

## ГЕОІНФОРМАЦІЙНИЙ АНАЛІЗ ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ЗАГРОЗ ДЛЯ БЕЗПЕКИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ГОЛОВНИХ ЖИТТЄЗАБЕЗПЕЧУВАЛЬНИХ ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ УКРАЇНИ

© С.П. Іванюта, Є.О. Яковлєв, 2010

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

Performed in the article is the geoinformation analysis of hydrometeorological threats for the safety of functioning of the main life-support and engineering systems on the territory of Ukraine. These threats are related to the augmentation of rainfall, acceleration of snow melting and the risk of activation landslides, subsidence and other exogenous geological processes. Thereupon it is determined the length of these spatially distributed systems which are located in the areas of the credible forming of flood processes and their enhanceable influence on the initiation of extraordinary situations of engineer-geological origin. The paper shows, that during the last years the main part of extraordinary situations has been catenary (flood-landslides, flood-underflooding) or synergistical (geochemical contamination-aggressiveness of ground), which worsens the life protection in many regions of Ukraine.

**Keywords:** geoinformation analysis, main life-support and engineering systems, snow melting, flood and exogenous geological processes, threats, regional estimation.

Сприятливе географічне розташування України стосовно інших країн Європи зумовило спорудження і розвиток на її території низки головних життєзабезпечувальних інженерних систем (ГЖІС), до яких належать просторово розподілені мережі залізничних колій, магістральних газопроводів, електромереж та автошляхів. Значна їх частина в умовах глобалізаційних процесів перетворюється у міжнародні транспортні коридори (МТК).

Враховуючи високий рівень інтеграції ГЖІС до європейських аналогічних систем сполучення і транспортування, можна стверджувати, що їх безпечне функціонування стратегічно важливе для авторитету нашої держави та національної безпеки, оскільки виникнення будь-яких інженерно-технічних або екологічних проблем під час експлуатації зазначених систем відчуватиметься і за межами території України.

Саме тому всебічна підтримка ефективного функціонування ГЖІС потребує постійної уваги з боку державних органів виконавчої влади та забезпечення відповідного рівня фінансування заходів щодо моніторингу їхнього інженерно-технічного та екологічного стану, яке у зв'язку з фінансово-економічною кризою є недостатнім. Слід також ураховувати, що значна частина інженерно-технологічного комплексу цих систем була побудована багато років тому за технічними вимогами, що нині внаслідок тривалого впливу природних і техногенних чинників уже не відповідає проектним параметрам і тому потребує невідкладної реконструкції та ремонту. Крім того, за останнє десятиріччя збільшився вплив гідрометеорологічних чинників (потепління, підвищення кількості опадів,

частоти і висоти повеней тощо), які зумовлені глобальними змінами клімату (ГЗК) [1–4].

Погіршення умов експлуатації ГЖІС унаслідок старіння інженерних складових і погіршення геотехнічних параметрів (хімічна суфозія, електрохімічна корозія та ін.) може прискорити процес руйнування їх відповідальних конструктивних елементів і значно підвищити ризик виникнення надзвичайних ситуацій (НС) у межах природно-техногенних геосистем (ПТГС) “техногенні об’єкти ГЖІС – зона змін навколишнього середовища”.

Вказані чинники суттєво посилюються тим, що протягом останніх років на території України відбувається регіональна активізація небезпечних екзогенних геологічних процесів (НЕГП) – підтоплення, просідних, зсувних і карстових процесів, що в цілому зумовлює збільшення інженерно-геологічних загроз за їхнім складом та інтенсивністю розвитку. Вплив зазначених чинників на безпеку експлуатації деяких ГЖІС уже розглянуто авторами у публікаціях [7–11]. Однак у них не враховано вплив гідрометеорологічних чинників ГЗК. За даними Державної гідрометеорологічної служби, обсяг снігових опадів зими 2009–2010 рр. істотно перевищив середньобаторічні показники (удвічі-втричі), що сформувало високі ризики аномальних повеней у багатьох річкових басейнах (Дніпра, Десни, Прип’яті та ін.) з одночасною активізацією регіонального підтоплення земель (рис. 1).

За таких умов суттєво підвищується рівень інженерно-геологічної небезпеки для функціонування відповідальних конструктивних елементів ГЖІС, які розташовані на територіях із значною

