

**ПРО БЕЗПЕКУ ФУНКЦІОНУВАННЯ МОСТІВ НА АВТОШЛЯХАХ УКРАЇНИ  
В УМОВАХ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНИХ ЗАГРОЗ**

© С.П. Іванюта, 2009

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

There was carried out an analysis of potential threats caused by individual and joint influence of exogenous geological processes to the safety of Ukrainian motorway bridges which are located in complicated engineer-geological conditions. On this basis a relative amount of bridges on motorways, which are placed in areas of credible regional display of such processes and their enhanceable influence on the origin of extraordinary situations on the territory of administrative regions of Ukraine is determined. The regions of Ukraine, which require primary attention in order to raise the safety level for motorway bridges functioning in conditions of increasing engineer-geological threats, are set out.

**Вступ.** Мостове господарство є однією із найважливіших складових техногенної безпеки дорожньої інфраструктури, яка потребує постійної уваги з боку державних органів і достатніх бюджетних асигнувань. Значна кількість мостів на автошляхах загального користування (понад 50 %) була побудована за технічними нормами, що діяли до 1962 р. і на цей час практично не відповідають початковим проектним параметрам, а також не задовольняють діючим нормам як за вантажопідйомністю, так і за габаритами проїжджої частини. На цей час на території України розташовано понад 8 тис. таких мостів [1].

У середньому розрахунковий ресурс мостів на автошляхах становить від 70 до 100 років, і, відповідно до міжремонтних термінів, щорічно необхідно перебудовувати до 1 % мостів, а капітально ремонтувати – не менше 3 % мостів, що за сумарною довжиною їх прогінів дорівнює приблизно 12 км. За експертними оцінками, щорічні витрати на реалізацію цих завдань мають становити не менше 1 млрд грн.

Проте однією з найважливіших проблем дорожньої галузі є не лише будівництво нових мостів, а й збереження мостового господарства, утримання його в стані, придатному для безпечного та комфортного пропускання транспортних засобів. Адже обсяг недоремонтів штучних споруд на дорогах загального користування починаючи лише з 1998 р. становить 118,2 км. Фактично увесь шляхо-мостовий комплекс України наближається до межі своєї довговічності. Кількість мостів, стан яких не відповідає нормативним умовам експлуатації і які потребують термінового капітального ремонту чи реконструкції, становить понад 400 одиниць, тобто близько 5 % загальної кількості і в 4–5 разів вище допустимих лімітів. За даними Ради національної безпеки та оборони

України (РНБОУ), фізичний стан та організація експлуатації автодорожніх мостів є незадовільними, загрозливими для безаварійного функціонування споруд і дорожньої мережі [2]. Погіршення умов експлуатації прискорює процес руйнування залізобетонних конструкцій мостів і підвищує ризик надзвичайних ситуацій (НС).

Указані чинники суттєво посилюються тим, що протягом останніх 25–30 років на значній частині території України відбувається регіональна активізація екзогенних геологічних процесів (ЕГП) за комплексної дії техногенних і природних чинників, що призводить до збільшення кількості НС різного походження з негативними наслідками для населення і навколишнього середовища [3,4,6,9]. В цілому це зумовлює формування регіональних інженерно-геологічних загроз від індивідуального та сукупного впливу процесів підтоплення, карсту та просідання, а також виникнення відповідних зон ризику в техногенно-геологічних системах (ТГС) мостовий комплекс – геологічне середовище (ГС), в яких концентруються порушення ГС. Це спричинює зниження геомеханічної стійкості породного масиву, розвиток критичних деформацій в інженерних спорудах мостів та прилеглих ділянок шляхів з підвищенням ризику їх руйнування (мостових опір, сполучень шляхів і мостів та ін.).

За таких умов підвищується рівень інженерно-геологічної небезпеки для функціонування відповідальних життєзабезпечуючих систем, які розташовані в зазначених зонах чи перетинають їх. Крім того, небезпека від сукупного впливу ЕГП суттєво зростає у місцях дислокації потенційно небезпечних об'єктів, які відрізняються підвищеною чутливістю до зниження інженерно-геологічної стійкості ТГС зі значними масоенергетичними навантаженнями [7, 8].

