

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ENVIRONMENTAL SAFETY

UDK 624.131

Yevheniy O. Yakovlev, D. S., Principal researcher

Olexij G. Rogozin, D. S. (Economics), Principal researcher
e-mail: olexarog@gmail.com

Institute of Telecommunication and Global Information Space of NASU, Kyiv, Ukraine

THE FACTORS AND POSSIBLE CONSEQUENCES OF REGIONAL CHANGES IN ENGINEERING AND GEOTECHNICAL STATUS OF LOESSES AND LOESSY-LOAMY SOILS OF UKRAINE

Abstract. *Over the recent decades in Ukraine regional activation of flooding of lands, accompanied by landslide formation and subsidence of surfaces take place. It is caused by interaction of a complex of natural and technogenic factors (global climate changes, groundwater afflux in areas of impact of reservoirs, flooding of numerous mines and quarries, etc.). On the territories of the most widespread in Ukraine loessy and loessy-loamy soils these phenomena become the most dangerous transformations of engineering and geotechnical state of the upper part of the geological environment. The researches carried out at the ITGIS have clarified that the specific engineering and geological properties of loessy soils (soaking, subsidence and thixotropy) are the main factors contributing to progressive reduction of engineering seismogeological stability of these soils. The cause of thixotropic dilution is the operation of various vibration mechanisms or closeness of the objects causing vibration (railways, etc.). Thixotropic dilution is mostly caused by vibrational destruction of non-waterproof aggregate structure of loessy soil. Destruction is also accompanied by vibrational movement of products of destruction into the pore space. After termination of vibration the aggregate structure is partially restored due to the formation of secondary aggregates. Today more than 50% of 460 cities and 885 urban-type settlements in Ukraine are located in the zone of subsiding loessy and loessy-loamy soils, up to 15% are affected by natural and technogenic karst formation, and in 9% (123) of the cases development of landslides was recorded. Natural and technogenic flooding of the territory was recorded in more than 40% (546) of cities and towns. Therefore, there are complex changes in the geotechnical conditions in majority of the industrial urban agglomerations of Ukraine and deterioration of ecological and geological parameters of life within them. The zoning by the regional geotechnical risk of flooding of cities and villages of Ukraine situated on loessy and loessy-loamy soils should be carried out on the basis of the combined effect of natural and technogenic factors. It is recommended to apply the additive model of influence on geotechnical*

© Ye.O. Yakovlev, O.G. Rogozin, 2018

risk. The mentioned risk is proposed to be quantified by indicators of the specific density of areas of flood and landslide development in both technogenic and natural conditions.

The property of water-saturated loessy soils to move to the quicksand state is mostly due to the structural features of these soils and to the laws of their transition to the rarefied state. The process of obtaining by loesses (in circumstances of long-term flooding) of fluid-thixotropic properties develops in the Southern region on irrigated lands and begins to spread to the other regions. It is necessary to continue scientific and production works to improve the methodological basis of an assessment of the impact of modern changes in levels and chemical composition of groundwater, negative technogenic effects on the subsoil, global climate change and other factors on formation of the geotechnical risk using modern technologies of GIS and Earth remote sensing, as well as to complement this basis with ecologic, economic and insurance assessments of the risk of life safety.

Keywords: regional changes; loesses; landslide formation; subsidence; thixotropic dilution

Є.О. Яковлєв, О.Г. Рогожин

Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України,
м. Київ, Україна

ФАКТОРИ І МОЖЛИВІ НАСЛІДКИ РЕГІОНАЛЬНИХ ЗМІН ІНЖЕНЕРНО-ГЕОТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЛЕСІВ ТА ЛЕСОВО-СУГЛИНИСТИХ ПОРІД УКРАЇНИ

Анотація. В останні десятиліття в Україні внаслідок взаємодії комплексу природних і техногенних чинників (глобальні зміни клімату, підпір ґрунтових вод в зонах впливу водосховищ, затоплення численних шахт та кар'єрів тощо) спостерігається регіональна активізація підтоплення земель, супроводжувана зсувоутворенням та просіданнями денної поверхні. На територіях розповсюдження найпоширеніших в Україні лесових та лесово-суглинистих порід саме ці явища набувають значення найбільш небезпечних трансформацій інженерно-геотехнічного стану верхньої частини геологічного середовища. Дані спостережень свідчать про тенденцію до активізації цього негативного природно-техногенного процесу в просторовому і часовому вимірах, до збільшення підтоплених та уражених зсувами площ, насамперед в межах міст та селищ. Виконані у ІТГП НАНУ дослідження дали змогу встановити, що провідними факторами, які сприяють прогресуючому зниженню інженерно-сейсмогеологічної стійкості лесових товщ, є специфічні інженерно-геологічні властивості цих порід, такі як розмокаємість, просадковість та тиксотропність.

Ключові слова: регіональні зміни; леси; зсувоутворення; просідання; тиксотропне розрідження

Вступ

В Україні зафіксовано розвиток понад 20 різних екзогенних геологічних процесів та явищ, п'ять видів яких є особливо небезпечними, що активно впливають на зміни інженерно-геологічних умов осадового чохла та його геотехнічні параметри у природних та техногенних умовах. З огляду на істотні відмінності структурно-геологічної будови території України (до 10 принципів)

відмінних інженерно-геологічних структур) та практично повсюдне збільшення техногенного навантаження на компоненти геологічного середовища (ГС), до провідних небезпечних екзогенних геологічних процесів (НЕГП), що мають просторове поширення та спричиняють найбільший ризик порушення стійкості будівель і споруд, слід віднести: гравітаційні схилі процеси (зсуви), підтоплення, карст, просідання лесових порід, осідання поверхні над гірничими виробками [1, 3, 4, 10]. Згідно з результатами режимних спостережень, які фіксують посилення взаємозв'язку між динамікою господарської діяльності та регіональним розвитком НЕГП, критерієм підвищеної геодинамічної активності території доцільно вважати одночасний прояв на ній декількох екзогенних геологічних процесів (їх парагенетичну асоціацію).

В останні десятиліття в Україні внаслідок взаємодії комплексу природних і техногенних чинників (глобальні зміни клімату, підпір ґрунтових вод в зонах впливу водосховищ, затоплення численних шахт та кар'єрів тощо) спостерігається регіональна активізація підтоплення земель, супроводжувана зсувоутворенням та просіданнями денної поверхні. На територіях розповсюдження найпоширеніших в Україні лесових та лесово-суглинистих порід (ЛСП) саме ці явища набувають значення найбільш небезпечних трансформацій інженерно-геотехнічного стану верхньої частини геологічного середовища (ГС). Дані спостережень свідчать про тенденцію до активізації цього негативного природно-техногенного процесу в просторовому і часовому вимірах, до збільшення підтоплених та уражених зсувами площ, в першу чергу в межах міст та селищ.

З технічної точки зору, термін «підтоплення» доцільно тлумачити як підвищення на окремих територіях рівнів підземних та ґрунтових вод і зволоження ними гірських порід та ґрунтів зони аерації, що призводить до ускладнення господарської та виробничої діяльності людей, погіршення умов їх проживання, а також до зміни фізичних та геотехнічних властивостей ґрунтів.

