

Кравець В.Г., д.т.н., професор  
КПІ ім. Ігоря Сікорського

### РОЗВИТОК НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ІНСТИТУТУ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ В ЦАРИНІ ГЕОІНЖЕНЕРІЇ

V. Kravets, Doctor of Technical Sciences, Professor  
Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute

### DEVELOPMENT OF INSTITUTE OF ENERGY SAVING AND ENERGY MANAGEMENT RESEARCHES IN THE FIELD OF GEOENGINEERING

#### ПЕРЕДНЄ СЛОВО

Цим номером відкривається нова сторінка в історії Вісника «Гірництво», що виходить під новою назвою - «Геоінженерія». Перейменування відродженого Вісника потребує обґрунтування його ідеологічної основи. Пануюче в інтернеті тлумачення терміну «геоінженерія» спирається на авторитет Кембріджа, Оксфорда та Вікіпедії, які розуміють завдання геоінженерії як *«навмисне масштабне втручання у природні системи Землі для протидії кліматичним змінам»*. Паралельно ці авторитетні джерела використовують, на наш погляд, більш адекватний термін – «кліматична інженерія».

Вкладаючи лише кліматичний сенс в більш широке поняття відомого терміну «ГЕО», автори суттєво звужують його горизонт. Звичайно, не можна не погодитись, що кліматична інженерія – це важливий шлях до порятунку Життя на Землі від нищівних глобальних змін клімату у недалекому майбутньому. Однак слід нагадати, що «ГЕО (Земля) - це також надзвичайно вагома частка у багатьох відомих термінах, об'єднаних загальним поняттям ГЕОСФЕРА, тобто внутрішня і зовнішня концентричні оболонки Землі, які взаємодіють між собою. Виділяються такі ГЕОСФЕРИ, як земне ядро, земна мантія, земна кора, літосфера, гідросфера, атмосфера. Остання, в свою чергу, поділяється на тропосферу, стратосферу, іоносферу.

Геосфери умовно поділяються на *базові* або *головні* (літосфера, атмосфера та гідросфера), а також *вторинні*: антропосфера, соціосфера, ноосфера, ноосфера та ін. Статус вторинним геосферам надається виходячи з їх значення в житті людини на Землі в разі, якщо це значення за важливістю близьке до базових геосфер (див. Вікіпедію).

З переліченої низки геосфер «геоінженерія» згідно з усталеним тлумаченням використовує наукові принципи управління природними, а скоріше техногенними процесами в земній атмосфері, які є лише часткою однієї з наук про Землю - ГЕОграфії. Саме звідси витікає традиційне розуміння сенсу частини ГЕО в терміні «геоінженерія». Якщо виходити з наведеного вище, повне її розшифрування мало б виглядати як ГЕОГРАФІЧНА ІНЖЕНЕРІЯ. На усталене тлумачення терміну погодилась без дискусій сучасна наукова спільнота, крім гірників, яким не менше, ніж географам та екологам, належить право на використання короткого терміну ГЕО, який означає земне походження таких наук, як геометрія, геодетика, географія, геологія, геофізика, геомеханіка, геодинаміка, геохімія, свердловинна геотехнологія, георбаністика та ін. Фахівці з перелічених галузей наук в інтелектуальній діяльності застосовують свої наукові досягнення до вирішення конкретних проблем людства, реалізуючи наукові знання і практичний досвід до створення корисних процесів та технічних об'єктів, Ця діяльність разом з гірництвом має бути об'єднана одним ємнісним терміном «геоінженерія».

Цей термін завжди присутній в їх професійній діяльності, а саме в проектуванні, оптимізації технологій спорудження та експлуатації наземних і підземних об'єктів

гірничого, гірничобудівельного, промислового, урбаністичного, транспортного та ін. призначення, створенні техніки ефективного, комфортного та безпечного їх використання в системі суспільного виробництва.