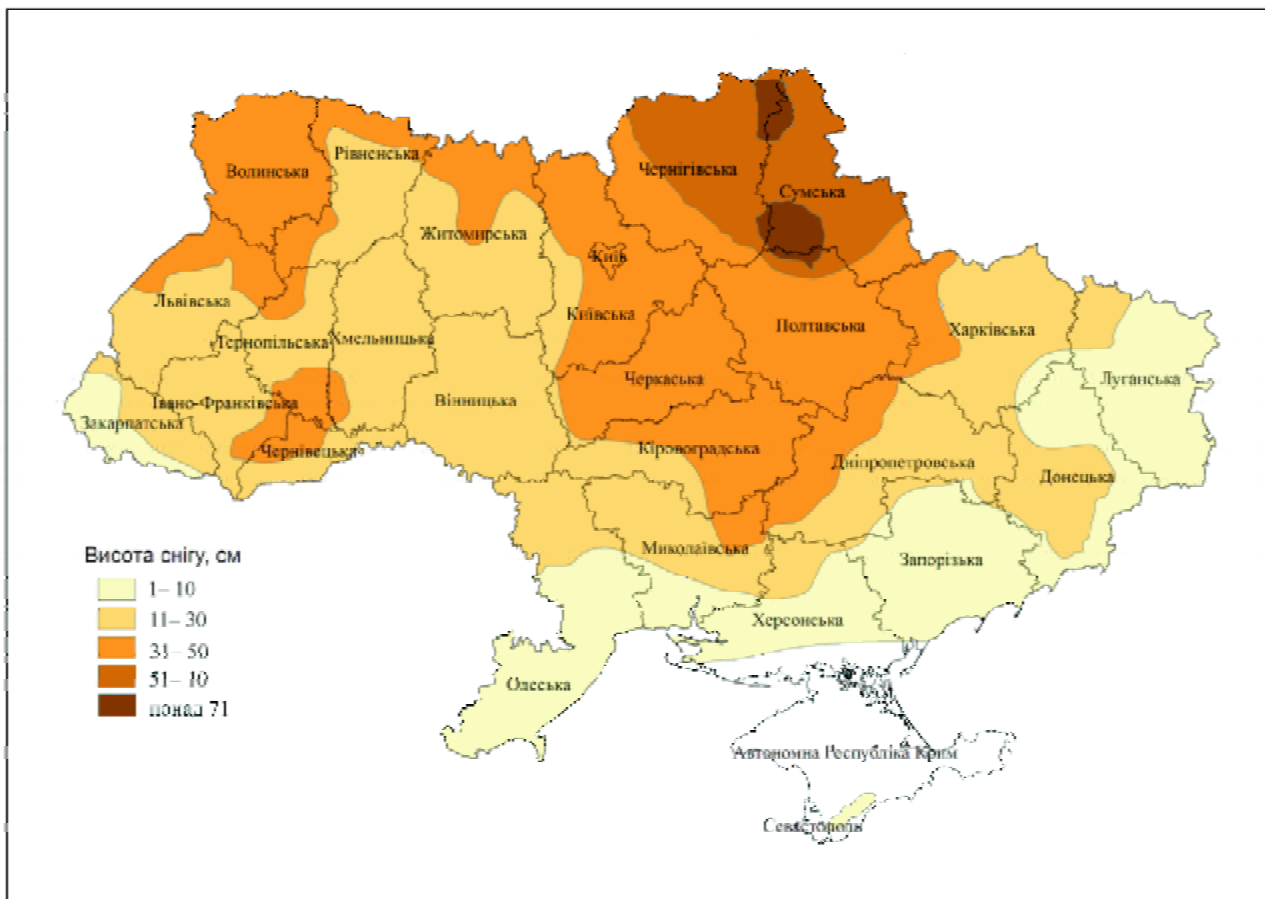


Рис. 1. Карта розподілу товщини снігового шару на території України, за даними Державної гідрометеорологічної служби України на 20 лютого 2010 р.

висотою снігового шару та неглибоким заляганням ґрунтових вод. Аналіз НС інженерно-геотехнічного походження (льодово-мерзлотні деформації водоводу у м. Алчевськ, шпунтового ряду станції метро “Деміївська” у м. Києві та ін.) засвідчує істотне погіршення умов експлуатації ГЖІС унаслідок зниження інженерно-геотехнічної стійкості пов’язаних з ними складних ПТГС.

У цілому це зумовлює необхідність уточнення інженерно-геологічних умов розташування ГЖІС і комплексної оцінки загроз від прискореного сніготанення або підвищеної кількості опадів, з огляду на прискорений рух поверхневих вод і накопичення їх аномальних обсягів у річкових руслах, що мають 70–80 % техногенного зарегулювання (наявність до 28,5 тис. водосховищ і ставків).

**Оцінка рівня можливих загроз від прискореного танення снігу для безпеки експлуатації залізниці.** Питома вага залізничного транспорту України у загальному вантажообігу (без урахування трубопровідного транспорту) становить 89,1 %, у загальному пасажирообороті – 62,3 % [12–14]. За даними Держкомстату України, перевезення вантажів залізницями порівняно із січнем–квітнем 2006 р. зросло у 2007 р. у середньому на 14,1 %, у тім числі відправлення вантажів – на 11,2 %, пасажирів – на 1,1 %, що є вищим за показники зростання ВВП і свідчить про важливість безпечного функціонування заліз-

ничної мережі як чинника економічної складової національної безпеки держави.

Слід взяти до уваги, що за експлуатаційної протяжності головних колій Укрзалізниці 22,3 тис. км і розгорнутої протяжності колій 30,3 тис. км, у тім числі електрифікованих колій 9,2 тис. км (30 %), середня просторова щільність експлуатаційної мережі залізниць України є доволі високою:  $22,3 \cdot 103 / 603 \cdot 103 \approx 0,037$  км/км<sup>2</sup>. Розташування залізничного комплексу в межах різноманітних фізико-географічних зон і геологічних структур із розвитком пухких водонестійких порід збільшує ризики його комплексного ураження НЕГП за умов прискореного танення підвищеної кількості снігових опадів.

За існуючими оцінками, однією з основних причин виникнення НС на залізницях є незадовільний стан залізничних колій внаслідок пошкоджень їх конструктивних елементів [12]. Проведений ІПНБ РНБО України за даними МНС України аналіз свідчить, 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 та підземного стоку, профілю схилів, аномальне водонасичення підґрунтя та пов’язані з ним гідрогеодеформації полотна.