Розвиток підтоплення на регіональному та локальному рівнях в містах і селищах України має ресурсно-техногенний потенціал до подальшої активізації і збільшення площ прояву в майбутньому. З іншого боку, використання лесових порід та ЛСП як основи для інженерних споруд в останні десятиріччя різко збільшилось у зв'язку з розвитком промисловості та повсюдної урбанізації територій.

У межах промислово-міських агломерацій (ПМА) верхній шар геологічного розрізу зазвичай складений техногенними ґрунтами. Це переміщені і змінені людиною пухкі утворення та подрібнені скельні і напівскельні породи, різного роду будівельне сміття, господарсько-побутові й тверді відходи, що мають високу здатність до водонасичення та масштабних змін інженерно-геотехнічних параметрів (міцності на стискання, зчиплення, швидкості розмокання). В Україні нараховуються сотні міст та селищ міського типу, що потребують захисту від тих чи інших НЕГП, до того ж в багатьох містах одночасно розвиваються декілька їх видів. Так, за даними УкркомунНДПроекту, у 2002 р. до 550 міст та селищ зазнавали процесу постійного підтоплення ґрунтовими водами, в 144 спостерігалися активні зсувні зміщення, в 50 – просідання лесових ґрунтів під будівлями, а в 12 – осідання поверхні над гірничими виробками.

Підтоплення міст і селищ зафіксоване практично у всіх областях України та спостерігається в більшості міст і селищ міського типу, де іноді підтоплено до 30% і більше території. Поряд з іншими факторами, збільшення вологості та обводнення ґрунтів поблизу стрімких схилів (більше 8-10°) ярів та балок також призводить до активізації зсувних процесів.

Збільшення щільності забудови у містах та промислових міських агломераціях (ПМА) докорінно змінює умови існування лесів. Причому саме властивість лесових ґрунтів просідати під навантаженням при замочуванні визначає небезпечність умов будівництва на лесових і лесово-суглинистих ґрунтах.

У практиці будівництва та експлуатації різних споруд, які побудовані на лесових ґрунтах, в ряді міст України неодноразово мали місце просідання, оскільки ще однією специфічною властивістю лесів та ЛСП є здатність до просадковості (ущільнення) при додатковому зволоженні без збільшення геомеханічного навантаження. Розвиток просадковості лесів та ЛСП в регіональному масштабі пов'язаний з наступними фізико-механічними та водно-фізичними властивостями:

- високою пористістю (до 45–55%);
- фільтраційною анізотропією (перевищення вертикальної проникності над горизонтальною у 15–25 разів і більше);
- переважанням пилюватих часток над глинистою складовою.

Лесові та лесово-суглинисті породи переважають на більшій частині рівнинної території України (до 70% її площі). Потужність їхньої товщі становить 10–20 м, що обумовлює просадковість I та II типів, причому при потужності до 10 м переважає I тип просадковості. Це типи ґрунтових умов будівельних майданчиків, визначені у ДБН «В.1.1-5-2000, частина II, Будинки і споруди на просадкових ґрунтах» [1, 2, 4] залежно від параметрів реалізації просадковості: I тип – умови, за яких можливе просідання ґрунтів від зовнішнього навантаження, але від власної ваги просідання або відсутнє, або не перевищує 5 см; II тип – умови, за яких, крім просідання від зовнішнього навантаження, можливе понад 5-сантиметрове просідання від власної ваги. Причому у геопросторовій структурі лесових порід та ЛСП спостерігаються наступні зональності:

- зростання потужності і повноти літологічного розрізу (кількості літологічних циклів), широтна зональність у південному напрямі;
- збільшення потужності товщі у річкових долинах від молодих терас до давніх;
- збільшення потужності товщі на вододілах у південному напрямі від 15–20 м (Придністров'я) до 30–35 м (Причорномор'я), 40–50 м (долина Дунаю).

У південному напрямі також збільшується розвиток підтоплення на регіональному рівні (табл. 1) та засоленості лесів і ЛСП. Зокрема, у Запорізькій і Дніпропетровській областях майже 80% господарських об'єктів розміщено на лесових породах із II типом ґрунтових умов за загрозою просідання будівель. Кількість будівель і споруд, що отримали численні деформації конструкцій, у цих областях перевищує 10 тисяч [1, 3, 10] (табл. 2).

В ареал поширення просадкових лесових порід потрапляють основні масиви зрошення та великі промислово-міські агломерації: Дніпровсько-Кам'янська, Запорізька, Херсонська, Миколаївська. За даними Е.Ф. Краєва [4],

найбільша потужність схильних до просідання лесових товщ становить у містах: Нікополь – 30 м, Запоріжжя – 20 м, Дніпро і Марганець – 15 м. Причому просідання від власної ваги при замочуванні сягає у Дніпрі 0,3–0,6 м, Нікополі – 1,0–1,4 м, Запоріжжі – 1,4–2,2 м.

Лесові ґрунти на територіях міст та промислових зон стають середовищем підземних споруд: підвальних приміщень, тунелів, приміщень іншого функціонального призначення. В залежності від об'єму простору, що займають такі споруди, режиму їх експлуатації, наявності сітки теплопроводу та електрозв'язку, підземні споруди змінюють у ґрунтах фізичні поля – температурне, електричне, електромагнітне.

Усе вищенаведене є переконливим аргументом на користь твердження про зростання актуальності проблеми наукового обґрунтування заходів з підвищення водно-екологічної безпеки територій міст і селищ України, особливо в межах площ розповсюдження лесів та ЛСП, чутливих до порушень водо-теплообміну. Оскільки збереження нормативної несучої спроможності лесів та ЛСП в умовах поширення порушень їх водо-теплообміну стає головним фактором стабілізації інженерно-геологічних умов та зниження ризику життєдіяльності населення на більшій частині території України.

Метою статті є удосконалення основних підходів до дослідження проблеми механізмів формування геотехнічного ризику в містах і селищах України внаслідок техногенної дестабілізації їх геологічного середовища в умовах розвитку процесів підтоплення, спричинених, зокрема, посиленням чинників глобальних змін клімату.

Розвиток процесів підтоплення в Україні

Загалом підвищення рівнів ґрунтових вод (РГВ) та формування ділянок підтоплення в межах міст та селищ пов'язано зі складним комплексом природних і техногенних режимоутворюючих чинників, які виникають у різноманітних умовах водообміну ґрунтового водоносного горизонту, що мають просторово-ймовірнісний характер впливу.

Виконаний у ІТГП НАН України комплексний аналіз матеріалів наукових та моніторингових підрозділів Державної служби геології та надр Мінприроди, ІГН НАН України, ДСНС та Держкомгідромету виявив принципово нову фазу регіонального розвитку процесу підтоплення лесових формацій, особливо в межах міст і селищ, за умов суцільного зниження природної дренажної здатності більшості річок внаслідок їх підпору, замулення значних ділянок русел та зростання техногенного живлення ґрунтових вод з наступним підвищенням їх рівнів.