Сучасний етап економічного розвитку людства супроводжується широким залученням в сферу інженерної діяльності верхніх шарів земної кори (будуються греблі, водосховища, прокладаються транспортні наземні і підземні комунікації, канали, тунелі, трубопроводи. Все більших масштабів набувають роботи з видобутку твердих, рідких і газоподібних корисних копалин і ін.) На ці ділянки впливають природні гравітаційні, сейсмічні і тектонічні процеси, які ще більше ускладнюють екологічну ситуацію при вирішенні питань максимально допустимого впливу на земну поверхню, що є першочерговою рисою діяльності людства. В той же час освоєння корисних копалин є необхідною умовою розвитку виробничих сил і матеріальної бази суспільства. Це саме стосується і розвитку гірничо-видобувних, енергетичних, транспортних, меліоративних і інших видів робіт, без яких промисловість існувати не може і які складають основу діяльності або тісно сплітаються з інтересами гірничої наукової та інженерної спільноти.

Спираючись на викладені аргументи журнал «Геоінженерія» передбачає провадження наступних рубрик:

- геомеханіка і геотехніка,
- геобудівництво,
- гірничі машини та енергетика,
- гірнича справа,
- екологія і охорона праці.

Більшість перелічених рубрик притаманні науковій діяльності кафедри геоінженерії та відбивають її історію, етапи розвитку і науковий поступ колективу.

### **КОРОТКИЙ НАЧЕРК ІСТОРІЇ КАФЕДРИ ГЕОІНЖЕНЕРІЇ**

Історію кафедри геоінженерії (створювалась як кафедра шахтного будівництва) розпочато в Київському політехнічному інституті у вересні 1948р. В перші післявоєнні роки для відбудови країни відчувалась особлива потреба у гірничих будівельниках, в озброєнні їх новими технологіями і технікою. Перший набір студентів – шахтобудівників здійснено за рахунок студентів спеціальності “Розробка родовищ корисних копалин” першого і другого курсів прийому 1946 і 1947 років. Усього за період 1951 – 1959 рр. кафедра шахтного будівництва підготувала 468 гірничих інженерів – будівельників, серед них 199 – за прискореною формою підготовки.

Однак в зв'язку з тенденцією наближення гірничих навчальних закладів і осередків до регіонів зосередження гірничовидобувних підприємств наприкінці 1950-х років багато спеціальностей, факультетів і навіть інститутів було закрито або перепрофільовано, зокрема, гірничий факультет КПП, Харківський та Московський гірничі інститути. Припинила існування і кафедра шахтного будівництва, з якої частину студентів старших курсів було переведено до Київського інженерно-будівельного інституту. В час, що передував відновленню діяльності кафедри в КПП, в світовій гірничобудівельній практиці почав активно розвиватись напрямок, пов'язаний з необхідністю більш широкого освоєння підземного простору мегаполісів.

Як і в усьому розвинутому світі, визріла необхідність підготовки фахівців для будівництва підземних міських споруд м. Києва та інших міст України. В зв'язку з цим рішенням вченої ради КПП і наказом ректора за № 60-1 від 20.03.1991 р. на базі кафедри технології та механізації гірничих робіт гірничотехнічного факультету КПП розпочато підготовку фахівців за спеціальністю “Шахтне та підземне будівництво” і спеціалізацією “Будівництво міських підземних споруд”. Цього ж року відбувся

перший набір групи студентів. Велику роботу з організації нової спеціальності провів завідувач кафедри технології і механізації гірничих робіт, на той час декан гірничотехнічного факультету проф. Пирський О.А.

З липня 1993р. для підготовки вищезгаданих фахівців було організовано кафедру підземного будівництва, завідувачем якої призначено лауреата Державної премії з науки і техніки України, доктора технічних наук, професора Кравця В.Г. Набір студентів відбувся за спеціальністю “Шахтне та підземне будівництво”. Перший випуск спеціалістів спеціальності “Шахтне та підземне будівництво” відбувся у лютому 1997р. З грудня 1998р. у зв’язку з перебудовою гірничотехнічного факультету кафедра продовжує діяльність в складі Інституту енергозбереження та енергоменеджменту (ІЕЕ) НТУУ “КПІ”. Для концентрації підготовки бакалаврів напрямку “Гірництво” в рамках однієї кафедри з 2000р. розпочато поступове переведення підготовки фахівців спеціальності “Розробка родовищ корисних копалин” (нині “Геоінженерія мінеральних ресурсів”) з кафедри інженерної екології на кафедру геотехнічного будівництва із перейменуванням останньої на кафедру геобудівництва та гірничих технологій, а з 2017р – на кафедру геоінженерії (ГІ). яку очолив доц. Стовпник С.М. .

