



МАТВЄЄВ ІГОРЬ ВІКТОРОВИЧ

Кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, завідувач відділом основ і фундаментів та захисту територій, будинків і споруд від деформацій в складних інженерно-геологічних умовах, Державного підприємства «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» Мінрегіонбуду України.

Основні напрямки наукової діяльності: геотехнічні і конструктивні заходи захисту територій, будинків і споруд від негативних впливів складних інженерно-геологічних і сейсмічних умов будівництва, просторові розрахунки будинків і споруд спільно з основою, розробка конструктивної частини проектів, розробка нормативних документів.

Автор 113 наукових робіт.

E-mail: matveyev@ndibk.gov.ua

УДК 624.044

СКЛАДНІ ІНЖЕНЕРНО – ГЕОЛОГІЧНІ ТА СЕЙСМОНЕБЕЗПЕЧНІ УМОВИ УКРАЇНИ І НАПРЯМКИ ДОСЛІДЖЕНЬ, ЩО ПОТРЕБУЮТЬ ВИРІШЕННЯ ЗА ПОТРЕБИ БУДІВНИЦТВА

Ключові слова: складні інженерно-геологічні умови, сейсмонезбезпечні умови, основи, фундаменти, конструктивні схеми, будинки і споруди, геотехнічні, конструктивні, захисні заходи, розрахункові обґрунтування, нормативна база.

Надається загальна характеристика складних інженерно-геологічних і сейсмонезбезпечних умов будівництва регіонів України. Зазначені завдання, проблеми і напрямки їх вирішення, якими опікувався ДП НДІБК на протязі останніх 40 років, пов'язаних з забезпеченням будівництва і експлуатації будівель і споруд, а також напрямки подальших досліджень.

Приводится обшая характеристика сложных инженерно-геологических условий строительства регионов Украины. Обозначены задания, проблемы и пути их решения, которыми занимался ПП НИИСК на протяжении последних 40 лет, связанных с обеспечением строительства и эксплуатацией зданий и сооружений, а также направления дальнейших исследований.

The general characteristic of difficult engineering-geological conditions of building of regions of Ukraine is resulted. Tasks, problems and ways of their decision in which the institute throughout last 40 years connected with maintenance of building and operation of buildings and constructions, and also directions of the further researches was engaged are designated.

ПРОБЛЕМИ, ЯКІ ПОТРЕБУЮТЬ ВИРІШЕННЯ ПРИ БУДІВНИЦТВІ ОБ'ЄКТІВ

Територія України, на якій відбувається будівництво та експлуатація об'єктів, більше як на 80% відноситься до складних інженерно-геологічних умов. Це будинки і споруди, основи яких складені слабкими та просідаючими грунтами, розташовані на наливних територіях, зсувонебезпечних схилах, карстових утвореннях, районах над гірничими виробками тощо. Біля 22% її території відносяться ще й до сейсмонезбезпечних. Такі умови будівництва об'єктів пов'язані із низкою технічних проблем з забезпеченням їх надійної тривалої експлуатації, а також проблем з підвищення їх вартості при необхідності застосування захисних заходів.

Складні інженерно-геологічні умови зведення будівель і споруд (або будівництва об'єктів) визначаються умовами розташування їх основ на майданчику будівництва, складом нашарувань і властивостями ґрунтів до деформування під впливом навантажень від них або інших чинників не пов'язаних з навантаженнями.

Крім того, небезпечні інженерно – геологічні процеси в основах будівель і споруд, які проявляються у вигляді деформування ґрунтового середовища зі зміною фізико – механічних і міцнісних характеристик ґрунтів його нашарувань під впливом гідрогеологічних чинників, механічної суфозії, сповзання або підробки, сейсмічних чи динамічних впливах тощо, потребують застосування засобів стабілізації, покращення механічних властивостей і врахування в розрахункових обґрунтуваннях.

Будівельні майданчики України, найчастіше, мають комплекс негативних чинників, що ускладнюють процеси будівництва. Це утворює ситуацію декілька складних інженерно-геологічних та сейсмічних умов водночас.

Зазначені умови потребують розробки та застосування конструктивних або (та) геотехнічних заходів захисту будівель і споруд для унеможливлення їх деформування і руйнацій на підставі розрахункових обґрунтувань.