Таблиця 1. Оцінка рівня можливих загроз від прискореного танення снігу для безпеки експлуатації залізниці на території України

| Висота снігу, см | Орієнтовна довжина залізничних колій у зонах ризику, км | Частка довжини залізничних колій на уражених територіях, % |
|------------------|---|--|
| 1 – 10           | 4765,2  | 19,74  |
| 11 – 30          | 10344,3   | 43,68  |
| 31 – 50          | 6278,5  | 26,5   |
| 51 – 70          | 1342,6  | 5,67   |
| >71              | 171,1   | 0,72   |

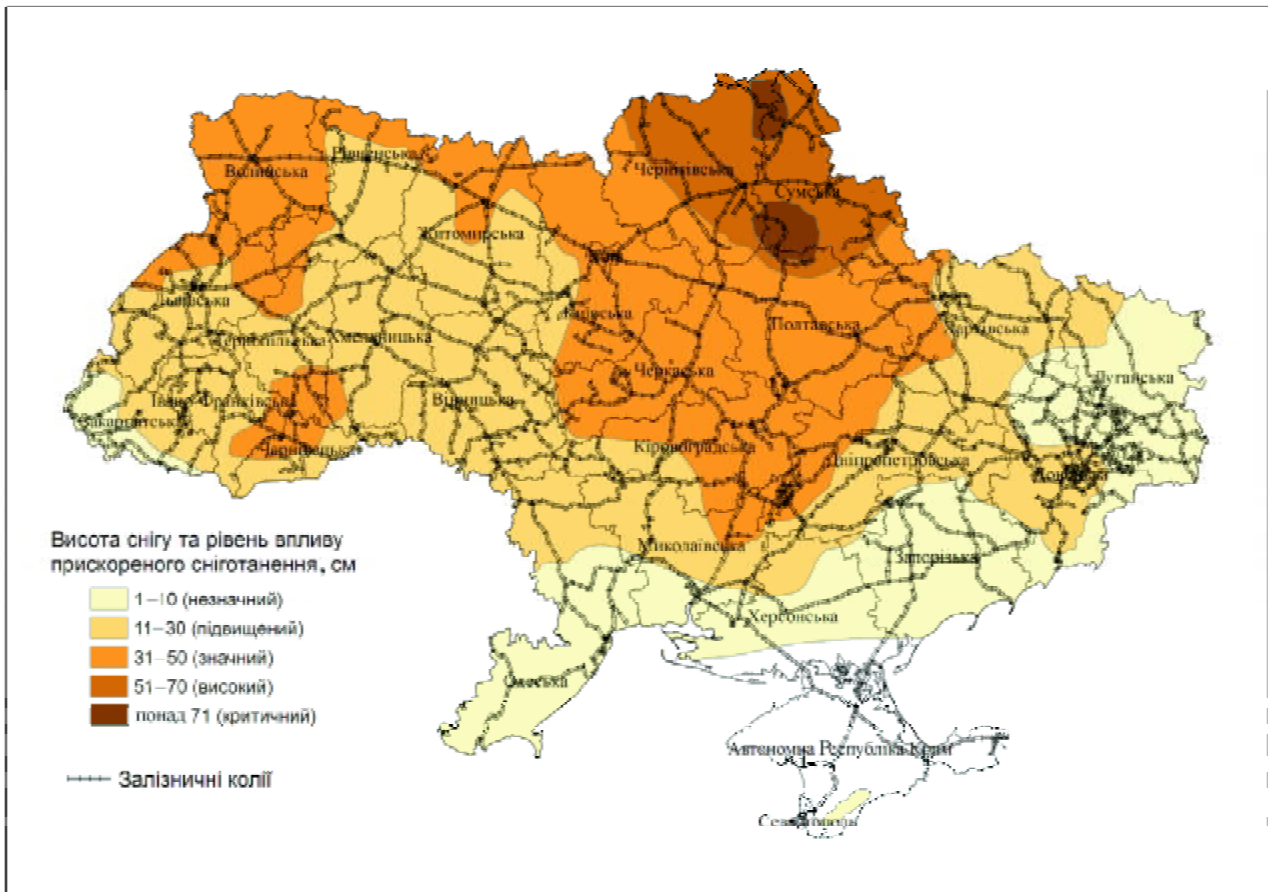


Рис. 2. Карта розташування залізничних колій в умовах загроз від високого рівня снігу на території України

З використанням ГІС-технологій здійснено просторову оцінку загроз від високого рівня снігу для безпеки функціонування залізниці. За фізичну основу критерію безпеки експлуатації взято ділянки залізниці у зонах високого рівня снігу, а за його кількісну величину – відсоток довжини залізничних колій у межах регіонів з високим рівнем снігового шару (табл. 1, рис. 2).

Аналіз отриманих даних дає змогу виявити небезпечні регіони з точки зору найбільшої протяжності залізничних колій, які розташовані на територіях з високим рівнем снігового шару. До них передусім можна віднести Чернігівську, Сумську та Полтавську області, у яких зафіксовано найбільшу висоту снігу (понад 51 см) на території України. Слід зазначити, що ці адміністративні області перебувають у зонах імовірного прояву підтоплення земель, що в цілому може істотно посилити негативний вплив на безпеку експлуатації

залізничного транспорту. Крім того, результати оцінки свідчать, що через найнебезпечніші території з висотою снігу понад 71 см проходить менше 1% довжини залізничних колій, тоді як найбільша її частина (43,68%) охоплює території помірної небезпеки з висотою снігу 11–30 см.