В сучасних умовах посилюється прояв чинників глобальних змін клімату (ГЗК), зокрема таких як потепління, збільшення кількості та нерівномірності опадів, зростання висоти й частоти повеней і паводків, скорочення терміну існування шару промерзання ґрунтів. Ці чинники підсилюють процеси підтоплення і засолювання, стаючи провідним фактором зниження геомеханічної стійкості лесових товщ та збільшення їх уразливості до посилення інженерно-сейсмогеологічних впливів на природно-техногенні геосистеми (ПТГС) «техногенний об'єкт – верхня зона геологічного середовища» (табл. 1).

Таблиця 1 – Вплив факторів глобальних змін клімату на інженерно-геологічні умови лесів та лесово-суглинистих порід (ЛСП)

№№ п/п	Фактори впливу глобальних змін клімату	Зміни механічного та фізико-хімічного стану лесів та ЛСП	Рівень прояву змін інженерно-геологічного стану лесів та ЛСП	
			Регіональний	Міста та селища
1	Потепління	1. Зменшення часу і шару промерзання. 2. Збільшення інфільтраційного живлення та вологонасичення. 3. Погіршення геомеханічних параметрів.	Південні регіони України	1. Збільшення ділянок підтоплення та просадковості. 2. Активізація зсувоутворення та схилової ерозії.
2	Нерівномірні опади	1. Збільшення зволоження та соленакопичення у верхньому шарі. 2. Зменшення міцності та просадкоутворення.	Весь ареал регіонального розповсюдження лесів та ЛСП	3. Зростання кількості провальних деформацій.
3	Збільшення висоти та частоти повеней і паводків	1. Збільшення водонасичення прибережних ділянок. 2. Зменшення міцності у підніжжі схилів. 3. Розвиток процесів пучіння та зсувоутворення. 4. Ерозійне руйнування прибережних зон.	Придніпровський та Прикарпатський регіони	

Джерело: [1, 8, 11]

Головними наслідками комплексної довгострокової дії зазначених просторово розподілених чинників є наближення рівнів ґрунтових вод до поверхні і зменшення здатності водоненасичених порід до поглинання підвищених опадів, повеневих вод та утримання забруднень.

Обумовлено це здебільшого тим, що вже понад 20 років має місце стійке підтоплення великих частин річкових басейнів і навіть басейнів підземних вод в Причорномор'ї, Придніпров'ї, Донбасі, Прикарпатті тощо (табл. 2).

Таблиця 2 – Поширення підтоплення на території України (орієнтовно, станом на 2007 р.)

Назва адміністративної одиниці	Площа адміністративного утворення, тис. км ²	Площа підтоплення, тис. км ²	Кількість населених пунктів з проявами стійкого підтоплення, шт.
1	2	3	4
АР Крим	27,0	4,43	318
Вінницька	26,5	0,9	5
Волинська	20,2	12,9	11
Дніпропетровська	31,9	7,3	43
Донецька	26,5	3,04	15
Житомирська	29,9	20,13	45

Продовження таблиці 2

1	2	3	4
Закарпатська	12,8	3,02	-
Запорізька	27,2	3,2	248
Івано-Франківська	13,9	0,014	-
Київська	28,9	8,1	-
Кіровоградська	24,6	0,142	59
Луганська	26,7	0,164	89
Львівська	21,8	0,116	40
Миколаївська	24,6	17,767	496
Одеська	33,3	19,685	608
Полтавська	28,8	8,5	13
Рівненська	20,1	12,8	35
Сумська	23,8	0,474	-
Тернопільська	13,8	-	17
Харківська	31,4	3,02	-
Херсонська	28,5	11,297	269
Хмельницька	20,6	0,014	4
Черкаська	20,9	0,08	-
Чернівецька	8,1	0,4	23
Чернігівська	31,9	4,4	-
Україна загалом	603,7	121,73	2338

Джерело: [1, 3, 4, 8, 11]

Причому в ряді великих міст (Дніпро, Кам'янське, Кривий Ріг, Одеса, Київ тощо) у слабопроникних водонестійких лесах та ЛСП відбулося утворення техногенних «верхньоводних» водоносних горизонтів з підйомом рівнів на 15–35 м за останні 35–45 років.

У зв'язку з наявністю у ґрунтах і породах більшості промислово-міських агломерацій (ПМА) України природних і техногенних агресивних солей і сполук (гіпс, ангідрит, сірчано-азотнокислотні сполуки та інші) триває формування агресивних вод, які у 2–3 рази прискорюють руйнування залізобетонних фундаментів, водопровідно-каналізаційних мереж і інших споруд. Збільшення при цьому втрат води і тепла (до 35–45%) стимулює подальший розвиток і активізацію підтоплення, зсувів та просідань, граничним результатом чого стає повна геомеханічна деградація, перш за все, лесових та лесово-суглинистих порід через їх пливунні та тиксотропні перетворення [2, 6–8].

Вплив підтоплення на інженерно-геодинамічний стан лесів і лесово-суглинистих порід

У сучасних умовах посилення процесів підтоплення і засолення стає провідним фактором зниження геомеханічної стійкості лесових товщ та збільшення їх уразливості до збільшення інтенсивності інженерно-сейсмогеологічних впливів на природно-техногенні геосистеми «техногенний об'єкт – верхня зона геологічного середовища».

Виконані у ІТГП НАНУ дослідження [5, 8, 10] дали змогу встановити, що провідними факторами, які сприяють прогресуючому зниженню

інженерно-сейсмогеологічної стійкості лесових товщ, є специфічні інженерно-геологічні властивості цих порід, такі як: розмокаємість, просадковість та тиксотропність.

З іншого боку, саме чинники ГЗК та активізації техногенних перетворень водо-енергообміну у верхній зоні ГС в межах промислово-міських агломерацій, гірничо-видобувних районів, меліоративних систем, у зонах підпірного впливу водосховищ та ставків (разом це 35–40% території України) призводять до активної еволюції ключових геомеханічних, геотехнічних та фізико-хімічних параметрів товщ лесів та ЛСП на регіональному рівні у наступних напрямках:

- зростання зволоженості всього гіпсометричного профілю рельєфу (від заплав до вододілів);
- зниження міцності порід на стискання та вібростійкість;
- активізація процесів суфозії та спучування на схилах та у зонах тріщинно-тектонічного розуцільнення;
- зростання загроз тиксотропних перетворень в разі впливу природних (сейсмічних) і техногенних (вибухових, будівельних тощо) струшувань (гідрогеомеханічних деформацій);
- розвиток техногенних водоносних горизонтів (зокрема «верховодок») та збільшення агресивності порових розчинів (вміст легкорозчинних солей у них збільшується в південному напрямі від 0,8–1,2% до 4–6% в Причорномор'ї та Криму).

Механізм зміни інженерно-геологічних властивостей лесових порід в Україні

Оскільки лесові породи особливо чутливі до перезволоження, то, опинившись нижче рівня підземних вод, вони значно, часто цілком, змінюють свій специфічний вигляд, склад та властивості, стають менш карбонатними, більш щільними, зволуженими, глинистими, пластичними, тобто з часом практично втрачають здатність до просідання. При тривалому перебуванні лесових порід нижче рівнів підземних вод відбувається вилуговування гіпсу, легкорозчинних солей, що викликає зміну фізико-механічних властивостей цих ґрунтів, аж до повної втрати їх несучих властивостей, тому що легкорозчинні солі діють як коагулянти та сприяють зчепленню. Чим більший вміст солі, яка має більшу механічну міцність – тим більший опір зрушенню.