В свою чергу конструктивні заходи залежать від конструктивної схеми будівель і діючих впливів статичних чи динамічних: жорстка чи гнучка схема, геометричні параметри будівель, які поділяються на відсіки деформаційними швами, жорсткі нульові цикли, фундаментні та поверхові пояси, діафрагми жорсткості, підсилені несучі конструкції стін, колон, пілонів тощо.

Геотехнічні заходи залежать від інженерно – геологічних умов будівництва і містять наступне: підготовку основи, застосування різних типів фундаментів, таких як мало заглиблених, мілкового закладання, заглиблених та глибо-

кого закладання, влаштування підпірних стін для схилів і котлованів, прорізу товщі підземними поверхнями, застосування віброгасників, компенсуючих траншей тощо.

Особливої уваги потребують методи розрахункового обґрунтування захисних заходів, від яких залежать їх об'єми і надійність будівель і споруд при подальшій експлуатації. Вони містять визначення параметрів негативних статичних і динамічних впливів від особливих умов будівництва, створення статичних і динамічних розрахункових схем, і застосування нелінійних і конструктивно - нелінійних методів розрахунку будинків і споруд по комплексній схемі «основа-фундамент-наземна будова».

З цього приводу в інституті на підставі багатьох (декілька десятків об'єктів різних конструктивних схем) натурних експериментів житлових та громадських будинків і розробки методів розрахунків по комплексній схемі «основа-фундамент-верхня будова», трудами багатьох вчених утворена школа щодо захисту будівель і споруд від деформацій в складних інженерно - геологічних і сейсмічних умовах будівництва. Ця школа функціонує вже понад 45 років, розроблена і діє відповідна нормативна база, яка знаходиться під наглядом, опікою і постійним удосконаленням.

Нормативна база удосконалюється по трьом напрямкам:

- будинки і споруди в складних інженерно - геологічних умовах;
- основи і фундаменти будинків і споруд;
- інженерний захист територій, будинків і споруд від небезпечних геологічних процесів.

ЗАВДАННЯ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Складні інженерно-геологічні і горно-геологічні умови будівництва, поширені більше як на 80% територій України істотно ускладнюють і багато в чому визначають зміст, спрямованість і завдання наукових досліджень, проектних розробок і інженерних рішень, необхідних для забезпечення тривалої експлуатаційної придатності об'єктів промислового і цивільного призначення.

Як вказувалося вище, ці обставини вимагали вживання спеціальних конструктивних і архітектурно-планувальних вирішень будівель і споруд, відповідних технологій підготовки ґрунтових основ і влаштуванню фундаментів, всіляких методів захисту існуючих об'єктів, що будуються, забудованих територій, доріг, мереж, трубопроводів і тому подібне.

Складність завдань, що стоять перед науково-дослідними організаціями, зростає також у зв'язку з тим, що на більшості території має місце поєднання два або декілька складних інженерно геологічних і сейсмонезбезпечних умов (ІГУ), наприклад, просідання і підробки; просідання і сейсміки; підтоплення і карсту; зсувів і сейсміки та інше.

У розроблених ДП НДІБК в 1998-2000 рр. ДБН "Будівлі і споруди на підроблених територіях і просідаючих ґрунтах" цій обставині приділена увага і запропонована розрахункова методика обліку чинників від просідання і сейсміки, що має особливе значення для північних районів Криму, Одеської області, міжр'ччя Дунай-Дністер і багатьох інших місцях, де виникає така необхідність для об'єктів підвищеної відповідальності.

Однією з основних складових складних ІГУ на території України є просідаючі ґрунти, що займають майже 70% її території.

В Середньому і Нижньому Придніпров'ї потужність таких ґрунтів вагається в межах 12 ... 25 метрів, а в районі м. Нікополя досягає 30 метрів і більше. При цьому величина просідання від власної ваги ґрунту таких товщ складає 0,6

... 1,0 метрів і вище (у м. Нікополі - 1,5 ... 2,0 метра). Саме ці регіони України внаслідок їх промислового значення, концентрації населення і наявності підземних копалин (руд кольорових металів) були впродовж десятиліть центром розвитку наукових досліджень в області будівництва на просідаючих ґрунтах.