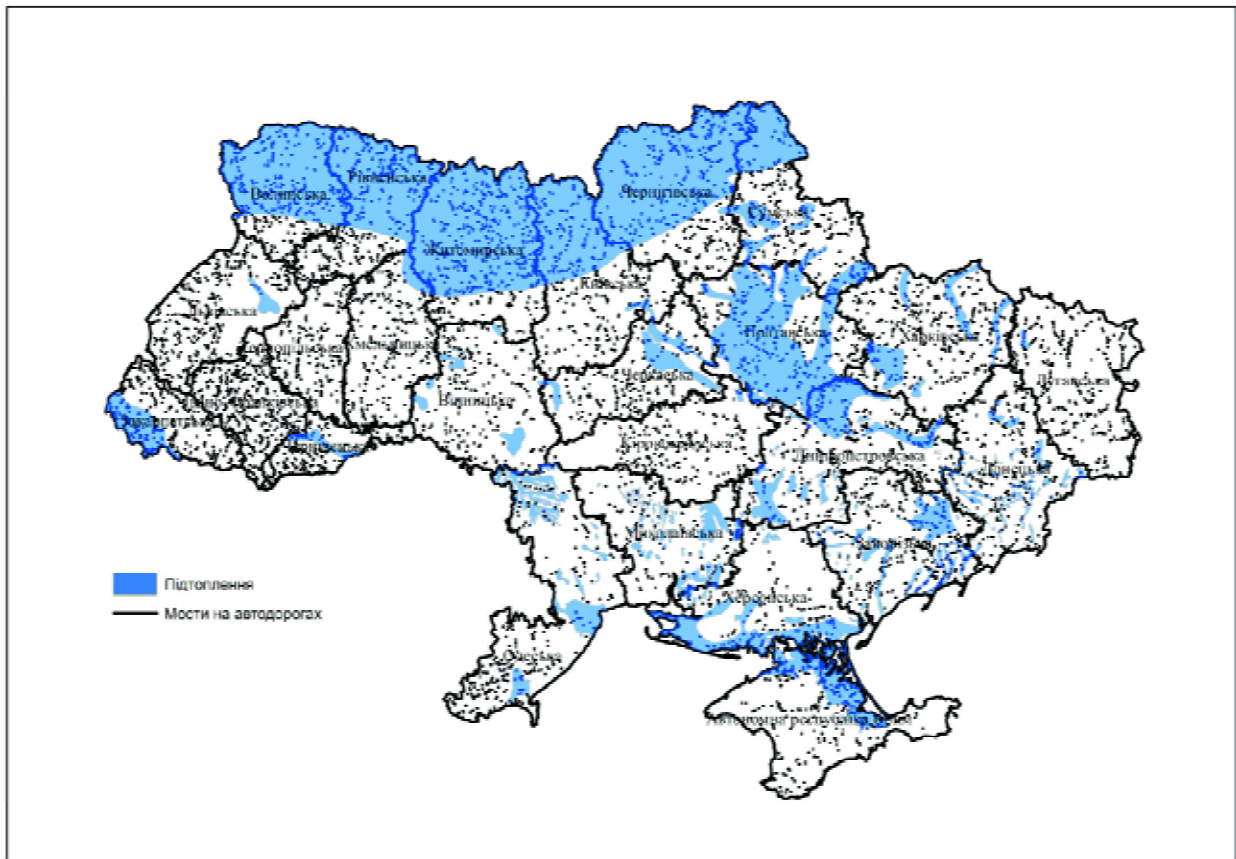


Рис. 1. Поширення регіонального підтоплення земель та зон його можливих загроз безпеці мостів на території України

Зазначені чинники зумовлюють необхідність уточнення змін інженерно-геологічних умов та підвищення рівня безпеки функціонування мостів на автошляхах. В першу чергу, на наш погляд, потребує удосконалення методика прогнозування рівня загроз для них з боку спільного впливу зазначених ЕГП, насамперед, підтоплення, карстових процесів і просідання лесових ґрунтів, з якими пов'язані виникнення послаблень у породах підґрунтя мостів і розвиток їх руйнівних деформацій.

**Оцінка загроз від регіонального підтоплення земель для безпеки функціонування мостів на автошляхах.** В останні роки підтоплення території України носить прогресуючий характер і має стійку тенденцією до активізації на регіональному та локально-об'єктовому рівні з постійним збільшенням площ з критично неглибоким заляганням рівнів ґрунтового та техногенного водоносних горизонтів [3–5, 7]. За даними МНС та Державної геологічної служби Мінприроди України, найбільш несприятливі умови з підтоплення територій склалися, насамперед, у південних та східних регіонах, де середній приріст підтоплення становить до 300 км<sup>2</sup>/рік. За існуючими даними, з 1982 р. практично вдвічі збільшилися площі підтоплення земель на регіональному рівні та у промислово-міських агломераціях.