Монтморилонізація мінерального складу, що відбувається при підтопленні лесових ґрунтів, призводить до підвищення загальної гідروفільності і, як наслідок, до зниження активної пористості та водопроникності.

Зміна фізичного стану лесових ґрунтів при обводненні виявляється, перш за все, у підвищенні їх вологості, об'ємної маси та показників консистенції. Вологість лесових порід, які залягають нижче рівнів підземних вод, збільшується приблизно у 2 рази.

За численними даними, техногенне збільшення вологості лесових порід під спорудами коливається від 1–2 до 10–15%. При тривалому зволоженні лесових ґрунтів закономірно збільшуються показники водно-фізичних властивостей. Найбільш чутливою здатністю лесових порід до техногенного зволоження відображує зростання показника межі текучості.

Причиною тиксотропного розрідження є експлуатація різних вібраційних механізмів або знаходження недалеко від об'єктів, що викликають вібрацію (залізниця тощо). Тиксотропне розрідження значною мірою обумовлене віброруйнуванням неводостійкої агрегатної структури лесового ґрунту, яке супроводжується вібропереміщенням продуктів руйнування в поровий простір. Після припинення вібрації агрегатна структура частково відновлюється за рахунок формування вторинних агрегатів.

Тобто властивість водонасичених лесових ґрунтів переходить в пливунний стан обумовлена, перш за все, структурними особливостями цих порід та тісно пов'язана із закономірностями переходу в розріджений стан в процесі розмокання.

Явища переходу лесових порід в пливунний стан спостерігаються на півдні України в каналах зрошувальних систем, де ґрунти, що опливають по стінках каналів, мають вологість вищу, ніж межа текучості. Зсуви в Дніпропетровську засвідчили, що процес набуття лесами (при довготривалому підтопленні) текучо-тиксотропних властивостей почав поширюватись і в інших регіонах, що потребує спеціального моніторингу [6, 9].

Зазначена ситуація призводить до того, що сучасний розвиток господарського комплексу України відбувається в умовах зростання техногенної дестабілізації інженерно-геологічних параметрів геологічного середовища, перш за все, лесового та лесово-суглинистого породного комплексу. Наслідком цього є подальше збільшення кількості кризових явищ в техногенно-геологічних системах (ТГС) «техногенний об'єкт – геологічне середовище», активізація небезпечних екзогенних геологічних процесів (НЕГП) практично у всіх інженерно-геологічних регіонах України.

Це особливо помітно в межах міст і селищ України, де між інженерними об'єктами і геологічним середовищем, що перебувають у постійному взаємозв'язку, спостерігаються значні зміни водо-енергообміну (тепло-водопереносу), головним наслідком чого і є активізація та розвиток НЕГП у масивах лесових товщ.

Сьогодні з 460 міст та 885 селищ міського типу в Україні понад 50% розташовані в зоні розповсюдження просадкових лесових і лесово-суглинистих порід, до 15% зазнають впливу природного і техногенного карстоутворення, а в 9% (123) зафіксовано розвиток зсувних ділянок. Якщо взяти до уваги, що природно-техногенне підтоплення території зафіксовано в понад 40% (546) міст та селищ, то можна дійти висновку щодо комплексних змін геотехнічних умов у більшості ПМА України та погіршення еколого-геологічних параметрів життєдіяльності в їх межах.

Тенденцію до зростання геотехнічного ризику пошкодження і руйнування споруд в містах і селищах України внаслідок розвитку підтоплення їх території доцільно проілюструвати результатами розрахункової оцінки потенційної аварійності таких споруд за даними ДСНС України щодо кількості аварійних і ветхих житлових будинків у містах та селищах (табл. 3). Норматив припустимої аварійності – 10^{-5} 1/рік [2, 4, 7].

Таблиця 3 – Оцінка рівня технічного стану та потенційної аварійності житлового фонду у міській і сільській місцевостях України (за даними ДСНС на 01.01.2007 р.)

Регіон	Кількість житлових будинків, всього, тис. одиниць	Ветхі житлові будинки, одиниць	Аварійні житлові будинки, одиниць	Рівень потенційної загрози руйнації $n \cdot 10^{-5}$
АР Крим	332,69	937	161	350
Вінницька	569,43	3018	878	685
Волинська	232,37	1299	229	665
Дніпропетровська	608,02	1740	258	330
Донецька	849,50	4946	1617	764
Житомирська	380,47	2870	515	895
Закарпатська	303,01	911	237	380
Запорізька	351,67	827	232	328
Івано-Франківська	340,77	972	347	383
Київська	525,56	2614	451	585
Кіровоградська	318,77	149	19	53
Луганська	518,39	1793	231	388
Львівська	453,59	1336	430	390
Миколаївська	269,96	1456	623	780
Одеська	481,42	4258	1314	1150
Полтавська	422,61	1389	210	380
Рівненська	261,67	1414	235	635
Сумська	330,84	1836	270	638
Тернопільська	285,86	897	490	485
Харківська	495,53	4177	547	970
Херсонська	285,76	1011	323	475
Хмельницька	380,42	1566	309	494
Черкаська	429,24	2728	590	750
Чернівецька	246,17	977	286	509
Чернігівська	393,51	836	100	238
м. Київ	33,68	356	6	109
м. Севастополь	30,10	86	54	470
Всього по Україні	10313,0	46449 (0,46%)	10962 (0,1%)	557 (середнє)

Джерело: [3, 11]

Геотехнічний ризик розвитку підтоплення лесових порід для споруд

Аналіз територіальної кореляції поширення лесово-породного комплексу міст та селищ та регіонального підтоплення в Україні дає змогу припустити високу ймовірність подальшого погіршення інженерно-геотехнічного стану житлових і промислових об'єктів, зниження їх інженерно-сейсмогеологічної стійкості та зростання небезпеки критичних деформацій та аварійного руйнування їхніх конструкцій (в містах Одеса, Дніпро, Херсон, Київ та інших).

Тобто реальне функціонування більшості будівельних об'єктів в містах і селищах на лесово-породному підґрунті сьогодні відбувається в умовах найбільш активних в Україні змін інженерно-геологічних та інженерно-

сейсмогеологічних параметрів ГС, що закономірно сприяє зростанню загального геотехнічного ризику на цих територіях за великої кількості об'єктів у аварійному та ветхому стані [3, 8, 10].

У зв'язку з великою різноманітністю інженерно-геологічних умов та динаміки розвитку НЕГП, залежних від розповсюдження лесів та ЛСП в різних географічних регіонах України та зростаючого впливу глобальних змін клімату на тепло-вологопереніс у лесових товщах й на їх геомеханічну стійкість, існує значна диференціація структури геотехнічного ризику. Так, відсоток аварійних і ветхих будівель у містах і селищах змінюється від 0,2–0,3% (АР Крим, Чернігівська обл.) до 1,0–1,2% (Київ, Одеська, Харківська обл.), перевищуючи рівень аварійної загрози для ЄС на 2–3 десятинні порядки.