Оцінка рівня можливих загроз від прискореного танення снігу для безпеки експлуатації магістральних газопроводів. Газотранспортна система України об'єднує понад 37 тис. км магістральних газопроводів, 72 компресорні станції, а також 13 підземних сховищ газу [12–14]. У 2007 р. територією України здійснено транспортування транзитом 115,2 млрд м<sup>3</sup> природного газу, що на 13,3 млрд м<sup>3</sup>, або на 10,4%, менше показника 2006 р. Зважаючи на обсяги використання та транспортування природного газу, а також визначальний рівень впливу його енергетичного еквіваленту на національну безпеку України, безпеч-

Таблиця 2. Загрози від снігу для безпеки експлуатації магістральних газопроводів на території України

| Висота снігу, см | Орієнтовна довжина магістральних газопроводів у зонах ризику, км | Частка довжини магістральних газопроводів на уражених територіях, % |
|------------------|--|---|
| 1 – 10           | 1072,8   | 17,03   |
| 11 – 30          | 2556,2   | 40,59   |
| 31 – 50          | 2045,6   | 32,48   |
| 51 – 70          | 277,6  | 4,41  |
| >71              | 71,7   | 1,13  |

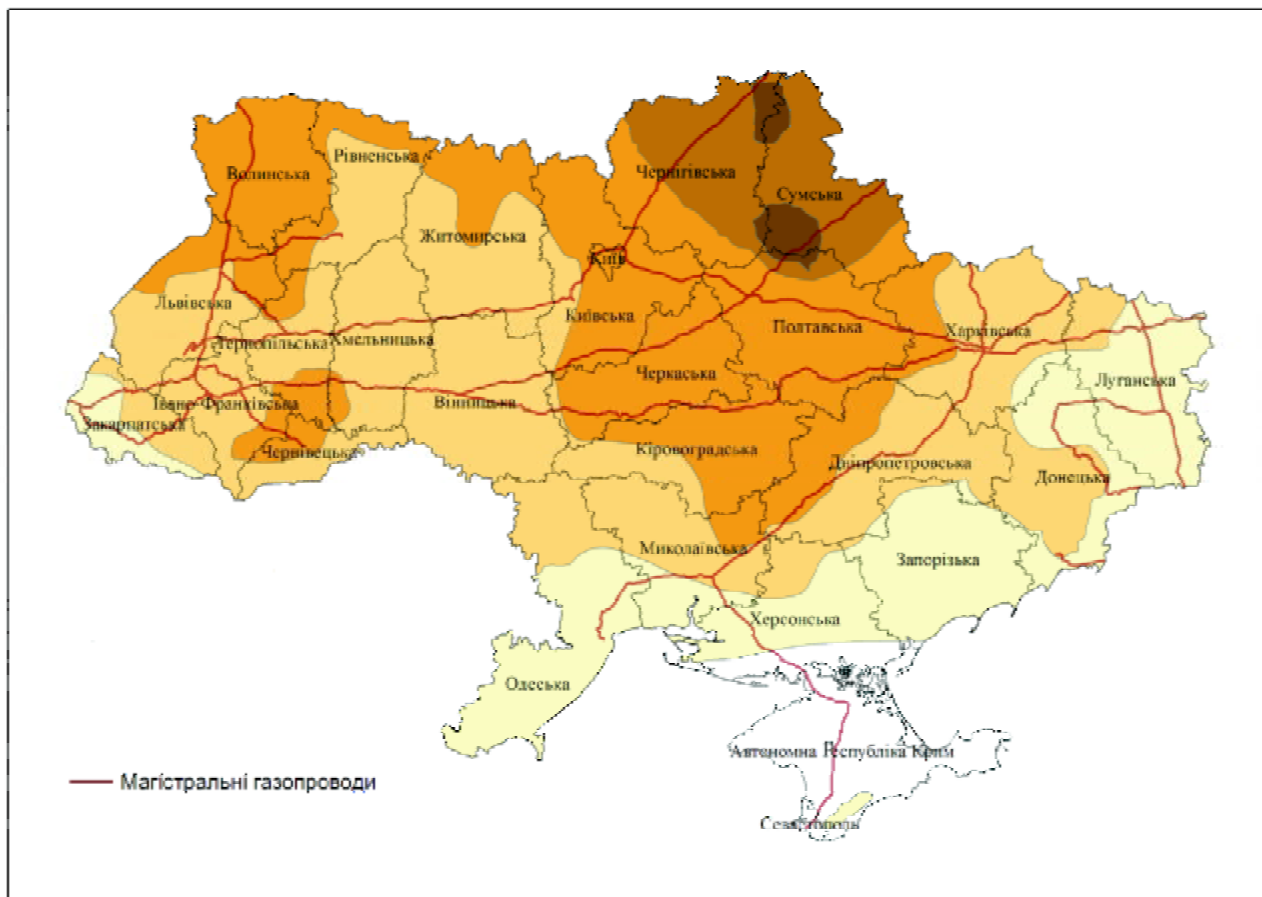


Рис. 3. Карта розташування магістральних газопроводів за умовами загроз від прискороного танення снігу на території України. Умовні позначення див. на рис. 2

не та безперебійне функціонування системи магістральних газопроводів має стратегічне значення для багатьох галузей економіки і життєдіяльності населення країни. Загалом ПТГС газотранспортних комплексів має аналогічні чинники формування порівняно з іншими ГЖІС, зокрема лінійний розвиток у складних інженерно-геологічних умовах, динамічні навантаження на геологічне середовище та екологічні впливи на довкілля. Тому оцінка загроз від прискороного танення снігу для безпеки експлуатації магістральних газопроводів нами виконана за аналогічною методичною схемою (табл. 2, рис. 3).