Ураженість території України підтопленням та розташування мостів на автошляхах в межах його регіональних зон показано на рис.1.

З використанням технологій геоінформаційних систем (ГІС) здійснено просторову оцінку загроз від підтоплення для безпеки функціонування мостів. За фізичну основу критерію безпеки експлуатації мостів взято ділянки мостів у зонах стійкого просторово-часового розвитку підтоплення земель, а за його кількісну величину – відсоток кількості мостів в адміністративних областях у межах зон підтоплення. Результати оцінки для територій адміністративних областей України наведено у табл. 1.

Аналіз даних табл. 1 дає змогу виявити небезпечні області з точки зору найбільшої кількості мостів, які розташовані в зонах імовірного прояву підтоплення, а також здійснити ранжування адміністративних областей України за цим критерієм (рис. 2). Привертає до себе увагу той факт, що в середньому по Україні 31,57 % мостів розташовані на територіях імовірного підтоплення. Враховуючи їх достатньо велику кількість (близько 8 тис.), а також важливе значення для багатьох сфер життєдіяльності і господарювання, можна стверджувати, що існує загроза від підтоплення для функціонування близько 2300 мостів.

Згідно з отриманими результатами найнесприятливіші умови з погляду безпечного функціону-

Таблиця 1. Загрози від підтоплення для безпеки функціонування мостів на території України

Адміністративний поділ	Площа, тис.км <sup>2</sup>	Площа поширеності підтоплення, тис.км <sup>2</sup>	Частка кількості мостів на підтоплених територіях, %
АР Крим	27	4,43	38,93
<b>Область</b>			
Вінницька	26,2	0,054	1,79
Волинська	20,2	13,91	73,67
Дніпропетровська	31,9	7,3	34,43
Донецька	26,5	7,67	17,99
Житомирська	29,9	20,13	83,14
Закарпатська	12,8	3,02	28,61
Запорізька	27,2	3,2	33,84
Івано-Франківська	13,9	0,008	0,00
Київська	28,9	8,1	45,43
Кіровоградська	24,6	0,142	1,36
Луганська	26,7	0,164	3,42
Львівська	21,8	0,218	1,08
Миколаївська	24,6	10,672	16,42
Одеська	33,3	9,975	7,55
Полтавська	28,8	8,5	73,10
Рівненська	20,1	12,8	56,73
Сумська	23,8	0,423	43,54
Тернопільська	13,8	0	0,00
Харківська	31,4	3,02	20,52
Херсонська	28,5	7,79	37,25
Хмельницька	20,6	0,014	3,15
Черкаська	20,9	0,08	13,30
Чернівецька	8,1	0,4	10,05
Чернігівська	31,9	4,4	72,70
<b>Усього</b>	<b>603,4</b>	<b>126,42</b>	<b>31,57</b>



Рис. 2. Ранжування адміністративних областей України за кількістю мостів, які перебувають в умовах загроз від підтоплення