За результатами виконаних розрахунків виявлено переважний зв'язок геотехнічного ризику руйнування об'єктів міст і селищ, розміщених в межах ареалів поширення лесово-суглинистого породного комплексу, із двома визначальними групами інженерно-геологічних і гідрогеологічних процесів:

- природне (фонове) надмірне зволоження верхньої зони інженерно-геологічного розрізу з формуванням техногенних водоносних горизонтів;
- активізація зсувів на схилісх ділянках.

У зв'язку з цим, для опосередкованого відображення на регіональному рівні співвідношення інженерно-геологічних небезпек комплексного впливу процесів підтоплення та зсувоутворення в лесово-породному масиві міст та селищ здійснено порівняння щільності їх розвитку з фоновими значеннями щільності на прилеглих територіях (рис. 1, 2).

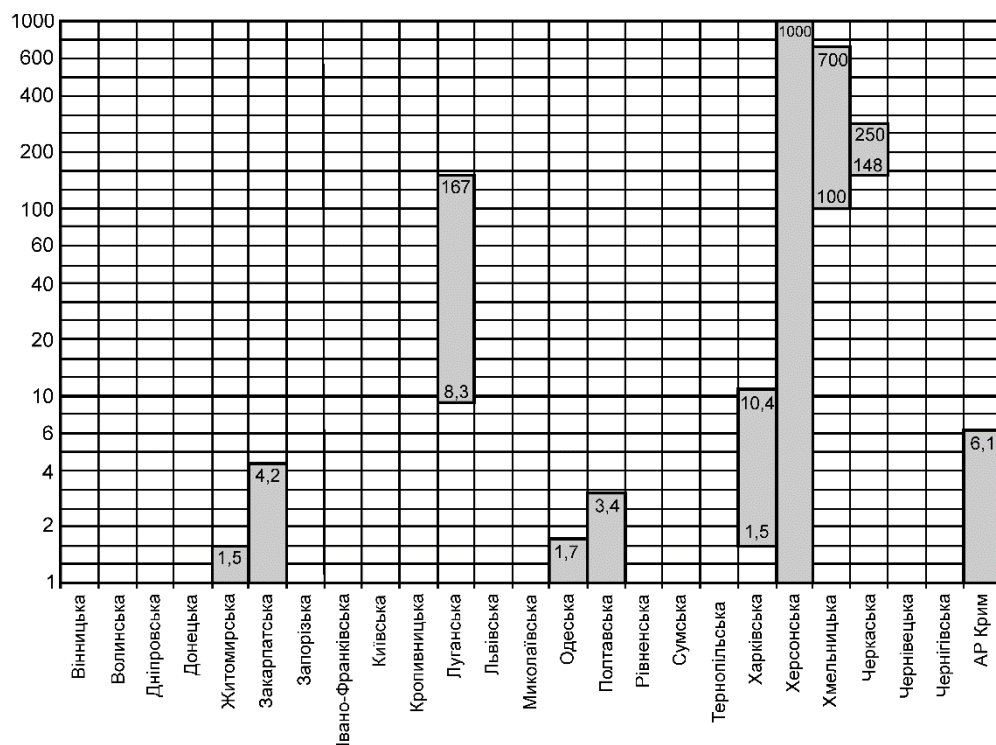


Рис. 1 – Рівень техногенного збільшення площ підтоплення міст та селищ України відносно фонових значень (станом на 2012 р., логарифмічна шкала)

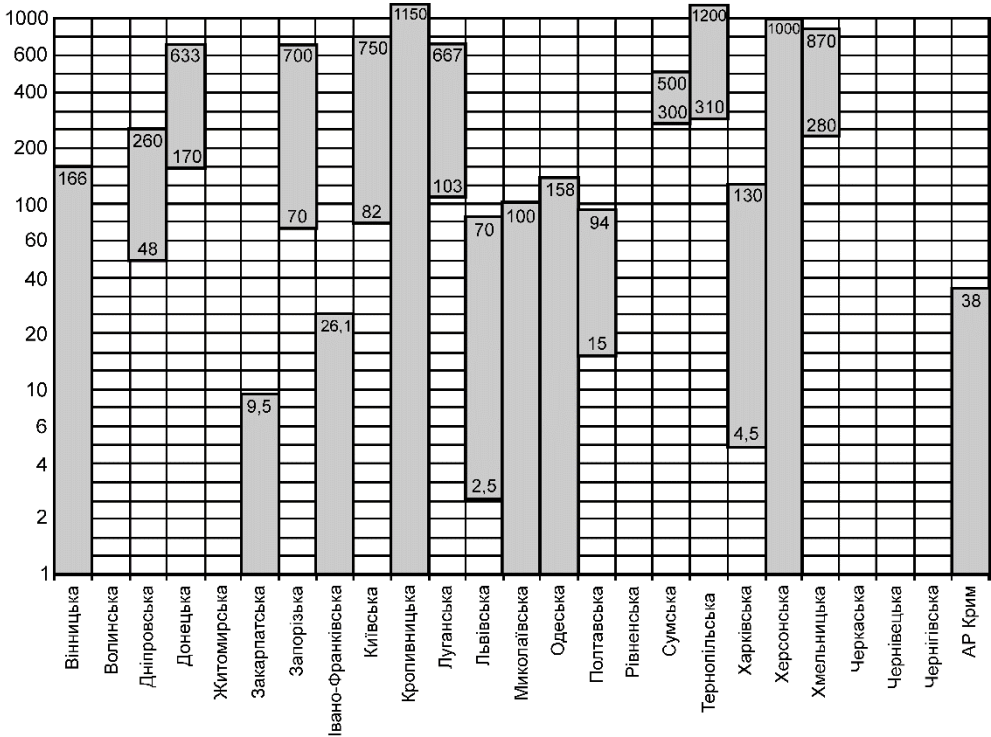


Рис. 2 – Рівень техногенного збільшення щільності зсувів у містах і селищах України відносно фонових значень (станом на 2012 р.)

Правомірність такого підходу обумовлена тим, що спостерігається:

- по-перше, еколого-геологічна еквівалентність (однотипність) впливу будівельних об'єктів міст та селищ на природні та техногенні зміни ГС (зміни тепло-вологопереносу, несучої здатності порід, техногенного навантаження тощо);

- по-друге, інженерно-геологічна еквівалентність провідних процесів, які відбуваються в ГС міст та селищ у зоні формування ТГС «будівельний об'єкт – ГС» (фільтрація, зміна приземного шару повітря, порушення профілю схилів та інше) в межах ПМА.

Розміщення промислово-міських агломерацій (ПМА) в різних інженерно-геологічних умовах лесово-породного комплексу та різноманітність в їх межах ТГС «техногенний об'єкт – ГС» створює передумови для стійкого ускладнення інженерно-геологічних та геотехнічних умов в процесі штатної експлуатації інженерних споруд, особливо в аварійних ситуаціях. Причому геотехнічний ризик регіонального рівня залежатиме від просторової щільності: техногенних об'єктів, ділянок розвитку підтоплення і зсувів, а також від здатності до активізації цих процесів в умовах зміни кліматичних параметрів й похідних змін в гідросфері та ландшафтах [4–6].