Сьогодні кафедра ГІ забезпечує підготовку фахівців очної та заочної форми навчання за:

- освітньо – професійною програмою (ОПП) рівня вищої освіти ступеня «бакалавр» 6.050301 «Гірництво»; освітньо-професійною (освітньо-науковою) програмою другого (магістерського) рівня вищої освіти ступеня «магістр» за спеціальністю 184 «Гірництво» зі спеціалізаціями: «Геоінженерія мегаполісу» та «Геоінженерія мінеральних ресурсів»

Одночасно із заснуванням кафедри у 1993р почалось становлення наукової школи «Формування інженерних властивостей гірських порід засобами геодинаміки», яку заснував завідувач кафедри Лауреат державної премії з науки і техніки України (1991р.) доктор техн. наук, професор В.Г.Кравець. В минулі роки на кафедрі досліджувались наукові проблеми:

- формування міцнісних параметрів ґрунтів в суміші з поверхнево-активними та в’язучими речовинами під дією динамічних навантажень;
- розробки наукових основ стабілізації слабких водонасичених ґрунтів вибуховими методами;
- керування напружено-деформованим станом основ фундаментів теплових споруд;
- управління детонаційними процесами в зарядах при руйнуванні анізотропних породних масивів;
- розробки геотехнічних способів закріплення деформованих основ фундаментів, що складаються з лесових ґрунтів ;
- забезпечення стійкості гірничих виробок в складних геотехнічних умовах;
- вдосконалення техніки та технологій ефективного відділення декоративного каменю;
- розробки необпалених в’язучих та будівельних матеріалів з відвальних порід вуглевидобутку для виготовлення конструктивних елементів автомобільних доріг та для інших галузей будівельного виробництва.

Перелічені пошукові та дослідницькі роботи навіть в період економічного спаду поступово підвищували науковий та навчально – методичний рівень викладацького складу кафедри. В цей час інтенсивно розвивається співпраця з провідними польськими гірничими вищими навчальними закладами. В період 2002-2012рр. виконувались спільні пошукові наукові роботи з Сілезьським технічним університетом та Краківською гірничо-металургійною академією, спрямовані на:

- опрацювання наукових основ та способів прогнозування та запобігання зсувних

явищ в схилах на урбанізованих та підроблюваних гірничими роботами територіях;

- наукове обґрунтування прогнозу та техніки попередження ендегенних пожеж у вугільних шахтах;

- розробку сучасних малошкілних вибухових речовин для реалізації та підвищення ефективності і сейсмобезпеки сучасних геотехнологій.

З 2006 р. кафедра геобудівництва бере участь в об'єднанні зусиль українських ВНЗ за напрямком шахтного та підземного будівництва, де крім традиційної співпраці в науковій та науково-педагогічній сфері організується щорічна об'єднана Міжнародна конференція молодих вчених, аспірантів та студентів. Щороку на цій конференції мають змогу виступити з доповідями молоді науковці споріднених кафедр. В 2010 р. з метою підвищення рівня теоретичних розробок, отримання можливостей використання лабораторних баз та створення більш сприятливих умов для підготовки наукових кадрів кафедра уклала договори з відділом Інституту механіки ім. С.П.Тимошенка НАНУ, навчально-науковим центром гірничих інформаційних технологій Національного гірничого університету (нині Дніпровської політехніки), з науково-дослідною лабораторією з проблем безпеки промислових вибухів Інституту гідромеханіки НАНУ. В 2011 р. поновлено договір з кафедрою геомеханіки, підземного будівництва та керування охороною поверхні Сілезького технічного університету.