Згідно з отриманими даними, найбільша загроза від високого рівня снігу для магістральних газопроводів спостерігається для 1,13 % їхньої довжини (або 71,7 км), розташованих на території Сумської, Чернігівської та Полтавської областей. Найбільша частина довжини магістраль-

них газопроводів (40,59 %) перебуває на відносно небезпечних територіях з рівнем снігу 11–30 см. Оскільки вказані адміністративні області розташовані на територіях багаторічного прояву процесів підтоплення, просідних порід та карсту, це може суттєво збільшити рівень загроз для безпеки експлуатації магістральних газопроводів унаслідок ланцюгового або синергетичного розвитку гідрометеорологічних та екзодинамічних чинників.

**Оцінка рівня можливих загроз від прискороного танення снігу для безпеки експлуатації магістральних електромереж.** За даними МНС [12], в електроенергетичній галузі України експлуатується близько 1 млн км повітряних і кабельних ліній електропередач усіх класів напруги, а також 203 тис. одиниць трансформаторних підстанцій напругою 6–750 кВ, загальною потужністю 201 тис. МВт. Магістральні електричні мережі

Таблиця 3. Оцінка загрози від сніготанення для безпеки експлуатації магістральних електромереж на території України

| Висота снігу, см | Орієнтовна довжина електромереж у зонах ризику, км | Частка довжини електромереж на уражених територіях, % |
|------------------|--|---|
| 1 – 10           | 5129,7   | 21,39   |
| 11 – 30          | 9216,6   | 38,43   |
| 31 – 50          | 6125,4   | 25,54   |
| 51 – 70          | 1388,8   | 5,79  |
| >71              | 122,7  | 0,51  |