Необхідно також враховувати статистичний ефект, що в разі високого ступеня ураженості якимсь НЕГП (зсуви, підтоплення) на регіональному рівні, знижується загроза подальшої активізації цих процесів на об'єктовому рівні. І навпаки, за невисокої регіональної ураженості НЕГП виникає високий ризик подальшої техногенної активізації зсувів, підтоплення та інших небезпечних процесів на об'єктовому рівні. Крім того, високий рівень прояву підтоплення

супроводжується значним ризиком активізації саме зсувних процесів в межах міст і селищ.

Виконані регіональні оцінки рівня геотехнічного ризику територій міст та селищ, розташованих на лесах та ЛСП, мають певну просторово-часову обмеженість. Незважаючи на це, вони дають змогу вперше оцінити рівень техногенної активізації процесів підтоплення та зсувоутворення та їх комплексний вплив на техногенні перетворення інженерно-геологічного та еколого-геологічного стану ГС міст та селищ України, особливо в межах поширення лесовопородного комплексу.

Вплив підтоплення лесових порід на приріст інтенсивності сейсмічного струшування

Потужне техногенне навантаження на геосистеми призводить до стійких змін інженерно-сейсмогеологічних умов внаслідок розвитку підтоплення, карсту, активізації зсувів. Це обумовлює необхідність уточнення інтенсивності сейсмічного струшування з урахуванням його збільшення за умов наближення рівнів ґрунтових вод до фундаменту споруд або підтоплення порід підґрунтя. Тобто в результаті потужного техногенезу на більшій частині території України потрібно враховувати приріст сили сейсмічного струшування на 1–2 бали залежно від комплексу негативних чинників. Навіть у слабосейсмічних районах відзначається збільшення струшуваності під впливом техногенного навантаження, що порушує природні умови формування екзогенних геологічних процесів та інженерно-геомеханічний стан ґрунтів в основах споруд. Великі гідротехнічні споруди, особливо водосховища біля ГЕС, ТЕЦ, АЕС, із свого боку можуть спричинити локальні тектонічні рухи земної кори [1, 6, 9].

Для перезвожених ділянок Є.О. Яковлевим [5, 6] шляхом застосування методу інженерно-геологічних аналогій було запропоноване доповнення до параметрів приросту сили сейсмічного струшування у вигляді розрахункового часу існування підвищеного порового тиску після проходження транзитної (регіональної або локальної) сейсмічної хвилі. Існуюча залежність приросту сейсмічності (ΔI , балів; згідно з ЗСР-2004) від зонального значення глибини рівня ґрунтових вод має наступну структуру:

$$\Delta I = \alpha \cdot e^{-0,04h^2}, \quad (1)$$

де: h – глибина рівня ґрунтових вод (РГВ), м;
 α – коефіцієнт, величина якого залежить від літологічного складу (проникності та компресійних властивостей) верхньої зони РГВ.

Для перезвожених (підтоплених) ділянок у водочутливих, слабопроникних та просадкових лесових та лесово-суглинистих ґрунтах $\alpha = 1,0$, через що залежність набуває вигляду:

$$\Delta I = 1,0 \cdot e^{-0,04^2}. \quad (2)$$

Для таких ґрунтів в інтервалі глибин РГВ 5÷1 м $\Delta I \approx 0,3\div 1$ бал, тобто приріст сейсмічності має суттєві значення, рис. 3:

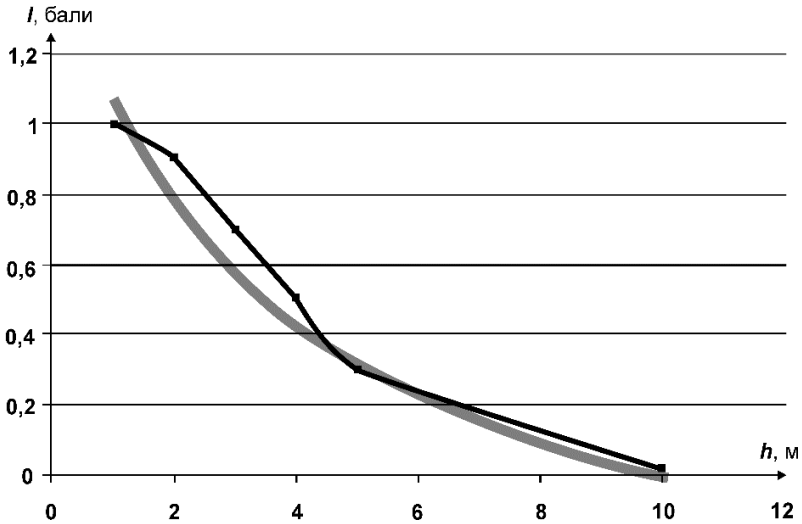


Рис. 3 – Емпірична залежність приросту сейсмічності ΔI від глибини h рівня ґрунтових вод

h , м	1	2	3	4	5	10
ΔI , бал	1,0	0,9	0,7	0,5	0,3	0,02

Водночас аналіз результатів досліджень регіональних змін геосистем у більшості регіонів України свідчить про великі неоднорідності їх ґрунтових умов (інженерно-геологічних, гідрогеологічних, ландшафтно-геохімічних тощо). Верхня частина геологічного розрізу більшої частини території, охопленої нашим дослідженням, складена товщею пухких осадових, переважно лесових та лесово-суглинистих просадкових порід, які в сучасних умовах відзначаються активними змінами водно-фізичних та фізико-механічних властивостей. Причому для типових (фонових непорушених) ділянок розрахункові прирости сейсмічної інтенсивності дорівнюють $\Delta I = 0$ балів (приріст щодо зональної сейсмічності згідно з ЗСР-2004). Винятком є підтоплені ділянки лесових слабопроникних породних масивів з уповільненим зниженням гідрогеодеформаційних напружень за умов проходження сейсмічної хвилі. Для них нами обґрунтована емпірична залежність часу існування напружено-деформованого стану водонасичених порід підґрунтя (тривалості підвищеного порового тиску $t_{пор}$) при проходженні сейсмопоштовху (швидкість 1,0–1,5 км/сек). Значно більший час існування підвищеного порового тиску порівняно з часом проходження сейсмопоштовху (частка секунди) формує небезпеку виникнення додаткових гідрогеомеханічних напруг при афтершоках, внаслідок чого можливе локальне розрідження порід підґрунтя і розвиток критичних деформацій інженерних споруд. Час існування первинного підвищення порового тиску в підґрунті з урахуванням геометрії фундаменту в цілому оцінюється за наступною залежністю [1, 3, 4, 8]:

$$t_{пор} \approx 0,2 b^2 / a_p, \quad (3)$$

де: b – мінімальний розмір фундаменту в плані, м;
 a_p – коефіцієнт рівнепроводності водонасичених порід підґрунтя.

$$a_p = k h / \mu; \tag{4}$$

де: k – коефіцієнт фільтрації порід підгрунтя, м/добу;

h – товщина шару ґрунтових вод, м;

μ – коефіцієнт водовіддачі (пористість) порід ґрунтового горизонту.