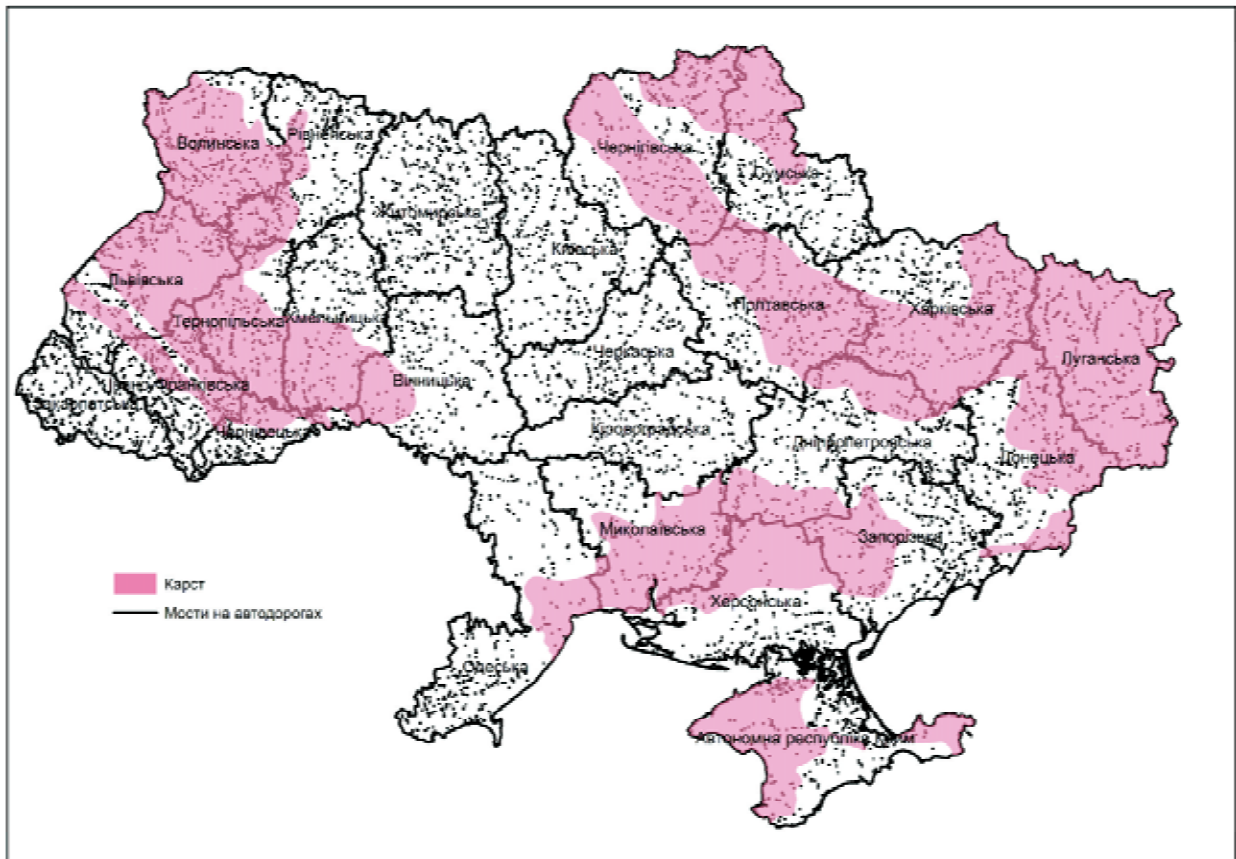


Рис. 3. Загрози від карсту для функціонування мостів на території України

вання мостів склалися у Житомирській, Волинській, Чернігівській, Полтавській, Рівненській, Київській, Сумській, Херсонській, Запорізькій, Дніпропетровській областях, АР Крим, оскільки понад 31,57 % мостів (середнього значення по Україні) у них перебувають під загрозою підтоплення. Також слід взяти до уваги, що Волинська, Рівненська, Житомирська та Чернігівська області розташовані в зоні Українського Полісся, яке характеризується переважанням у верхній зоні геологічного розрізу піщаних ґрунтів, відносно стійких в умовах перезволоження. Слід також відзначити, що найбільший комплексний вплив підтоплення зафіксовано в межах міст і селищ України, загальна площа яких становить близько 3 % площі території держави, але в них зосереджено до 70 % населення, що суттєво підвищує (до 10–100 разів) вплив підтоплення на безпеку життєдіяльності.

**Оцінка карстових загроз для безпеки функціонування мостів на автошляхах.** За даними Державної геологічної служби Мінприроди та МНС України, на 38% території держави поширені породи, в яких можуть відбуватися процеси як природного, так і техногенно активізованого карстоутворення, а на 24 % території карст може безпосередньо впливати на господарську діяльність [3, 6]. Ураженість території України карстовими процесами, а також небезпечність від них для функціонування мостів показано на рис. 3.

Наведені дані засвідчують, що найбільша небезпека від прояву карсту існує, насамперед, у західних, східних та південних областях України [3, 7]. Це стосується передусім територій АР Крим, Вінницької, Волинської, Донецької, Луганської, Львівської, Миколаївської, Рівненської, Тернопільської та Хмельницької областей.

За допомогою ГІС-технологій здійснено просторову оцінку карстових загроз для безпеки мостів на автошляхах в адміністративних областях України, результати якої наведено у табл. 2.

Аналіз даних табл. 2 дає змогу виявити найбільш небезпечні регіони відносно кількості мостів на автошляхах, які перебувають під загрозою прояву карсту, а також здійснити ранжування адміністративних областей України за цим критерієм (рис. 4).

