

Ю. В. Захарчук¹, В. О. Сляднєв²

ВПЛИВ РОЗВИТКУ ПРОЦЕСІВ ПІДТОПЛЕННЯ НА АКТИВІЗАЦІЮ НЕБЕЗПЕЧНИХ ГЕОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У МЕЖАХ ЗАБУДОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ

Yu. V. Zakharchuk, V. O. Slyadnev

THE INFLUENCE OF IMPOUNDING PROCESSES DEVELOPMENT ON DANGEROUS GEOLOGICAL PROCESSES ACTIVATION IN THE LIMITS OF BUILT-UP TERRITORIES

Україна є державою з аномально високим рівнем зарегулювання річкового стоку, у тому числі шести великих водосховищ на Дніпрі та понад 28,5 тис. ставків на середніх та малих річках. Саме тому до 80% загальної довжини річкових русел втратили дренажну здатність з наступним підпорним впливом на водоносний горизонт (від 2–7 до 8–10 м). Крім того, водопровідно-каналізаційні і теплоенергетичні мережі міст та селищ втрачають до 45–50% загального обсягу води, що є зростаючим додатковим просторово-часовим чинником підтоплення промислово-міських агломерацій. Техногенне підтоплення міст та селищ у межах своєї дії активізує прояви зсувів, карсту, просядкові деформації та інші небезпечні геологічні процеси. В цих умовах використання ГІС-технологій є ефективним методом удосконалення оцінок та прогнозів формування інженерно-геологічних ризиків у межах міст та селищ.

Ключові слова: підтоплення, техногенний вплив, ГІС-технології.

Украина является государством с аномально высоким уровнем зарегулирования речного стока. В стране насчитывается шесть больших водохранилищ на Днестре и более 28,5 тысяч прудов на средних и малых реках. Именно поэтому до 80% общей длины речных русел потеряли дренажную способность с последующим подпорным влиянием на грунтовые водоносные горизонты (от 2–7 до 8–10 м).

Кроме того, водопроводно-канализационные и теплоэнергетические сети городов и поселков теряют до 45–50% общего объема воды, которая служит возрастающим дополнительным пространственно-временным фактором подтопления промышленно-городских агломераций. Техногенное подтопление городов и поселков в пределах своего действия активизирует проявления оползней, карста, просядочных деформации и других опасных геологических процессов. В этих условиях использования ГИС-технологий является эффективным методом усовершенствования оценок и прогнозов формирования инженерно-геологических рисков в пределах городов и поселков.

Ключевые слова: подтопление, техногенное влияние, ГИС-технологии.

Ukraine is the state with anomaly scale of river channels technogenic deformations. Here are situated of six great wafer reservoirs along the Dniepr rivers and about 28,5 thousands of ponds. Due to this factor about 80% of the rivers had losted their natural drainage ability. Besides, water supplying tube systems within towns and settlements are losing about 40–50% of, total water quantity. Lossed water are the main factor for technogenic flooding of towns and settlements within Ukraine and increasing the engineering-geological risk. The technogenic flooding of the towns and settlement territories are accelerating of the landslides, cast, subsidence of surface and others exogenic geological processes. That is why the GIS are the effective instrument for engineering-geological risk assessment within the territories of towns and settlements.

Keywords: flooding, technogenic influence, GIS technologies.

СТАН ПРОБЛЕМИ

В останні десятиріччя на території України внаслідок дії природних і техногенних чинників (підпір у зонах впливу водосховищ та численних ставків, масове закриття шахт, глобальні зміни клімату та ін.) загострилася проблема регіонального підтоплення земель. Останні дані спостережень свідчать про стійку тенденцію до активізації цього негативного процесу в межах природно-техногенних геосистем “техногенний об’єкт – навколишнє середовище” та збільшення підтоплених площ, у тому числі в межах міст та селищ міського типу [1].

Слід відмітити, що такі процеси, як підтоплення, затоплення паводковими водами та

інші прояви шкідливої дії води стали характерними не тільки для території України. Останніми роками різні регіони нашої планети все частіше і сильніше потерпають від стихійних природних явищ, а саме таких, як зливи, повені, урагани тощо. Так, за статистичними даними світових страхових компаній, примхи природи нині завдають економічних збитків у 8–10 разів більше ніж 35–40 років тому, а розміри страхових компенсацій потерпілим за цей же період збільшились у 15 разів [2].