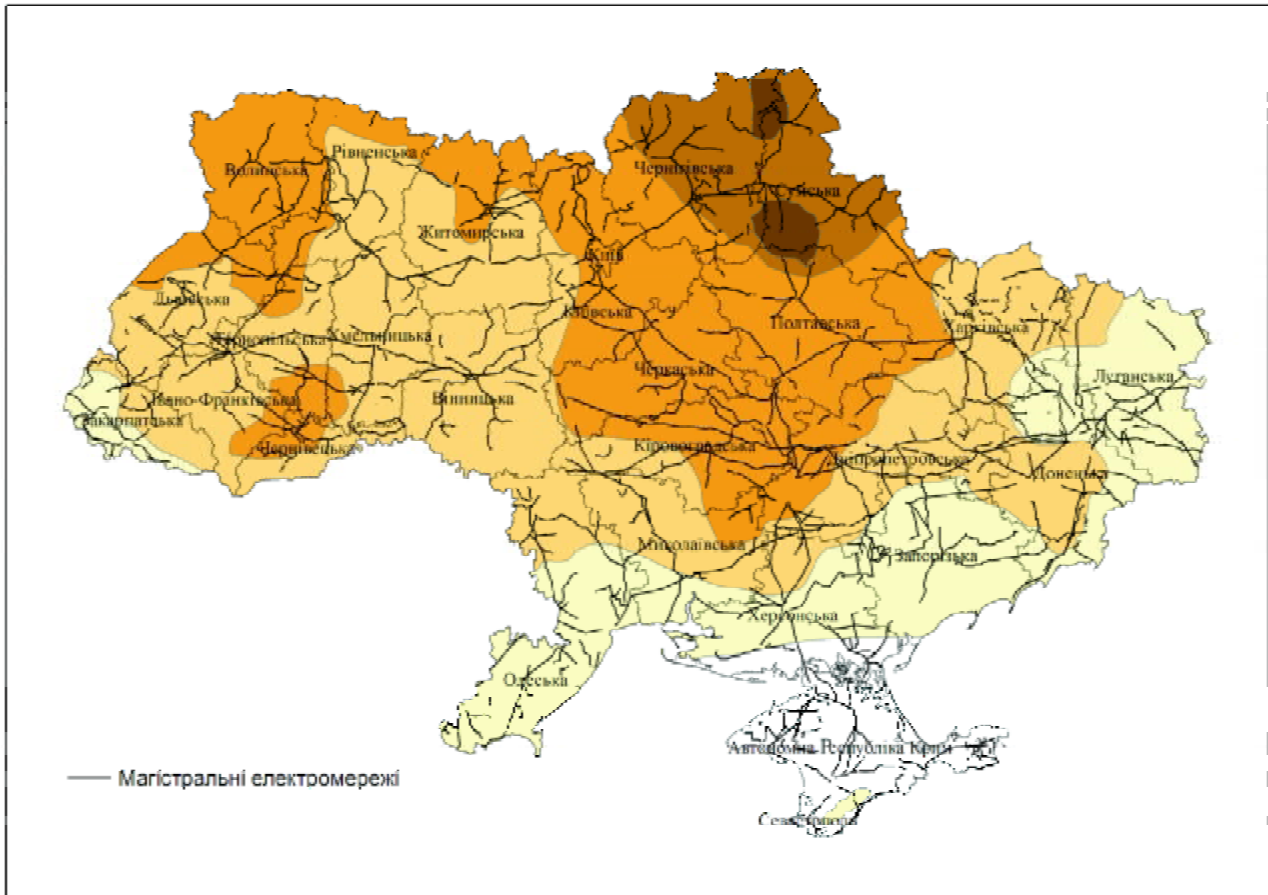


Рис. 4. Карта розташування магістральних електромереж в умовах загрози від танення снігу на території України. Умовні позначення див. на рис. 2

(МЕМ) напругою 220–750 кВ налічують 131 підстанцію загальною потужністю 76,8 тис. МВт та 22,5 тис. км повітряних ліній електропередач. У магістральних електромережах напругою 220 та 330 кВ потребують відновлення 63 % повітряних ліній напругою 220 кВ і 19 % – напругою 330 кВ від їхньої загальної довжини.

Вказані чинники додатково посилюються тим, що протягом останніх 20 років на значній частині території України в умовах розвитку лесо-просідних порід (поширених на 70 % території країни) відбувається регіональна активізація НЕГП, які негативно впливають на інженерно-геотехнічну стійкість підґрунтя відповідальних елементів МЕМ. За комплексної дії техногенних і гідрометеорологічних чинників це може призвести до збільшення кількості й складності НС різного характеру з негативними наслідками для населення та навколишнього середовища [6, 12].

За даними просторової оцінки загрози від прискореного сніготанення для безпеки магістральних електромереж, виконаної в ІПНБ РНБО України з використанням геоінформаційних технологій (табл. 3, рис. 4), нині 0,51 % (122 км) загальної довжини МЕМ перебувають у найнебезпечніших зонах з надзвичайно високим рівнем снігового шару (понад 71 см).

Найбільша частина магістральних електромереж розташована на територіях із відносно помірною небезпекою за цим критерієм, коли висота снігу становить 11–30 см. Тим не менше слід відзначити, що в адміністративних областях з найбільшою висотою снігового шару (Чернігівська, Полтавська та Сумська області) існують реальні загрози від спільного прояву декількох НЕГП (підтоплення, просідання, карст), що в цілому може додатково збільшити негативний вплив на інженерно-геологічну безпеку МЕМ [7–11].

Таблиця 4. Загрози від снігу для безпеки експлуатації основних автошляхів на території України

| Висота снігу, см | Орієнтовна довжина автошляхів у зонах ризику, км | Частка довжини автошляхів на уражених територіях, % |
|------------------|--|---|
| 1 – 10           | 9435,6   | 20,37   |
| 11 – 30          | 18319,9  | 39,55   |
| 31 – 50          | 12900,3  | 27,85   |
| 51 – 70          | 2999,3   | 6,47  |
| >71              | 447,6  | 0,97  |