Розгорнута в 60-70 роки минулого століття масова забудова цих територій багатоповерховими житловими будинками заввишки 5-9 поверхів, розширення промислового будівництва, і його інфраструктури привели до швидкого значного підйому підземних вод підтопленню забудованих територій, що у поєднанні з особливостями ґрунтів до просідання приводило до безлічі деформацій будівель і споруд, що порушують їх нормальну експлуатацію.

Одночасно з цим, особливо при підтопленні низу, відбувалося розущільнення підстилаючих непросідаючих або практично непросідаючих ґрунтів, їх стисливість збільшувалася в 2-3 рази, а на поверхні землі утворювалися воронки і пониження (так, на території нової частини м. Нікополя в 1970 році загальне осідання поверхні землі досягло 35 см).

Лише у Запоріжжі в 1979 році понад 300 будівель в місті зажадали термінового обстеження і розробки заходів для їх ремонту і відновлення.

Аналогічна ситуація мала місце і в інших містах і регіонах України.

Саме ця ситуація формувала коло невідкладних завдань, поставлених перед ДП НДІБК, як головною науковою організацією з даної проблеми, у зв'язку з чим забудова цих територій на багато років стала одним з головних проблемних завдань, вирішення якого було доручене ДП НДІБК.

Якщо врахувати той факт, що і до цього дня повна ліквідація властивостей просідаючих ґрунтів або повна прорізка просідаючих товщ потужністю 20 ... 25 метрів і більш не завжди технічно можлива, або економічно ефективна - поставлене завдання забезпечення експлуатаційної тривалої надійності зведених об'єктів, мало особливе значення. Саме тому розробляються рішення по використанню комплексу заходів, що захищає будівлі від деформацій просідання в умовах неповної прорізки товщ просідання. І в цей же час ДП НДІБК створюється ряд республіканських нормативних документів, що регламентують вживання такого комплексу заходів в ґрунтових умовах України.

Одночасно створюється принципово новий спосіб ущільнення товщ просідання попереднім замочуванням з використанням енергії вибуху, який знаходить широке впровадження в Україні і в інших регіонах колишнього СРСР.

Не менше значення для будівництва в Україні мають особливості територій, що підробляються, площа яких складає близько 2%. Сюди входять два басейни з підземним видобутком: Донецький і Львівсько-Волинський. Але не дивлячись на відносно невеликі розміри вугленосних площ, ці території густо заселені (щільність населення 150-200 чоловік на квадратний метр). На них зосереджені підприємства гірничодобувної, металургійної, хімічної і інших галузей промисловості, а також відповідно об'єкти житлово-цивільного призначення. На ці території доводиться майже 10% загального об'єму капітального будівництва в Україні.

Український Донбас займає територію трьох областей: Донецької, Дніпропетровської і Луганської. Вугленосна площа басейну складає близько 55% його адміністративної території. Для його геологічної будови характерна різноманітність умов залягання вугільних пластів (гори-

зонтальне, полого і круте падіння), глибина залягання 190-800 метрів і потужність 0,2 ... 3 метри. При цьому на всій вугленосній території басейну є багаточисельні тектонічні порушення – скидання, зрушення, надвиги, розриви щільності. Найбільш важкими для забудови і до цього дня є райони з крутим заляганням пластів, де виявляються тріщини, ступінчасті деформації земної поверхні і ведеться багатократна підробка об'єктів (Центральний Донбас).

Велика щільність забудови на території Донбасу істотно ускладнює проблему виїмки корисних копалин під будівлями, спорудами і природними об'єктами, де залягає понад мільярд тонн вугілля. У зв'язку з тим щорік шахтами Донбасу підробляються сотні цивільних, промислових і природних об'єктів і безпосередньо їх зон впливу гірських робіт на об'єкти підробляється близько 1 млн. тон вугілля.

Відомі приклади, коли на стадії проектування і винесення в природу проектів були прийняті рішення будівництва міст і селищ (наприклад, шахт імені Гагаріна і ім. Гаєвого комбінату “Артемвугілля”, Белозьорськ-комбінату “Красноармійськвугілля”), промислових споруд (електропідстанції, магістральні газопроводи, штучні водо-ймища, реконструкції заводів і залізниць) без врахування ведення гірських робіт, що приводило до великого збитку. У особливу проблему виросло питання виїмки запасів вугілля в зоні впливу робіт шахти “Червоний Жовтень” комбінату “Орджонікідзевугілля” на будинки та споруди Єнакіївських металургійного, коксохімічного, цементного заводів, які в основному побудовані в 30-х роках без врахування впливу підробки. В результаті підробки окремі будівлі і споруди цих підприємств отримали значні деформації.