Теоретичні та прикладні проблеми боротьби з підтопленням окремих територій України почали вивчати переважно з кінця 70-х – початку 80-х років ХХ ст., коли підтоплення земель грун-

товими водами та супутні йому інші негативні інженерно-геологічні процеси набули особливої гостроти, хоча ці проблеми на рівні локальних осередків означилися ще з 30-х років минулого століття в більшості техногенно-навантажених районів (Донбас, Придніпров'я) [3].

За науково-технічним визначенням під терміном «підтоплення» слід розуміти підвищення на окремих територіях рівнів підземних та ґрунтових вод і зволоження ними гірських порід та ґрунтів зони аерації, що призводить до порушення господарської та виробничої діяльності людей і умов їх проживання, зміни фізичних та фізико-хімічних властивостей підземних вод, перетворення ґрунтів, видового складу, структури та продуктивності рослинного покриву [4].

Саме водний фактор на території України є провідним просторово-часовим чинником підвищеного регіонального інженерно-геологічного ризику внаслідок виникнення водно-екологічних надзвичайних ситуацій та проявів їх шкідливої дії, що створюють умови великомасштабних затоплень і підтоплень територій, ураження інженерних інфраструктур та комунікацій (часто з катастрофічними і руйнівними наслідками).

З огляду на вплив глобальних змін клімату (збільшення опадів, високі частоти паводків і повеней) подальший розвиток регіонального підтоплення та численні осередки локального підтоплення в містах і селищах України мають природно-техногенний потенціал до збільшення площі розвитку. В цілому, існує нагальна необхідність підвищення водно-екологічної безпеки територій міст та селищ України як головного фактора стабілізації інженерно-геологічних умов експлуатації житлових і промислових споруд та зниження ризику життєдіяльності населення [5].

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 відбуваються в різноманітних умовах водообміну ґрунтового водоносного горизонту, та просторово-ймовірносним характером їх дії в межах України.

Виконаний Інститутом проблем національної безпеки при Раді національної безпеки і оборони України комплексний аналіз матеріалів наукових та моніторингових підрозділів Державної служби геології та надр України, НАН України, МНС та Держкомгідромету свід-

чить про принципово нову фазу регіонального розвитку процесу підтоплення земель в умовах суцільного зниження природної дренажної здатності більшості річок внаслідок їх підпору, замулення значних ділянок русел та зростання техногенного живлення ґрунтових вод.

Одним з важливих факторів розвитку небезпечних геологічних процесів (НЕГП) є зміни гідрогеологічних умови верхньої зони геологічного середовища (ГС), насамперед прояви природного і техногенного підтоплення (регіонального і територіального). Вони обумовлюють ерозійну діяльність водотоків, глибину розкриття та ступінь дренажу товщ порід, інтенсивність затоплення, підтоплення та заболочування; крім того, є найбільш чутливими серед інших факторів до втручання людини у параметри водотеплопереносу верхньої зони ГС. Зміна режиму підземних вод, яка спричиняється господарською діяльністю, може за короткий час викликати зміну інженерно-геологічних умов на значній площі, що, в свою чергу, веде до активізації НЕГП (карст, зсуви, просідання порід).

Господарське освоєння території викликає комплексні зміни водного балансу та порушення природної рівноваги екологічної системи «вода – порода», де змінюється як водний баланс (кількість, хімічний склад, температура, рівневий режим), так і механічні, фізичні, хімічні параметри порід, що в ряді випадків активізує природні НЕГП або формує нові. Багатофакторний характер змін системи «вода – порода» під впливом підтоплення дозволяє визначити його як процес еколого-геологічних змін, а боротьбу з підтопленням — важливим державним завданням [6].

Реальне функціонування будівельних об'єктів міст та селищ міського типу відбувається в умовах постійних змін інженерно-геологічних параметрів ГС, декотрі з яких можуть призвести до критичних знижень технологічної стійкості конструкцій чи системи «підґрунтя – будівля» в цілому, що буде сприяти зростанню інженерно-геологічного ризику території [7].

Інженерно-геологічний ризик, що є об'єктом наших досліджень, визначається ймовірністю розвитку небажаних природних або природно-техногенних явищ у ГС в результаті активізації геодинамічних процесів, що створюють загрозу людям, погіршують екологічну обстановку в місті та сприяють передчасному зношуванню й виходу з ладу будинків та споруд [8].

ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Аналіз свідчить, що в реальних умовах найбільший геотехнічний вплив на будівельні об'єкти міст та селищ мають зміни інженерно-геологічного стану в техногенно-геологічній системі (ТГС) «техногенний об'єкт – ГС». У зв'язку із значною різноманітністю інженерно-геологічних умов та динаміки розвитку НЕГП в різних географічних регіонах України є велика диференціація структури геологічного ризику в межах міст та селищ міського типу. Методологічно функцію регіонального інженерно-геологічного ризику ТГС міст та селищ на регіональному рівні можливо обґрунтувати у вигляді схеми за чотирма групами параметрів: — два площинних параметри — підтоплення і просадковість та два локально-об'єктових — зсувні та карстові об'єкти.

В загальному випадку всі об'єкти НЕГП та ділянок підтоплення міст і селищ міського типу, які формують регіональну базу інженерно-геологічного ризику, розглядаються як стохастичні сукупності. Аналіз їх характеристик у межах адміністративних областей дозволяє отримати інтегральну оцінку їх впливу на комплексні зміни інженерно-геологічних умов та формування інженерно-геологічного ризику за адитивною схемою врахування чинників:

$$R_{гг} = f(r_{підт} + r_{пр} + r_{зс} + r_{кар}),$$

де: $r_{підт}$, $r_{пр}$, $r_{зс}$, $r_{кар}$ — ураженість території міст та селищ відповідно підтопленням, просадковістю, зсувами, карстом, у балах.

Група чинників інженерно-геологічного ризику території міст і селищ нами прийнята з урахуванням того, що ТГС «будівельні об'єкти – ГС» функціонує на регіональному рівні з фактичним проявом природно-техногенних змін ГС, насамперед у формі активізації НЕГП (карст, зсуви та ін.) при комплексному впливі підтоплення. Крім того, довготривалість функціонування більшості будівельних об'єктів міст і селищ можна порівняти з періодами природної активізації НЕГП та глобальних змін клімату, що здатні впливати на динаміку інженерно-геологічного ризику міст та селищ [9].

Необхідно відмітити переважний зв'язок інженерно-геологічного ризику будівельних об'єктів міст і селищ з двома визначальними групами інженерно-геологічних і гідрогеологічних параметрів ГС: природна (фонова) перезволоженість верхньої зони прояву НЕГП та динаміка підвищення РГВ або формування

техногенних водоносних горизонтів. У зв'язку з цим у розрахунках регіональної складової інженерно-геологічного ризику для міст і селищ вводяться площі з оцінками питомої ураженості НЕГП у відсотках від території адміністративної області, міст і селищ.

Вищенаведена залежність базується на тому, що головним місцем екзогеодинамічної складової інженерно-геологічного ризику міст та селищ є зона розвитку ТГС «будівельні об'єкти – ГС». При цьому нами були враховані два базові положення, які обґрунтовують правомірність використання наведеної методики:

— інженерно-геологічна еквівалентність впливу будівельних об'єктів міст та селищ на природні та техногенні зміни ГС (зміни теплового переносу, хімічного складу інфільтраційних вод, зменшення пористості та проникності та ін.);

— екзогеодинамічна еквівалентність провідних процесів, які відбуваються в ГС і в зоні формування ТГС «будівельний об'єкт – ГС» (довгострокові і циклічні зміни напруженого стану, приземного волого-повітрообміну, порушення рівноважного профілю схилів та ін.) в межах міст і селищ.

Одночасно широке розповсюдження міст і селищ міського типу в різних інженерно-геологічних умовах та різноманітність в їх межах ТГС «будівельний об'єкт – ГС» створює передумови для їх сталого впливу як у нормальних умовах експлуатації інженерних споруд, так і в аварійних ситуаціях. При цьому інженерно-геологічний ризик регіонального рівня буде залежати від об'єктової та площинної щільності об'єктів і ділянок НЕГП, їх здатності до активізації в умовах зміни кліматичних параметрів гідросфери, ландшафтів.

Специфіка формування сучасного інженерно-геологічного ризику в межах міст та селищ характеризується головним чином практично непоновлюваним характером змін гідрогеологічних та інженерно-геологічних параметрів ГС. В цілому, площинне розташування території міст і селищ у різних фізико-географічних, структурно-тектонічних, ландшафтно-геохімічних, гідрогеологічних, інженерно-геологічних та сейсмогеофізичних умовах обумовлює складну функціональну структуру еколого-інженерно-геологічних умов життєдіяльності і вплив великої кількості як детермінованих, так і ймовірних (випадкових) природних і техногенних чинників на їх формування [10].