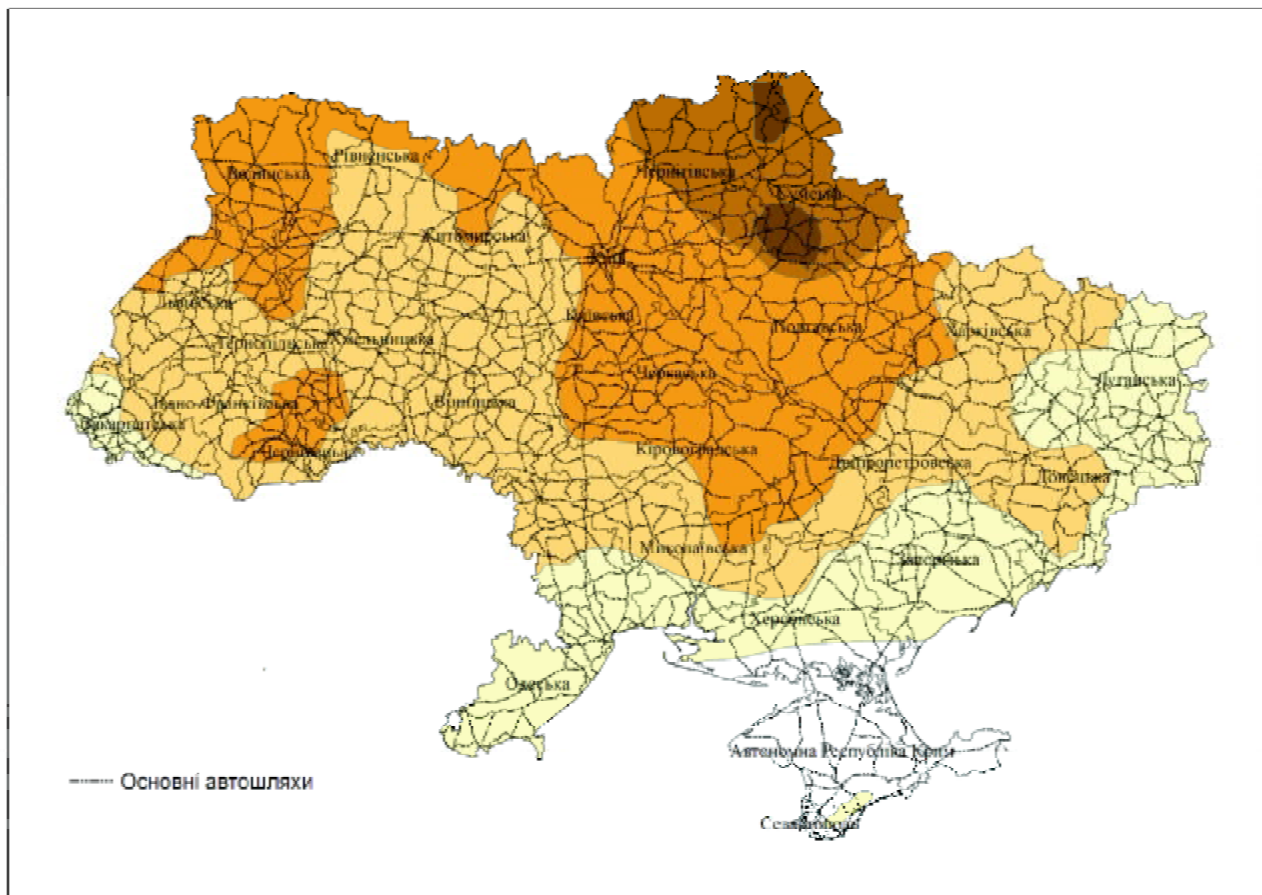


Рис. 5. Карта розташування основних автошляхів в умовах загроз від танення снігу на території України. Умовні позначення див. на рис. 2

**Оцінка рівня можливих загроз від прискореного танення снігу для безпеки експлуатації основних автошляхів.** Результати просторового аналізу (табл. 4, рис. 5) свідчать, що найбільша частина автошляхів (39,5 %) перебуває на територіях помірної небезпеки з висотою снігового шару 11–30 см. Небезпека від найбільшої висоти снігу (понад 71 см) за умов його прискореного танення та впливу на активізацію НЕГП наявна для 447,6 км основних автошляхів, що становить приблизно 1 % їхньої загальної довжини. Треба взяти до уваги, що внаслідок розвитку локальних мерзлотних деформацій інженерно-геомеханічна стійкість дорожнього полотна та покриття значно погіршується в умовах підтоплення. Комплексний вплив гідрометеорологічних та інженерно-геологічних чинників може відчутно збільшити рівень загроз для безпеки функціонування основних автошляхів на території України, в тому числі МТК з підвищеними техногенними навантаженнями.

**Висновки.** Забезпечення безпеки функціонування ГЖІС в умовах зростаючих навантажень від комплексного впливу гідрометеорологічних та інженерно-геологічних чинників є важливим і складним завданням, практичне вирішення якого потребує комплексного аналізу актуальних загроз для завчасної розробки обґрунтованих заходів щодо запобігання та протидії можливим НС. Із таких загроз суттєве значення має зростання ймовірності аномальних опадів, повеней і паводків (1998, 2001, 2008 рр.), а також прискореного танення підвищеної кількості снігових опадів з урахуванням їхнього активізуючого впливу на регіональний розвиток екзогенних геологічних процесів на території України. Спільний вплив зазначених чинників у регіонах зі зниженою водно-механічною стійкістю покривних порід (лесові, суглинисті, водорозчинні та ін.) може значно посилити не прогнозовані інженерно-геологічні зміни параметрів порід підґрунтя та відповідальних конструктивних елементів ГЖІС. Беручи до уваги

площинний характер розвитку і прояву багатьох НЕГП за умов збільшення випадків аномальних гідрометеорологічних явищ, особливо уразливими в таких умовах стають лінійні просторово розподілені системи, зокрема залізниця, магістральні газопроводи, електромережі, автошляхи.

Геоінформаційний аналіз даних щодо розподілу накопичень снігових опадів на території України дав змогу суттєво підвищити ймовірність визначення потенційних зон їхнього негативного впливу на безпеку експлуатації ГЖІС. Згідно з отриманими результатами, в найнебезпечніших регіонах на території Чернігівської, Сумської та Полтавської областей розташовано в середньому 6 % загальної довжини зазначених ГЖІС. Слід також урахувати, що ці адміністративні області перебувають у зонах можливої активізації декількох НЕГП, що також значно посилює загрози для безпеки експлуатації ГЖІС. Крім того, останніми роками, за даними спільних оцінок ІПНБ РНБО, МНС та Державної геологічної служби Мінприроди України, зростають масштаб та інтенсивність ланцюгової та синергетичної дії гідрометеорологічних та інженерно-геологічних чинників на рівень економічних та екологічних наслідків НС.

В цілому це зумовлює реальну необхідність проведення ґрунтовніших досліджень зростаючого впливу гідрометеорологічних чинників ГЗК та активізації НЕГП на умови експлуатації ГЖІС як потенційних складових виникнення новітніх загроз національній безпеці України.