В 2012 р. укладено договір про творчу співдружність з Варненським технічним університетом ім. Черноризця Храбра. В 2016 р. заключено договір з Берг-факультетом Технічного університету м. Кошіце (Словаччина).

Серед виконавців робіт працюють 1 - 2 доктори наук, професори і 1-2 кандидати наук. Як правило, в групу виконавців входять працівники і аспіранти, у яких тематика кандидатської або докторської відповідає виконуваним темі, та студенти. До основних здобутків в межах наукових інтересів кафедри належить віднести:

- описання ударних хвиль величиною розриву польових функцій на фронті хвилі, тобто амплітудою хвилі й створеним нею імпульсом, що дає можливість спростити завдання про дифракцію ударної хвилі на поверхні поділу середовища й застосувати прийоми, використовувані в стереомеханічній теорії удару й базовані на загальних теоремах динаміки.

- побудову системи математичних рівнянь для розгляду специфічних процесів поширення в поліетиленовій оболонці трубчастого детонуючого хвилеводу хвилі детонації та описання динаміки поліетиленової циліндричної оболонки трубчастого детонуючого хвилеводу під дією осесиметричного навантаження, що може бути використане для визначення параметрів хвиль деформацій і вивчення явища струшування й розпилення дрібнокристалічної ініціюючої ВР у каналі хвилеводу;

- експериментальне вивчення механізму ініціювання, розвитку й загасання фронту ударної хвилі в матеріалі оболонки хвилеводу без напленої ВР і формування детонаційного процесу по довжині хвилеводу з напиленим шаром ВР та отримання ряду важливих закономірностей і умов розвитку й передачі детонаційного процесу в системі комутованих хвилеводів;

- встановлення механізму взаємодії системи подовжених джерел динамічних навантажень, які генерують короткохвильові імпульси, та характеру розподілення напружень в зоні взаємодії взаємодії хвиль з явищами типу аномалій Вуда, що поводують різке збільшення напружень резонансного характеру;

- розроблення та випробування в полігонних умовах групи портативних агрегатів для забезпечення комбінованого навантаження з метою відділення монолітів. Особливістю цих агрегатів є прості конструктивні рішення, що спрощують їх виготовлення та застосування в порівнянні з існуючими засобами.

- створення комбінованої технології спорудження протифільтраційних екранів в структурно-нестійких грунтах з використанням пульсуючого механізму формування вибухової порожнини та зони залишкових деформацій;

- встановлено закономірності формування міцності слабометаморфізованих порід та обґрунтування способу підвищення несучої здатності цих порід шляхом вибухового нагнітання в'язучого розчину.

- виконано фізичне моделювання та запропоновано способи формування пружно-піддатливих віброізолюючих масивів, як основ споруд, що забезпечують міцність, стійкість і довговічність при статичних і динамічних навантаженнях. Розроблено ефективний спосіб ущільнення масиву під подошвою споруд, що складаються з міцного ґрунту малої товщини і підстилаючого шару зі структурно-нестійких ґрунтів підводним вибухом.

- вперше змодельовано процеси ущільнення вологих і водонасичених ґрунтів віджиманням порової води при віброущільненні бетонної суміші при виготовленні буронабивних паль;

- вперше запропоновано методики визначення компонентів напружень на будь-якій точці масиву ґрунту від дії вертикального навантаження в нижньому кінці палі на великій глибині при віброущільненні. Складено і вирішено диференціальні рівняння компонентів напружень в масиві ґрунту від вертикального навантаження, з використанням бігармонічних функцій напружень, що задовольняють граничним умовам гармонійних рівнянь.

- розвинуто уявлення про хвильові явища в продуктах детонації (ПД) при вибуху конічного заряду за допомогою двомірного гідрокоду шляхом комп'ютерного моделювання осесиметричного процесу вибуху усіченого конічного заряду. Рішення задачі поширення детонаційного процесу виконано в осесиметричній постановці з використанням рівнянь в ейлерових циліндричних координатах.