Таким чином, прийняті групи чинників формування інженерно-геологічного ризику міст та селищ, в межах яких відбувається підтоплення як просторово-часовий розвиток загально територіального фактора змін ГС, дозволяють виконати:

— порівняльну оцінку фактичних регіональних параметрів інженерно-геологічних і екзогеодинамічних умов у межах адміністративних областей;

— функціональне визначення безрозмірних параметрів (модульних чи відносних) інженерно-геологічного ризику;

— узагальнену (інтегральну) оцінку інженерно-геологічної складової геотехнічного ризику експлуатації техногенних об'єктів або розвитку ТГС у межах міст та селищ.

Необхідно відмітити, що в разі високого ступеня ураженості адміністративної області на регіональному рівні тим чи іншим екзогенним геологічним процесом (зсуви, підтоплення) знижується ризик активізації цих процесів на об'єктовому рівні. І навпаки, при невисокій регіональній ураженості території НЕГП виникає відносно підвищений ризик техногенної активізації зсувів, підтоплення та інших небезпечних процесів на об'єктовому рівні. При цьому високий рівень прояву підтоплення супроводжується значним ризиком активізації зсувних процесів при забудові та переплануванні силових територій в межах міст і селищ.

Комплексне регіональне районування міст та селищ України за рівнем інженерно-геологічної складової геотехнічного ризику підтоплення базується на обліку сумарного впливу оцінених природних і техногенних екзогеодинамічних чинників. Варто зазначити, що на сьогодні практично відсутні прості методики об'єднання різних інженерно-геологічних, гідрогеологічних та інших показників і властивостей порід у комплексі ТГС «будівельний об'єкт – ГС» в єдину систему оцінки інженерно-геологічного ризику міст та селищ. В зв'язку з цим нами прийнято припущення про можливий сумарний вплив природних і техногенних чинників на інженерно-геологічний ризик $R_{гг}$ шляхом сумування безрозмірних відносних модульних параметрів.

Однчасна дія більшої кількості різноманітних за параметрами інженерно-будівельних об'єктів міст і селищ у просторово-часовому континуумі численних ТГС обумовлює можливість сумарного обліку чотирьох груп чинників

інженерно-геологічного ризику підтоплення міст і селищ у вигляді раніше наведеного лінійного одновимірного рівняння:

$$R_{гг} = f(r_{підт} + r_{пр} + r_{зс} + r_{кар}).$$

Як відмічалось раніше, ці групи чинників мають модульну (площинну) форму вираження. При цьому для дотримання їх екзогеодинамічної подібності використана однакова шкала оцінки зміни значень:

$$\Delta r_i = (r_{max} - r_{min})/n,$$

де n — прийняте число ступенів змін значень параметра, що оцінюється, приймається однаковим для всіх видів. Враховуючи значний рівень осереднення та генералізації показників, пропонується п'ятиінтервальна шкала.

Таким чином, оцінюваним (з урахуванням фактичних природних і техногенних характеристик) розрахунковим параметрам надаються однакові інтервальні характеристики в межах значень $r_{max} - r_{min}$. При цьому припускається, що отримані дані охоплюють існуючі межі просторово-часових інженерно-геологічних характеристик міст та селищ. Можливість адитивного (сумарного) обліку оціночних параметрів визначається такими властивостями прийнятої п'ятибальної шкали оцінки розглянутих чинників інженерно-геологічного ризику:

— відносною рівномірністю територіального розподілу значень параметрів у межах $r_{max} \div r_{min}$;

— використанням середніх значень інженерно-геологічних та екзогеодинамічних параметрів територій міст та селищ на регіональному рівні.

Прийнята математична модель оцінки регіонального інженерно-геологічного ризику міст та селищ із проявами підтоплення їх територій має вірогідний характер у зв'язку з випадковим характером просторово-часового прояву більшості природних і техногенних інженерно-геологічних процесів, які призводять до аварій.

ВИСНОВКИ

Результати регіональної інтегральної оцінки груп параметрів, які розглядаються, дозволили виділити в межах України території з різним ступенем інженерно-геологічного ризику міст та селищ міського типу.