Отримані дані засвідчують, що найбільша небезпека від можливої активізації карсту існує для мостів у Луганській, Волинській, Тернопільській, Чернігівській, Львівській, Харківській, Полтавській, Миколаївській та Донецькій областях. За результатами оцінок у середньому понад 50 % мостів у зазначених областях перебувають в зонах імовірного прояву карсту. Крім того, практично 90 % мостів Луганської та Волинської областей перебувають у зонах карстових загроз, які в останні роки мають підвищену тенденцію до реалізації внаслідок випереджаючого розвитку процесів підтоплення, зокрема через закриття

Таблиця 2. Загрози від карсту для безпеки функціонування мостів на території України

Адміністративний поділ	Площа, тис.км <sup>2</sup>	Ураженість території карстом, %	Частка кількості мостів на уражених територіях, %
АР Крим	27,0	48,8	39,93
<b>Область</b>			
Вінницька	26,2	20,8	12,11
Волинська	20,2	100,0	90,67
Дніпропетровська	31,9	22,2	34,68
Донецька	26,5	69,8	51,52
Житомирська	29,9	0,0	0,00
Закарпатська	12,8	6,3	0,00
Запорізька	27,2	27,6	22,90
Івано-Франківська	13,9	35,9	49,46
Київська	28,9	0,0	0,00
Кіровоградська	24,6	1,6	0,00
Луганська	26,7	99,6	100,00
Львівська	21,8	58,3	70,08
Миколаївська	24,6	70,7	60,45
Одеська	33,3	15,9	7,86
Полтавська	28,8	1,0	61,70
Рівненська	20,1	80,0	39,18
Сумська	23,8	42,0	28,57
Тернопільська	13,8	100,0	83,06
Харківська	31,4	34,4	67,01
Херсонська	28,5	53,3	21,57
Хмельницька	20,6	65,5	34,25
Черкаська	20,9	0,0	0,00
Чернівецька	8,1	46,9	20,10
Чернігівська	31,9	13,2	70,19
<b>У с ь о г о</b>	<b>603,4</b>	<b>40,5</b>	<b>39,12</b>

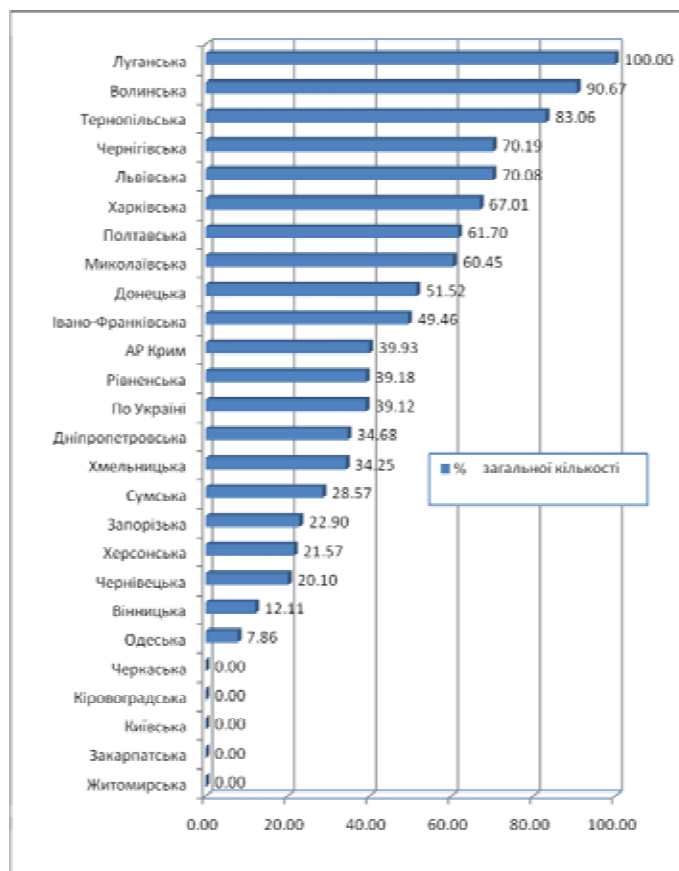


Рис. 4. Ранжування адміністративних областей України за кількістю мостів, які перебувають в умовах загрози від прояву карсту