Для супісчано-суглинистих різностей t_{nop} становить 1–10 діб.

Зазначені обставини знайшли певне відображення у ДБН В.1.1.-12:2006.

У них визнано факт збільшення / зменшення сейсмічності майданчика понад зональне значення залежно від категорії ґрунтів та їх водонасиченості (табл. 4).

Таблиця 4 – Сейсмічність майданчика будівництва в залежності від категорії ґрунтів

Категорія ґрунту за сейсмічними властивостями	Ґрунти	Сейсмічність майданчика будівництва при сейсмічності району, бали			
		6	7	8	9
I	Скельні ґрунти усіх видів невивітрілі та слабовивітрілі, крупноуламкові ґрунти щільні та маловологі з магматичних порід, які містять до 30% піщано-глинистого заповнювача	5	6	7	8
II	Скельні ґрунти вивітрілі та сильновивітрілі; крупноуламкові ґрунти крім віднесених до I категорії; піски гравелісті, крупні та середньої крупності, щільні та середньої щільності, маловологі і вологі; піски дрібні та пилуваті, щільні та середньої щільності маловологі; пилувато-глинисті ґрунти від твердих до тугопластичних ($I_L \leq 0,5$) при коефіцієнті пористості $e < 0,9$ для глин і суглинків і $e < 0,7$ для супісків	6	7	8	9
III	Піски крихкотілі незалежно від крупності та вологості; піски гравелісті, крупні та середньої крупності, щільні та середньої щільності водонасичені; дрібні і пилуваті піски щільні та середньої щільності вологі та водонасичені; пилувато-глинисті ґрунти з показником текучості $I_L > 0,5$; пилувато-глинисті ґрунти з показником текучості $I_L \leq 0,5$ при коефіцієнті пористості $e \geq 0,9$ для глин і суглинків і $e \geq 0,7$ для супісків	7	8	9	10
IV	Піски крихкотілі водонасичені, схильні до розрідження; насипні ґрунти; пливуні, біогенні ґрунти і мули	За результатами спеціальних досліджень			

Джерело: [2, 7, 8]

Однак у цих будівельних нормах не врахована специфічна для лесових порід часова складова t приросту сейсмічного ризику, обумовлена уповільненим зниженням «стрибка» порового тиску після проходження сейсмічної хвилі у слабопроникних лесових формаціях. Виконані з урахуванням даних сейсмічного мікрорайонування оцінки гідрогеофільтраційної реакції підгрунтя будівель на потенційні сейсмічні

впливи та пов'язані з цим зміни інженерно-геологічних умов вказують на небезпеку довготривалого утримання підйомів порового тиску. Небезпечними наслідками цього може бути порушення гідрогеомеханічної рівноваги системи «мінеральний скелет – порова вода» та її перехід у пливунний або тиксотропний стан з розвитком руйнувань.

За розрахунковою схемою, що обґрунтована у [5], тривалість часу t зниження порового тиску в слабопроникних породах $P_{пор}$ з урахуванням мінімального розміру будівлі $S_{min} \approx 80$ м орієнтовано має наступну величину:

$$t \approx \frac{S^2}{2,25a}, \quad (5)$$

де a – рівнепровідність слабопроникних стиснутих порід в підґрунті будівлі; орієнтовно:

$$a = \frac{kh}{\mu}, \quad (6)$$

де: k – коефіцієнт фільтрації слабопроникних порід (суглинків, лесів, піщано-глинистих прошарків), $k \approx 1,0$ м/добу,

h – товщина шару ґрунтового горизонту за умови контакту його рівнів з днищем фундаменту, $h \approx 20$ м,

μ – коефіцієнт водовіддачі, $\mu \approx 0,1$.

Згідно з наведеними попередніми оцінками:

$$t \approx \frac{80^2 \cdot 10^{-1}}{2,25 \cdot 1,0 \cdot 20} \approx 14 \text{ діб} \quad (7)$$

У загальному випадку повільне зменшення порового тиску після сейсмічного впливу на лесові породи може бути *критичним фактором реакції на афтершоки* (природного і техногенного походження), що призводитиме до зниження стійкості споруд внаслідок додаткового розущільнення лесових порід підґрунтя (аж до пливунотворення).

Висновки

1. Просадковість лесово-суглинчастих порід на території України (понад 65% її площі), які сформувалися в умовах низької зволоженості, а також деформації цих порід в підґрунті споруд є *реакцією верхньої зони геологічного середовища на природні і техногенні зміни волого-теплопереносу* порівняно з умовами його формування.

2. Більша частина лесово-породного чохла, що відзначається здатністю до збільшення інтенсивності струшувань підґрунтя будівель і схилів, розміщена в Причорноморському і Придніпровському регіонах. В межах цих регіонів також розташована переважна частина потенційно небезпечних об'єктів, блоків АЕС, гірничо-видобувних районів.

3. До відносно нових чинників погіршення інженерно-геологічних умов лесово-породного масиву належить *активізація суфозійного процесу* («лесового карсту») в умовах впливу чинників глобальних змін клімату та техногенних змін волого-теплопереносу на формування підвищеної проникності ґрунтів. Особливо на схилових ділянках яружно-балкових форм та в зонах впливу тектонічних порушень.

4. Спостерігається регіональне зменшення товщини шару з непорушеними параметрами волого-теплопереносу, фізико-механічних та фізико-хімічних властивостей лесово-породного масиву.

5. Відбувається зменшення розвантаження ґрунтового потоку в межах площ поширення лесово-суглинних порід внаслідок зарегулювання річкової мережі (до 65–75% її довжини), замулення річкових русел (регіональних дрен) та скорочення терміну промерзання ґрунтів.

6. Вплив змін літолого-фаціального складу геологічного розрізу лесово-породного масиву обумовлює *різномасштабність проявів просадковості*, що суттєво ускладнює інженерно-геологічні та інженерно-сейсмогеологічні умови будівництва й експлуатації житлових і промислових споруд.

7. Специфіка формування геотехнічного ризику в межах міст і селищ характеризується практично *незворотним характером змін гідрогеологічних та інженерно-геологічних параметрів* системи «техногенний об'єкт – геологічне середовище», що відбуваються у лесово-породному масиві. Причому розташування міст і селищ в різних умовах поширення лесово-породного комплексу обумовлює складну структуру формування геотехнічного ризику та еколого-геологічних умов життєдіяльності (через вплив великої кількості детермінованих та імовірнісних природних і техногенних факторів).

8. Районування за рівнем регіонального геотехнічного ризику підтоплення міст і селищ України, розташованих на лесах та ЛСП, доцільно здійснювати на основі врахування сукупного впливу природних і техногенних чинників, виходячи з припущення про адитивну модель такого впливу на геотехнічний ризик. Зазначений ризик пропонується кількісно оцінити показниками питомої щільності площ розвитку підтоплення та зсувоутворення в техногенних умовах (міст і селищ) із такою в природних (слабопорушених) умовах.