Недостатньо вивченими виявилися процеси зрушення гірських порід, вплив їх на об'єкти наземної забудови в умовах розробки крутопадаючих пластів і, відповідно, ефективність заходів захисту.

Слід особливо відмітити, що в 1970 р. питання захисту промислових підприємств у вказаних умовах практично не вирішувалися.

Були відсутні перевірені і економічно обґрунтовані способи будівництва житлових і суспільних будівель на територіях, що підроблялися, що придбало особливе значення при розгорнутій масовій забудові цих територій.

Львівсько-Волинський вугільний басейн розташований на території Львівської і Волинської областей. Вугленосна площа басейну складає 12% його адміністративної території. У басейні є п'ять геолого-промислових районів (Нововолинський, Великий Мостовий, з містами Волинськ і Червоноград). Вугільні пласти залягають тут на глибині 340-485 метрів майже горизонтально, тектоніка басейну не відрізняється складністю, а деформації земної поверхні виявляються у вигляді мульд осідання без значних тріщин на поверхні.

Окрім цього, є райони, де ведеться підземна видобуток інших корисних копалин, і внаслідок цього також спостерігаються різні форми деформації земної поверхні – від плавних осідань до провалів. До таких районів відносяться: м. Слов'янськ – підземний видобуток куховарської солі, в т.ч. методів вилугування, що приводить до порушення гідрогеологічного режиму підземних вод; р. Калущ – Калущ-Голинське родовище калійних солей (територія калійних родовищ, що підробляється), особливістю яких є плавні і тривалі осідання земної поверхні; р. Долина – район видобутку газу і нафти; Нікополь-Марганцевий басейн (видобуток руд кольорових металів).

Перераховані вище особливості деформації земної поверхні на територіях Донбасу і Львівсько-Волинського

вугільного басейну, що підробляються, в умовах зростання об'ємів цивільного (житлового) і промислового будівництва, з врахуванням ускладнення конструктивних систем будівлі (їх поверховості, конфігурації в плані, матеріалів стінних огорожувань і ін.) формували невідкладні завдання теоретичних досліджень і натурних експериментів ДП НДІБК, як головного інституту з проблеми, у ряді провідних інститутів і організацій. У зв'язку з цим розвертається широкий фронт дослідницьких робіт як в плані теоретичних розробок, так і експериментальних випробувань дослідних будівель, які виконуються ДП НДІБК, Донецьким ПромбудНДІпроектком, “КиївзНДІпом” і ін. організаціями.

Виконані в широких масштабах натурні дослідження в Донбасі в 1958-1978 рр. сприяли розвитку об'ємів житлового і промислового будівництва на територіях, що підроблялися.

В період 1958-1965 рр. натурними випробуваннями визначені можливості і умови будівництва на вугленосних площах 4-5-поверхових панельних будівель різних типів, а пізніше, в 1966-1980 рр., встановлена можливість масового будівництва 9-поверхових будинків в умовах пологого і 5-поверхових – крутого падіння пластів.

У 1971-1980 рр. результати натурних експериментів зумовили можливість поліпшення техніко-економічних показників будівництва 9-поверхових будинків і з'явилися обґрунтування для будівництва таких будівель в районах, що підробляються крутопадаючими пластами.

Саме у цей період в ДП НДІБК розробляється і вперше застосовується для досліджень 9-поверхових будівель в Донбасі автоматизована домкратна система на основі плоских домкратів вантажопідйомністю 200 т кожен. Вживання цієї системи для штучного викривлення основи показало можливість її використання як міру захисту будівель.

Окрім територій з просідаючими ґрунтами і територій, що підробляються, в Україні виявлено близько 2 тисяч карстових і карстово-суфозійних об'єктів.

В основному, це Прикарпаття – Львівська, Івано-Франківська і Тернопільська області; Приазов'я - Донецька і Запорізька області; територія Криму.