Максимальним (критичним) інженерно-геологічним ризиком впливу підтоплення на

регіональному рівні характеризуються території міст та селищ Чернівецької, Одеської, Херсонської областей з активним розповсюдженням слабопроникних просадкових порід та активним підтопленням земель.

Високий інженерно-геологічний ризик території міст та селищ в умовах впливу регіонального підтоплення спостерігається в Закарпатській, Тернопільській, Рівненській, Київській, Дніпропетровській, Полтавській, Запорізькій, Миколаївській областях.

Низький інженерно-геологічний ризик відмічається в північній, північно-східній та центральній частинах України (АР Крим, Донецька, Луганська, Івано-Франківська, Вінницька, Черкаська, Кіровоградська, Волинська, Львівська, Житомирська, Чернігівська області).

Більша частин території України характеризується середнім, високим та критичним рівнем інженерно-геологічного ризику, що обумовлено збільшенням площі розвитку сталих осередків регіонального підтоплення земель.

Таким чином, виконана регіональна оцінка інженерно-геологічного ризику підтоплення міст і селищ на території України свідчить про дуже складний характер його територіального розподілу внаслідок змін взаємодії техногенних, геологічних і фізико-географічних чинників.

В той же час, незважаючи на достатню осередненість виконаних розрахунків, вони дозволили вперше оцінити комплексний вплив регіонального та територіального підтоплення земель на техногенні перетворення інженерно-геологічного та еколого-геологічного стану ГС міст та селищ міського типу.

Аналіз даних моніторингу НЕГП засвідчує, що сучасний обсяг інформації про зміни інженерно-геологічного стану території міст і селищ міського типу та існуючі методи її обробки не можуть дати достатньо повну оцінку сучасного впливу змін режиму рівнів та хімічного складу підземних вод на літологічний комплекс верхньої зони ГС та формування інженерно-геологічного ризику.

З цієї точки зору виникає необхідність в продовженні науково-виробничих робіт з оцінки

впливу регіонального і територіального підтоплення на інженерно-геологічні умови та структуру і рівень інженерно-геологічного ризику міст і селищ міського типу, удосконалення їх методичної основи та переходу на сучасні технології (ГІС, ДЗЗ та ін.) включаючи еколого-економічні та страхові оцінки безпеки життєдіяльності у містах і селищах міського типу України.

1. Рудько Г.І. Техногенно-екологічна безпека геологічного середовища (наукові та методологічні основи). — Львів: Видав. центр ЛНУ імені Івана Франка, 2001. — 359 с.
2. Трофимчук О.М., Яковлев Є.О., Загорчевна Н.Б., Госк Е. Регіональне підтоплення міст та селищ України як фактор її національної безпеки // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. — К.: 2003. — №6. — С. 12–23.
3. Яцик А.В. Екологічна безпека в Україні. — К.: Генеза, 2001. — 214 с.
4. Бондарик Г.К. Общая теория инженерной (физической) геологии. — М.: Недра, 1981. — 252 с.
5. Шестопалов В.М., Трофимчук А.Н., Луцки А.В., Яковлев Е.А. Эколого-геодинамические аспекты влияния регионального подъема уровня грунтовых вод и подтопления земель Украины на снижение инженерно-сейсмогеологической безопасности жилищных и промышленных объектов // Тр. Междунар. науч. конф. — М.: Изд-во МГУ, 2006. — С. 142–144.
6. Постанова Кабінету Міністрів України від 15.02.02 №160 «Про затвердження Комплексної програми ліквідації наслідків підтоплення території в містах і селищах України».
7. Сляднєв В.А. Риск изменения эколого-геологических условий при реструктуризации горнопромышленных районов Донбасса // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. — 2007. — №2. — С. 12–15.
8. Дзекцер Е.С. Геологическая опасность и риск // Инж. Геология. — 1992. — №6 — С. 3–10.
9. Трофимов В.Т., Королев В.А. Инженерная геология массивов лесовых пород. М.: Изд-во МГУ, 2004. — 139 с.
10. Коржнев М.М., Шеляг-Сосонко Ю.Р., Яковлев Є.О. Природно-ресурсний чинник у виборі вектора розвитку України // Стратегічна панорама. — К.: 2006. — №3. — С. 27–34.

¹ — Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ

² — Інститут геологічних наук НАН України, Київ

Рецензент —