9. Властивість водонасичених лесових ґрунтів переходити в пливунний стан обумовлена, перш за все, структурними особливостями цих порід та закономірностями їх переходу в розріджений стан. Процес набуття лесами (в умовах довготривалого підтоплення) текучо-тиксотропних властивостей розвивається в Південному регіоні на зрошуваних землях і почав поширюватись в інших регіонах.

10. На жаль, наявний обсяг інформації про інженерно-геологічний стан територій міст і селищ в ареалах розвитку лесів і ЛСП (зокрема, про процеси підтоплення і зсувоутворення), а також існуючі методи її обробки недостатні для більш докладної оцінки впливу комплексу сучасних змін режиму рівнів та хімічного складу підземних вод, техногенних порушень надр, глобальних змін клімату та інших чинників на формування геотехнічного ризику. Необхідно продовжити науково-виробничі роботи з удосконалення методичної основи такої оцінки на основі застосування сучасних технологій ГІС і ДЗЗ, а також доповнення її еколого-економічними та страховими оцінками ризику безпеки життєдіяльності.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Коржнев М.М. (ред.), Рудько Г.І., Яковлев Є.О. Екологічна геологія. / М.М. Коржнев, Г.І. Рудько, Є.О. Яковлев. – Київ: ВПЦ «Київський університет», 2005. – 263 с.
2. ДБН «В.1.1-5-2000, частина II, Будинки і споруди на просадкових ґрунтах» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.innovation-group.com.ua/sprav/cd5/1_4.php
3. Яковлев Є.О. Аналіз впливу сучасного стану водопровідно-каналізаційних і теплоенергетичних мереж міст і селищ України на їх інженерно-геологічну, геотехнічну та соціально-економічну безпеку / Є.О. Яковлев // Світ геотехніки. 2007, №1. – С. 4–12.
4. Калюх Ю.И., Жуковский Ю.Г., Рыжий М.Н. Методы расчета оползневой опасности в сейсмических районах. Міжвідомчий науково-технічний збірник. Будівництво в сейсмічних районах України. Київ, НДІ БК, 2004, С. 386–392.
5. Краев В.Ф. Инженерно-геологическая характеристика пород лессовой формации Украины / В.Ф. Краев. Киев, «Наукова думка», 1971. – 264 с.
6. Визначення загроз та заходів протидії економічним і соціальним наслідкам крупномасштабних аварій на об'єктах підвищеної хімічної та вибухо-пожежної небезпеки в умовах зростання техногенних ризиків. Звіт про НДР. ІТГП НАН України. Київ, 2015 (№ держреєстрації 0112U007537).
7. Будівництво у сейсмічних районах України: ДБН В.1.1-12:2006. – [Чинний від 2007-01-02]. – К.: ДП «Укрархбудінформ», 2006. – 84 с. – (Національні стандарти України).
8. Yakovlev Ye.A. The geological aspects of environmental systems monitoring the geological medium of Ukraine. UNESCO, Regional Office for Science and Technology for Europe. Technical Report 21, 1995, P. 184–191.
9. Рогожин О.Г., Яковлев Є.О. Потенційний приріст сейсмічності в Україні як фактор зростання ризику життєдіяльності від аварій на хіміко-небезпечних ПНО / О.Г. Рогожин, Є.О. Яковлев // Екологічна безпека та природокористування. 2015, №1. – С. 15–27.
10. Трофимов В.Т., Королев В.А. (ред.). Инженерная геология массивов лессовых пород / В.Т. Трофимов, В.А. Королев. – М.: МГУ, 2004. – 139 с.
11. Трофимчук О.М., Яковлев Є.О., Загорчевна Н.Б., Госк Е. Регіональне підтоплення міст та селищ України як фактор її національної безпеки / О.М. Трофимчук, Є.О. Яковлев, Н.Б. Загорчевна, Е. Госк // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. 2003, №6. – С. 7–14.

Стаття надійшла до редакції 22.06.2018

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Rudko, G. I., & Yakovlev, Ye. O. (2005). *Ecological geology* (M. M. Korzhnev, Ed.). Kyiv: Kyiv University (in Ukrainian).
2. DBN "B.1.1-5-2000, part II, Buildings and structures on the subsidence soils". (2000). Retrieved from: http://www.innovation-group.com.ua/sprav/cd5/1_4.php (in Ukrainian).
3. Yakovlev, Ye. (2007). Analiz vplyvu suchasnogo stanu vodoprovodno-kanalizacijnyh i teploenergetychnyh merezh mist i selyshh Ukrainy na ih inzhenerno-geologichnu, geotekhnichnu ta social'no-ekonomichnu bezpeku. *Svit Geotekhniki*, (1), 4-12 (in Ukrainian).
4. Kaliukh, I. I., Zhukovskij, J. G., & Ryzhij, M. M. (2004). Metody rascheta opolznevoj opasnosti v sejsmicheskikh rajonah. *Budivnictvo v sejsmichnih rajonah Ukraini*. 386-392 (in Russian).
5. Kraev, V. F. (1971). *Engineering and geological characteristics of loess rocks of Ukraine*. Kyiv: Naukova dumka (in Russian).

6. ITGIP NANU. (2015). *Vyznachennja zagroz ta zahodiv protydii' ekonomichnym i social'nym naslidkam krupnomasshtabnyh avarij na ob'ektah pidvyshhenoi' himichnoi' ta vybuho-pozhezhnoi' nebezpeky v umovah zrostannja tehnogennyh ryzykiv. [Zvit pro NDR]. Kyiv (in Ukrainian).*
7. DBN "B.1.1-12:2006 Construction in seismic areas of Ukraine" (2006). Kyiv: Ukrbudarchinform (in Ukrainian).
8. Yakovlev, Ye. A. (1995). *The geological aspects of enviromental systems monitoring the geological medium of Ukraine* (pp. 184-191). UNESCO, Regional Office for Science and Technology for Europe.
9. Rogozin, O. G., & Yakovlev, Y. O. (2015). Potential increase of seismicity in Ukraine as a factor of growth of personal and social safety risk from accidents on chemically dangerous objects. *Environmental Safety And Natural Resources*, 17(1), 15-27 (in Ukrainian).
10. Trofimov, V. T., & Korolev, V. A. (2004). *Engineering geology of loess-rock massifs*. Moscow: Moscow State University (in Russian).
11. Trofymchuk, O. M., Yakovlev, Ye.O., Zakorchevna, N. B., & Gosk, E. (2003). Regional'ne pidtoplennja mist ta selyshh Ukrai'ny jak faktor i'i' nacional'noi' bezpeky. *Ekologija dovkillja ta bezpeka zhyttjedijal'nosti*, 6, 7-14 (in Ukrainian).

Text of the article was accepted by Editorial Team 22.06.2018

Яковлев Євген Олександрович

доктор технічних наук, головний науковий співробітник Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України

Адреса робоча: 03186 Україна, м. Київ, Чоколівський бульвар, 13

Рогожин Олексій Георгійович

доктор економічних наук, головний науковий співробітник Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України

Адреса робоча: 03186 Україна, м. Київ, Чоколівський бульвар, 13

e-mail: olexarog@gmail.com