Виникнення і розвиток карстово-суфозійних явищ відбувається внаслідок розчинення деяких гірських порід (вапняків, гіпсу, кам'яної солі і ін.) підземними водами, відповідно до чого утворюються карстові порожнини, змінюється пористість ґрунтів, міра їх тріщинистості і водопроникності, виникають ослаблені зони в масиві карстуючих порід. При цьому характерними видами деформацій основ є плавні осідання земної поверхні на великих площах (мульди осідання), локальні осідання, провали і воронки. Останні найбільш небезпечні для будівництва об'єктів, оскільки їх розміри залежать від геологічних і гідрогеологічних умов, складу покривної товщі і вагаються в межах від 1 до 50 метрів, а інколи можуть досягати 100-300 м.

Промислове освоєння забудовуваних територій і супутні техногенні дії на геологічне середовище, будівництво гідротехнічних споруд викликають різку активізацію карстово-суфозійних процесів. Такі процеси викликають утворення провалів і протікають з інтенсивністю, в десятки разів тієї, що перевищує природну і, головне, виявляються там, де раніше територія не вважалася карстонебезпечною. Лише за 10 років (до 1981 р.) кількість провальних просідаючих деформацій збільшилася з 100 до 2000 і більш. Процес карстоутворення продовжується безперервно і постійно вимагає як розробки заходів запобігання цьому процесу, так і інженерних заходів по захисту існуючих об'єктів, а також проектних розробок, що враховують мож-

ливу негативну дію карстового провалу або осідання.

Вирішенню цих завдань була присвячена діяльність ДП НДІБК на протязі 70-80-х років.

За даними Міністерства геології на території України зсувні процеси розвинені в 180 містах і селищах міського типу на загальній площі близько 70 тис. га (у тому числі близько десяти тисяч активних зсувів). Основні райони зсувних проявів – поберіжжя Чорного і Азовського морів, Південний берег Криму, схили долин і річок басейнів Дніпра, Дністра, Північного Дінця, гірські райони Карпат. До зсувних процесів також схильні ділянки Чернігівської, Львівської, Закарпатської, Одеської, Кримської, Полтавської, Миколаївської, Луганської, Запорізької і ін. областей України. Лише у Ялті близько 18% території першочергового освоєння зайнято активними зсувами.

Більше 100 міст і селищ міського типу України, серед яких міста Київ, Одеса, Дніпропетровськ, Запоріжжя і ін. розташовані в зонах одночасного протікання декількох екзогенних геологічних процесів (ЕГП), що включають зсуви, підтоплення, просядочність і карст.

Території з сильною ураженістю всіма видами ЕГП (Кривбас, Львівсько-Волинський басейн, Нікополь-Марганцевський басейн, міста Дніпропетровськ і Дніпродзержинськ і ін.) складають близько 7.3% території країни.

Ураженість різних територій України зсувами неоднакова і складає (у відсотках до території регіону) лише по Південному берегу Криму – майже 75%, на побережжі Азовського моря – близько 50%, в окремих регіонах Передкарпаття від 25 до 80%, в областях Одеської і Миколаївської – до 23% і так далі.

У Києві загальна площа зсувів за даними ПГО “Севукргеологія” 1982-1984 рр. складала майже 6 км² – понад 100 зсувів, у тому числі на Подільській ділянці – 30, в Центральному районі міста – 32, Залавському – 9, Видубецькому – 12, на Батієвій горі і Совській балці – 9. Лише у районі Київського і Канівського водосховища відомо близько 120 зсувів загальною площею майже 4 км².

Завдання забудови зсувонебезпечних територій в Україні потребує вирішення ряду конкретних завдань, у тому числі, їх нормативного забезпечення. Теоретичні дослідження і аналіз даних моніторингу дали можливість ДП НДІБК розробити ДБН “Інженерний захист територій, будинків і споруд від зсувів та обвалів”.

Сейсмонебезпечні території охоплюють майже 20% територій України. Це, в основному, сейсмоактивні регіони – Кримсько-Чорноморський і Карпатський, включаючи 8 сейсмоактивних зон, серед яких важлива роль належить зонам Закарпаття, Предкарпаття, Буковини і Південно-західному закінченню Східно-європейської платформи, розташованим на території України. В значній мірі сейсмічна активність України визначається завдяки глобофокусному регіону Вранчеському в Румунії.