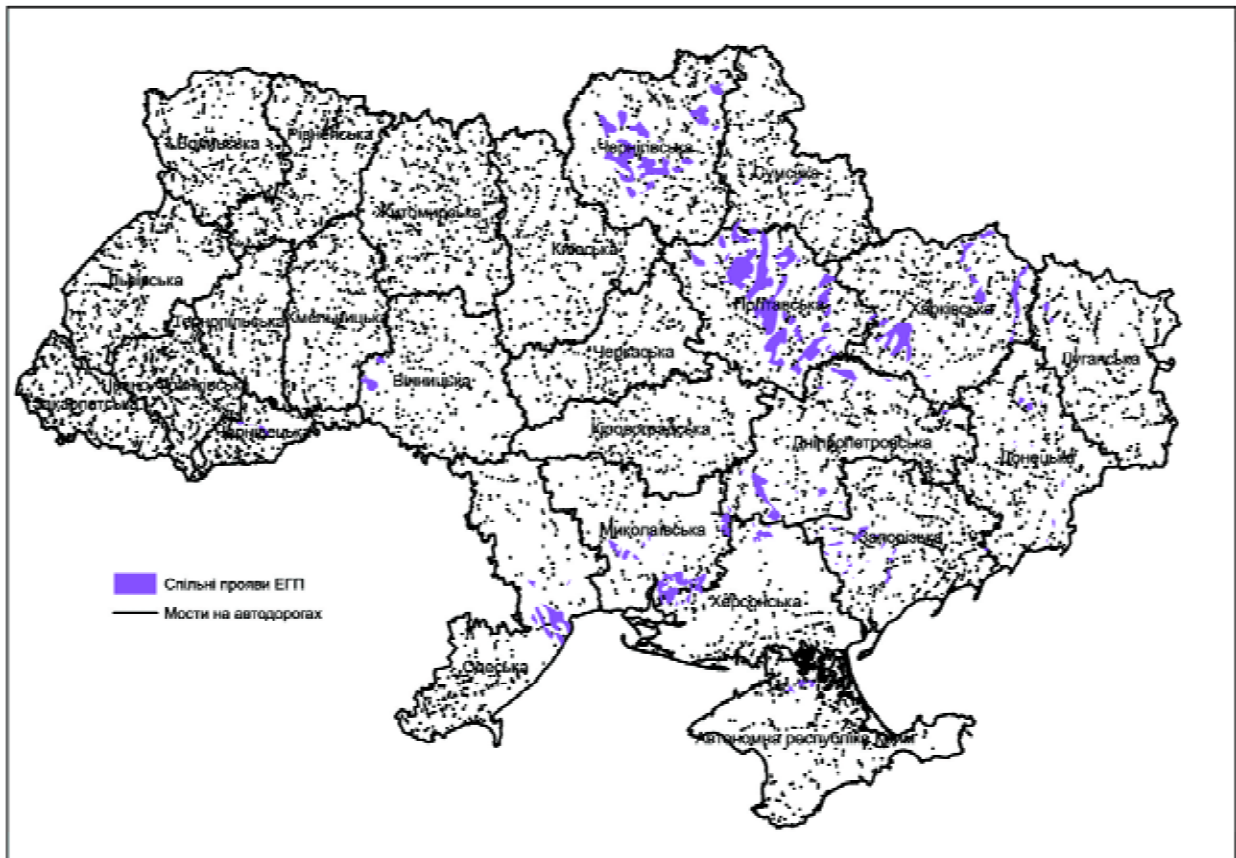


Рис. 5. Загрози від спільного прояву екзогенних геологічних процесів (карст, підтоплення, просідання) для безпеки експлуатації мостів на території України

шахт, значні втрати води з гідротехнічних споруд, а також глобальні зміни клімату.

**Оцінка регіональних загроз унаслідок спільного впливу ЕГП на безпеку експлуатації мостів на автошляхах.** В умовах зростаючих природних і техногенних змін геологічного середовища значну небезпеку становлять території спільного впливу різних ЕГП, оскільки концентрація кількох ЕГП суттєво збільшує загрози від їх імовірного прояву для безпеки просторово розподілених життєзабезпечуючих і транспортних систем під дією додаткових навантажень на їх відповідальні конструктивні елементи. За даними Державної геологічної служби Мінприроди та МНС України з використанням ГІС-технологій здійснено оцінку та картографування ураженості території України спільними проявами карсту, підтоплення та просідання лесових ґрунтів.

Ураженість території України спільними проявами ЕГП, а також загрози від їх впливу на безпеку експлуатації мостів на автошляхах показано на рис. 5.

За допомогою ГІС-технологій здійснено просторову оцінку загроз від спільного прояву підтоплення, карсту і просідання лесових ґрунтів (поширені на 70 % території України) для безпеки мостів в адміністративних областях України (табл. 3). Як критерій оцінки застосовано частку кількості мостів, які розташовані на уражених спільними проявами вищезазначених

ЕГП територіях. Регіональні значення цього критерію (який фактично є показником геодинамічного ризику) розраховано як відношення кількості мостів на автошляхах, що знаходяться в зонах спільного прояву ЕГП, до загальної кількості мостів на території адміністративної області.

Аналіз даних табл. 3 дає змогу виявити найнебезпечніші області за величиною найбільшої кількості мостів на автошляхах, що перебувають під загрозою спільного впливу ЕГП, а також здійснити ранжування адміністративних областей України за цим критерієм (рис. 6). Згідно з розрахунками, 10 адміністративних областей України мають перевищення 1%-го рівня інженерно-геологічного ризику, що становить від 1,3–2,78 до 9,1–18,4 раза.