1. *Лосев К.С.* Климат: вчера, сегодня и завтра? – Ленинград: Гидрометеоиздат, 1985. – 175 с.
2. *Рапун М.В., Трофимчук О.М., Г.П. Рубан та ін.* Джерела викидів парникових газів та заходи з пом'якшення зміни клімату в інфраструктурі міст України. – К.: УІДНСР, 2003. – 147 с.
3. *Ліпінський В.М., Осадчий В.І., Бабіченко В.М.* Стихійні метеорологічні явища території України за останнє двадцятиріччя (1986–2005 рр.). – К.: Ніка-

Центр, МНС, Держ. гідромет. служба України, 2006. – 328 с.

4. *Ладюрі Емануель Ле Руа.* Коротка історія клімату: від середньовіччя до наших днів. – К.: Ніка-Центр, 2009. – 144 с.
5. *Трофимчук А.Н., Черный В.Г., Черный Г.И.* Надёжность систем сооружение – ґрунтовое основание в сложных инженерно-геологических условиях. – К.: Полиграф-Консалтинг, 2006. – 248 с.
6. *Качинський А.Б.* Безпека, загрози і ризик: наукові концепції та математичні методи. – К.: ІПНБ, НАСБ України, 2004. – 472 с.
7. *Іванюта С.П.* Про безпеку функціонування мостів на автошляхах України в умовах інженерно-геологічних загроз // Геоінформатика. – 2009. – № 1 (29). – С. 82–90.
8. *Биченок М.М., Іванюта С.П., Яковлев Є.О.* Ризики життєдіяльності у природно-техногенному середовищі. – К.: ПП “Інтертехнологія”, 2008. – 160 с.
9. *Іванюта С.П., Яковлев Є.О.* Про оцінку регіональних загроз від сукупного впливу екзогенних геологічних процесів для систем транспортування // Мінеральні ресурси України. – 2008. – № 2. – С. 42–47.
10. *Іванюта С.П.* Оцінка актуальних геологічних загроз для безпеки функціонування ліній електропередач та магістральних газопроводів // Екологія і ресурси: 36. наук. праць – К.: Ін-т проблем нац. безпеки, 2008. – № 19. – С. 19–31.
11. *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.
12. *Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2006 р.* – К.: ДП “Чорнобильінтерінформ”, 2007. – 236 с.
13. *Підсумки роботи транспорту України за січень–квітень 2007 року: Експрес-довідка № 109 Держкомстату України від 15.05.2007 р.*
14. *Інформаційна довідка про основні показники розвитку галузей паливно-енергетичного комплексу України за грудень та 2007 рік.* – [http://mpe.kmu.gov.ua/fuel/control/uk/publish/article?art\\_id=121024&cat\\_id=35081](http://mpe.kmu.gov.ua/fuel/control/uk/publish/article?art_id=121024&cat_id=35081).

*Надійшла до редакції 14.04.2010 р.*

*С.П. Іванюта, Є.О. Яковлев*

## **ГЕОІНФОРМАЦІЙНИЙ АНАЛІЗ ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ЗАГРОЗ ДЛЯ БЕЗПЕКИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ГОЛОВНИХ ЖИТТЄЗАБЕЗПЕЧУВАЛЬНИХ ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ УКРАЇНИ**

Виконано геоінформаційний аналіз гідрометеорологічних загроз для безпеки функціонування головних життєзабезпечувальних інженерних систем на території України за умов підвищеної кількості опадів та прискореного сніготанення з урахуванням ризику активізації при цьому зсувних, просідних та інших небезпечних екзогенних геологічних процесів. На цій основі визначено частку довжини зазначених просторово розподілених систем, що перебувають у зонах імовірного формування паводково-повеневих процесів та їх підвищеного впливу на виникнення надзвичайних ситуацій (НС) інженерно-геологічного походження. Показано, що внаслідок техногенного перевантаження геологічного середовища України останніми роками більшість НС мають ланцюговий (повінь–зсуви, повінь–підтоплення) або синергетичний (геохімічне забруднення–агресивність ґрунтів) характер, що погіршує безпеку життєдіяльності у багатьох регіонах держави.

**Ключові слова:** геоінформаційний аналіз, головні життєзабезпечувальні інженерні системи, танення снігу, паводко-повеневі та небезпечні екзогенні геологічні процеси, загрози, регіональна оцінка.

**ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УГРОЗ  
ДЛЯ БЕЗОПАСНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГЛАВНЫХ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ  
ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ УКРАИНЫ**

Выполнен геоинформационный анализ гидрометеорологических угроз для безопасности функционирования главных жизнеобеспечивающих инженерных систем на территории Украины, связанных с повышенным количеством осадков и ускоренным таянием снега, с учетом риска активизации при этом оползневых, просадочных и других опасных экзогенных геологических процессов. На этой основе определена часть длины указанных пространственно распределенных систем, которые находятся в зонах вероятного формирования паводковых процессов и их повышенного влияния на возникновение чрезвычайных ситуаций инженерно-геологического происхождения. Показано, что в результате техногенной перегрузки геологической среды Украины в последние годы большинство чрезвычайных ситуаций имеет цепной (наводнение—оползень, наводнение—подтопление) или синергетический (геохимическое загрязнение—агрессивность почв) характер, что ухудшает безопасность жизнедеятельности во многих регионах страны.

**Ключевые слова:** геоинформационный анализ, главные жизнеобеспечивающие инженерные системы, таяние снега, паводковые и опасные экзогенные геологические процессы, угрозы, региональная оценка.