Історія землетрусів свідчить, що на території України у минулому відбувалися сильні і руйнівні землетруси інтенсивністю 7-8 балів. Кримські землетруси 26 червня і 11 вересня 1927 р. стали причиною пошкоджень близько 70% всіх будов м. Ялти. У зону 8-бальної дії потрапляють такі міста, як Ялта, Севастополь, Алушка, Алушта, Гурзуф і ін.

Найбільші Карпатські землетруси з району Вранча викликали значні пошкодження будов в Україні в 1091, 1230, 1445, 1790, 1802, 1940, 1977 роках. У Києві ці землетруси відчувалися з інтенсивністю 4-5 балів, в містах Чернівці, Ужгород і ін. містах Карпатського регіону – до 7-8 балів.

Захист споруд від сейсмічних дій викликає подо-

рожчання будівництва на 5-15%, хоча ці витрати не порівнянні з сумами збитку, викликаного землетрусами, і який, перш за все, пов'язаний з низькою якістю проектування, яке базується на приблизних і недостатньо достовірних розрахункових методах. Особливе значення має цей чинник в районах з іншими складними ПГУ, – наприклад, з просідаючими ґрунтами (де розрив трас, що водонесуть, і пошкодження об'єктів, що водомістять, викликає просідання ґрунтів і нерівномірні осідання і крен будівель); те ж, в зсуво- і карстонебезпечних районах.

Ці обставини формували і формують склад дослідницьких робіт ДП НДІБК, що знайшло віддзеркалення в згаданих вище ДБН і інших допоміжних і рекомендаційних документах, підготовлених ДП НДІБК і ін. організаціями.

У останні десятиліття значні зміни гідрогеологічних і інженерно-геологічних умов України пов'язані із стійким підвищенням рівня підземних вод (РПВ), і в першу чергу, в межах забудованих територій, що значно ускладнює їх освоєння, викликає погіршення стану геологічного середовища і екології промислово-міської агломерації. Досвід будівництва показав, що підвищення РПВ до критичних глибин (тобто до підшов зони напруженого стану основ, підлог підвальних приміщень, траншей підземних комунікацій і ін.) є неминучим супутником будівництва.

Внаслідок цих процесів в даний час підтоплення охоплено близько 1 млн. га земель країни, у тому числі близько 600 тис. га горних.

Найбільш інтенсивний підйом РПВ зафіксований в Дніпропетровській, Запорізькій, Херсонській, Івано-Франківській і Львівській областях.

В цілому по Україні з 25 областей майже 20 схильні до інтенсивного підтоплення (на території країни підтоплення охоплено приблизно 250 міст на площі понад 100 тис. га).

Негативні наслідки підтоплення, як правило, зводяться до затоплення заглиблених інженерних споруд, підвалів житлових і суспільних будівель, тунелів метрополітенів, транзитних комунікацій і тому подібне, а також до погіршення фізико-механічних і міцнісних властивостей ґрунтів і розвитку, внаслідок цього, крену і нерівномірних осідань будівель і споруд, підвищення корозійної активності ґрунтів і підземних вод, їх забрудненню і активізації таких небезпечних геологічних процесів, як підняття, зсуви, карст і погіршення ґрунтових умов в сейсмічних районах (підвищення розрахункової бальності сейсмонебезпечних територій).

Накопичений об'єм відомостей про наслідки і процеси підтоплення і досвід боротьби з ними викликав до життя необхідність розробки інженерних рішень (у тому числі, по влаштуванню основ і фундаментів будівель і споруд) і принципів конструктивних і архітектурно-планувальних рішень будівель і споруд, що забезпечують їх надійну і тривалу експлуатаційну придатність при зафіксованому або прогнозованому підйомі рівня підземних вод.

При розробці ДП НДІБК ряду нормативних і допоміжних документів цей чинник враховується і знаходить віддзеркалення у вказівках і вимогах за розрахунком конструкцій і по вибору інженерних рішень.

Резюмуючи дані приведенного вище огляду інженерно-геологічної і горно-геологічної обстановки на території України, слід підкреслити, що практично всі теоретичні і експериментальні дослідження і конструктивні розробки ДП НДІБК є реальною відповіддю науки на запити будівництва будівель і споруд в складних ПГУ України.