Наведені оцінки також дають змогу дійти висновку, що найбільша небезпека від спільного впливу ЕГП для безпеки експлуатації мостів існує на територіях Полтавської, Чернігівської, Харківської, Миколаївської, Дніпропетровської областей, оскільки значення критерію оцінки в цих областях перевищує середнє для України (2,48 %). Привертає до себе увагу той факт, що адміністративні області з високим рівнем техногенного навантаження, зокрема, Донецька, Запорізька, Луганська, Харківська, також перебувають у зонах імовірного спільного впливу ЕГП. Це зумовлює додаткове підвищення рівня природно-техноген-

Таблиця 3. Загрози від спільного прояву ЕПП для безпеки функціонування мостів на території України

Адміністративний поділ	Площа території, тис.км <sup>2</sup>	Площа поширеності спільних проявів ЕПП, тис.км <sup>2</sup>	Частка кількості мостів на уражених територіях, %
АР Крим	27,0	0,136	2,35
<b>Область</b>			
Вінницька	26,2	0,251	0,90
Волинська	20,2	0	0,00
Дніпропетровська	31,9	0,921	2,78
Донецька	26,5	0,179	0,30
Житомирська	29,9	0	0,00
Закарпатська	12,8	0	0,00
Запорізька	27,2	0,462	1,27
Івано-Франківська	13,9	0	0,00
Київська	28,9	0	0,00
Кіровоградська	24,6	0	0,00
Луганська	26,7	0,074	2,17
Львівська	21,8	0	0,00
Миколаївська	24,6	1,008	5,22
Одеська	33,3	0,746	0,63
Полтавська	28,8	5,273	18,42
Рівненська	20,1	0	0,00
Сумська	23,8	0,091	0,68
Тернопільська	13,8	0	0,00
Харківська	31,4	1,815	9,09
Херсонська	28,5	0,485	1,31
Хмельницька	20,6	0	0,00
Черкаська	20,9	0	0,00
Чернівецька	8,1	0,089	1,91
Чернігівська	31,9	2,687	10,58
<b>Усього</b>	<b>603,4</b>	<b>14,217</b>	<b>2,48</b>



Рис. 6. Ранжування адміністративних областей України за кількістю мостів, які перебувають в умовах загроз від спільного прояву підтоплення, карсту та просідання

ної небезпеки цих регіонів під впливом інженерно-геологічних чинників.

**Висновки.** Підвищення рівня безпеки експлуатації життєзабезпечуючих систем є актуальним і складним завданням, практичне вирішення якого потребує оцінки найбільш пріоритетних загроз для розробки адекватних заходів щодо запобігання і протидії можливим НС. Серед таких загроз істотне значення має індивідуальний та спільний вплив ЕГП, насамперед, підтоплення, карсту і просідання лесових ґрунтів з урахуванням їх регіонального розвитку і значної просторово-часової активізації природних і техногенних змін їх інженерно-геологічного стану на території України. Концентрація різних типів ЕГП на потенційно небезпечних територіях значно підвищує ризик непередбачених інженерно-геологічних змін параметрів порід підґрунтя та відповідальних конструктивних елементів потенційно небезпечних об'єктів. Зважаючи на площинний характер розвитку ЕГП в умовах постійних змін геологічного середовища, особливо уразливими стають просторово розподілені небезпечні об'єкти, зокрема, залізниці, лінії електропередач, нафто- та газопроводи, а також мости на автошляхах, які розташовані в зонах зосередження проявів карсту, зсувів і підтоплення. Зазначені фактори значно підсилюються додатковими технічними чинниками, що зумовлені закриттям шахт, підтопленням міст та селищ у південних і східних областях України, а також втратою природної дренажності більшості річкових басейнів унаслідок надмірної зарегульованості річкової мережі.

Геоінформаційний аналіз регіонального поширення небезпечних ЕГП на території України дав змогу виявити зони їх імовірного індивідуального та спільного впливу і на цій основі визначити найбільш небезпечні адміністративні області, в яких наявні підвищені загрози для експлуатації мостів. За отриманими результатами, найбільший рівень інженерно-геологічних загроз від спільного впливу ЕГП існує на територіях Полтавської, Чернігівської, Харківської, Миколаївської, Дніпропетровської областей. Відповідно до здійснених оцінок, в середньому до 2,48 % загальної кількості мостів на автошляхах України перебувають в зонах імовірного спільного впливу сучасного розвитку та активізації підтоплення, карсту та просідання лесових ґрунтів, що потребує удосконалення їх інженерно-геотехнічного моніторингу з використанням технологій дистанційного зондування Землі та ГІС. В цих умовах

треба також враховувати негативний вплив глобальних змін клімату (активізація кількості і висоти повеней, зростання їх енергії, активізація подальшого розвитку підтоплення та зниження міцності порід) на безпеку експлуатації мостів.