Участь професорсько-викладацького складу у виконанні фінансованих з бюджету тем складає по різних роках від 30,8 до 38,5%. Однак науковою діяльністю у різній мірі займається практично весь склад кафедри, що підтверджується результатами щорічного підрахунку рейтингу кафедри та звітами про наукову діяльність її працівників.

В ході виконання досліджень в 2011 – 2019 рр. співробітниками кафедри (штатними та сумісниками) видано 20 монографій, опубліковано в фахових наукових виданнях 146 статей, у наукометричних базах – понад 30 статей, публікацій в зарубіжних виданнях - 121.

Наукові розробки знайшли впровадження в навчальному процесі на кафедрі, сприяли активізації роботи аспірантури за спеціальностями 05.15.09 – геотехнічна і гірнична механіка та 05.15.03 – відкрита розробка родовищ корисних копалин, за якими на кафедрі ведеться підготовка наукових кадрів, і за якими провадяться захисти на засіданнях спеціалізованої вченої ради Д 26.02.022.

На протязі 1993-2019 рр. в рамках наукового напрямку кафедри захищено 11 кандидатських дисертацій (з них 6 – співробітниками кафедри) та 9 докторських дисертацій (з них 4 - співробітниками кафедри). Наукові традиції школи успішно продовжуються учнями і послідовниками керівника – захищено 3 кандидатські роботи аспірантів кафедри, вихованців професора А.М.Самедова, 1 докторська та 1 кандидатська роботи, виконані вихованцями проф. Н.В.Зуєвської.

Враховуючи наявний склад докторів наук, річний ліцензійний набір кафедрою на третій рівень освіти (PhD) становить 8 осіб. На цей час в аспірантурі кафедри навчаються аспіранти за програмою PhD під керівництвом професорів В.Г.Кравця, Н.В.Зуєвської, Г.І.Гайка і С.М. Стовпника. Маючи значний науковий доробок



попередніх років, колектив кафедри здатний освоювати нові напрямки наукового пошуку, а саме, дослідження, пов'язані з розвитком питань геоурбаністики.

Оскільки зростання великих міст веде не лише до збільшення розмірів, але і до істотного ускладнення функціонально-просторової організації міста, з'являється потреба рішення ряду гострих проблем, а саме - територіальних, транспортних, енергетичних, водопостачальних, екологічних і тому подібних.

Значні резерви рішення міських проблем знаходяться в площині розвитку підземної урбаністики, тобто розміщення в підземному просторі міста численних споруджень транспортного, енергетичного, господарського, комунального, соціального призначення і створення масштабної інженерної інфраструктури.

В зв'язку з цим нові навчальні плани кафедри з 2018 року передбачають в рамках спеціальності «Гірництво» підготовка фахівців за двома спеціалізаціями – «геоінженерія мегаполісу» та «геоінженерія мінеральних ресурсів»

Враховуючи спрямування останньої на видобування будівельної сировини, включаючи декоративну продукцію, яка користується високим попитом у світі, обидві спеціалізації у різному ступені пов'язані з будівництвом об'єктів підземної інфраструктури мегаполісів.

Велика складність, різноманітність, нестабільність, іноді невизначений (чи випадковий) характер взаємодій між структурними і природними компонентами міської забудови істотно коригують існуючі плани, вимагаючи їх вдосконалення із застосуванням системного підходу.

Наукові основи системного планування підземного міста з урахуванням геологічних і ландшафтних особливостей, генерального плану забудови, інженерної інфраструктури і тенденцій майбутніх змін можуть досить коректно спиратися на природно-технічну систему "Геоурбаністика - геологічне середовище" і її підсистеми. Застосування системної методології дозволить вийти на якісно новий етап проектування і розвитку підземного простору, забезпечить ресурсозберігання і значне збільшення об'ємів підземного будівництва відповідно до зростаючих потреб, допоможе створити розгалужену багатфункціональну мережу підземного міста - невід'ємну складову майбутнього мегаполісу. Ці дослідження, що планується виконувати у співдружності з провідними науковими осередками інституту та університету, з близькими за науковим спрямуванням академічними закладами, становлять основу планів наукової діяльності колективу кафедри на наступні роки.