи транспорту України за січень–квітень 2007 р.:* Експрес-довідка № 109 Державного комітету статистики України від 15.05.2007 р.

4. *Биченок М.М., Іванюта С.П., Яковлев Є.О.* Про вплив екзогенних геологічних процесів на рівень техногенних ризиків життєдіяльності // 36. наук. праць Укр. держ. геол.-розвід. ін-ту. – 2006. – № 1. – С. 85–91.
5. *Демчишин М.Г., Климчик Л.М., Красноок Л.М. та ін.* Інформ. бюл. “Регіональні інженерно-геологічні умови території України” / Гол. ред. Є.О. Яковлев. – К.: ДІГФ “Геоінформ” Держгеолслужби Мінприроди, 1997. – Вип. 1. – 92 с.
6. *Рудько Г.И., Ерыш И.Ф.* Оползни и другие геодинамические процессы горноскладчатых областей Украины (Крым, Карпаты). – Киев: Задруга, 2006. – 623 с.
7. *Круподелов В.С.* Системный подход при изучении характеристики режима ЭГП. – М., 1983. – 243 с.
8. *Yakovlev Y.A.* The geological aspects of environmental systems monitoring the geological medium of Ukraine // UNESCO Regional Office for Science and Technology for Europe. Techn. Report. – 1995. – 21. – P. 184–191.

*Надійшла до редакції 21.12.07 р.*