Вищенаведене зумовлює також необхідність проведення ґрунтовніших досліджень індивідуального та комплексного впливу ЕГП і рівнів техногенних навантажень на безпеку функціонування мостів, а також інших просторово поширених систем життєзабезпечення на території України з урахуванням імовірності прояву цих процесів в місцях спорудження нових чи реконструкції існуючих систем. Отримані в цій роботі результати зосереджують увагу на тих регіонах України, які потребують першочергової комплексної оцінки загроз від спільного впливу ЕГП для експлуатації мостів на автошляхах.

1. *Пояснювальна записка до Закону України про внесення змін до Закону України "Про Державний бюджет України на 2006 рік".* — [http://gska2.rada.gov.ua/pls/zweb\\_n/webproc34?id=&pf3511=27626&pf35401=91537](http://gska2.rada.gov.ua/pls/zweb_n/webproc34?id=&pf3511=27626&pf35401=91537).
2. *Перше засідання Міжвідомчої комісії з питань науково-технологічної безпеки при Раді національної безпеки і оборони України.* — [www.rainbow.gov.ua/news/80.html?PrintVersion](http://www.rainbow.gov.ua/news/80.html?PrintVersion).
3. *Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2006 р.* — К.: ДП "Чорнобильінтерінформ", 2007. — 236 с.
4. *Биченок М.М., Іванюта С.П., Яковлев Є.О.* Про екзогенні геологічні загрози для безпеки функціонування залізничного транспорту України // *Геоінформатика*. — 2008. — № 1. — С. 72–79.
5. *Биченок М.М.* Основи інформатизації управління регіональною безпекою. — К.: ІПНБ, 2005. — 196 с.
6. *Биченок М.М., Іванюта С.П., Яковлев Є.О.* Про вплив екзогенних геологічних процесів на рівень техногенних ризиків життєдіяльності // *Зб. наук. праць Укр. держ. геологорозв. ін-ту*. — 2006. — № 1. — С. 85–91.
7. *Качинський А.Б.* Безпека, загрози і ризик: наукові концепції та математичні методи. — К.: ІПНБ, НАСБУ, 2004. — 472 с.
8. *Буравльов Є.П.* Безпека навколишнього середовища. — К.: ІПНБ, 2004. — 320 с.
9. *Демчишин М.Г., Климчук 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.

*Надійшла до редакції 21.05.2008 р.*

*С.П. Іванюта*

## ПРО БЕЗПЕКУ ФУНКЦІОНУВАННЯ МОСТІВ НА АВТОШЛЯХАХ УКРАЇНИ В УМОВАХ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНИХ ЗАГРОЗ

Здійснено аналіз потенційних загроз від індивідуального та спільного впливу регіональної активізації екзогенних геологічних процесів на безпеку просторово поширених у складних інженерно-геологічних умовах мостів



на автошляхах України. На цій основі визначено відносну кількість мостів на автошляхах, що перебувають у зонах імовірного регіонального прояву вказаних процесів та їх підвищеного впливу на виникнення надзвичайних ситуацій на територіях адміністративних областей України. Встановлено регіони України, які потребують першочергової уваги для підвищення рівня безпеки функціонування мостів на автошляхах в умовах зростаючих інженерно-геологічних загроз.

*С.П. Іванюта*

#### **О БЕЗОПАСНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МОСТОВ НА АВТОДОРОГАХ УКРАИНЫ В УСЛОВИЯХ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УГРОЗ**

Осуществлен анализ потенциальных угроз от индивидуального и совместного влияния региональной активизации экзогенных геологических процессов на безопасность пространственно распространенных в сложных инженерно-геологических условиях мостов на автодорогах Украины. На этой основе определено относительное количество мостов на автодорогах, которые находятся в зонах вероятного регионального проявления указанных процессов и их повышенного влияния на возникновение чрезвычайных ситуаций на территориях административных областей Украины. Определены регионы Украины, которые нуждаются в первоочередном внимании для повышения уровня безопасности функционирования мостов на автодорогах в условиях растущих инженерно-геологических угроз.