

Інтенсивні ГНВП виникали, як правило, при розбурюванні високонапірних продуктивних горизонтів і під час СПО. Причиною більшості з них була також похибка стосовно прогнозу пластових тисків. Частка таких ускладнень — близько 20% і на їх ліквідацію витрачено 16,3% часу від загального балансу.

Ускладнені ГНВП виникали приблизно в 30% випадків. Витрати часу на їх ліквідацію перевищують 70% від загальних. Такі високі втрати пов'язані з необхідністю ліквідації супутніх аварій та ускладнень, перебудуванням свердловин другим стовбуром або й ліквідацією їх.

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

1. Характерною особливістю спорудження геологорозвідувальних свердловин в Україні є складна геологічна будова розбурюваних розрізів та значні обсяги робіт у зонах з АВПТ. У зв'язку з цим близько половини ускладнень під час спорудження геологорозвідувальних свердловин, особливо в маловивчених розрізах, спричинені проявами енергії пластових флюїдів, що насичують розріз (втрата стійкості стінок свердловини і ГНВП).

2. Невизначеність вихідної інформації про глибини залягання й потужність зон АВПТ і величини пластових (порових) тисків у розрізі є причиною виникнення ГНВП у процесі буріння.

мічного захисту (ЕХЗ) і агресивність середовища.

Стосовно останнього, то в більшості випадків це є матеріал засипки (грунт), і саме сукупність його фізико-хімічних параметрів є характеристикою корозійної агресивності. На підтвердження цього нормативна документація (НД) та спеціальна література [1, 2] подають перелік

3. На ліквідацію ГНВП, що виникли в ускладнених умовах (під час СПО, великі припливи, невизначеність вихідної інформації та ін.), витрачено понад 70% усього балансу часу, у той час, як частка ускладнених ГНВП не перевищувала 30% від загальної кількості. Низька ефективність вжитих заходів свідчить про необхідність удосконалення розрахунків технологічних операцій з ліквідації ГНВП в ускладнених умовах і розробки більш досконалої моделі вибору раціонального способу ліквідації ГНВП, яка уможливить вибір найбільш адекватної стратегії проведення робіт з глушіння свердловини, особливо в умовах невизначеності вихідної інформації.

Література

1. Шалыгин А.С., Палагин Ю.И. Прикладные методы статистического моделирования. — Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1986. — 320 с.

2. Александров Б.Л. Аномально высокие пластовые давления в нефтегазоносных бассейнах. — М.: Недра, 1987. — 216 с.

УДК 631.413.6:550.4.02(477.52)

ВПЛИВ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ҐРУНТІВ НА ПРОЦЕС КОРОЗІЇ СТАЛЕВОГО ТРУБОПРОВОДУ В МІСЦЯХ ПОШКОДЖЕННЯ ІЗОЛЯЦІЇ НА ПРИКЛАДІ ДІЮЧОГО АМІАКОПРОВОДУ

О.В.Медведик, Л.В.Сиса, Б.В.Слободян, В.Ю.Ярош

ДП “Укроргтехдіагностика”, 79000, м. Львів, вул. Липинського, 28,
тел. (0322) 91-91-49

Приведен анализ результатов экспериментального определения катионно-анионного состава вытяжек из грунтов и кристаллических продуктов коррозии стенок трубы в местах повреждения изоляции вдоль участка действующего трубопровода.

The analysis of results of experimental decision of kation-anion composition of extractions from soils and crystalline products of corrosion of walls of pipe in the sites of damage of isolation along the area of operating pipeline is resulted.

Руйнування трубопровідних мереж та інших підземних металевих споруд внаслідок корозії було і залишається причиною значних матеріальних збитків. Уникнути цього покликана надійна захисна ізоляція, однак досить часто внаслідок природних процесів чи суб'єктивних причин вона зазнає пошкоджень, і тоді матеріал труби вступає в безпосередній контакт з середовищем (грунт, вода, повітря). Визначальними обставинами поведінки такої системи є стан самого металу, ефективність роботи електрохі-

показників, які визначають ступінь агресивності ґрунту відносно металу труби. Однак охопити всі реальні параметри середовища, які здатні впливати на поведінку матеріалу стінок підземної споруди, тим більше в умовах наявності чи відсутності електрохімічного захисту, в одному документі поки що неможливо.

На важливість такого питання автори вказували у попередніх роботах [3, 4 та ін.], де серед головних чинників корозійних процесів вони згадували активну кислотність (рН) та при-

родний окисно-відновний потенціал ґрунту (E_h). Разом з величиною питомого електроопору (ρ) ці показники можна ввести в комплексний фізико-хімічний критерій ($K_{фх}$), що досить чітко описує корозійну агресивність середовища.

У даній публікації автори як об'єкт дослідження вибрали хімічний склад навколотрубного ґрунту, а саме: вміст катіонів та аніонів, визначений аналітичними методами у водній витяжці. Результати аналізів порівняно зі станом ЕХЗ та з корозійною поведінкою матеріалу труби.

Конкретними об'єктами дослідження виступали локальні системи типу "сталева стінка – пошкодження ізоляції – середовище – продукти корозії" на кількох ділянках магістрального аміакопроводу (МА) "Тольятті – Горлівка – Григор'євський лиман", які знаходяться на території Миколаївської області. Діаметр труби – 355,6 мм, товщина стінок – близько 8 мм; матеріал труби – сталь легована (виробництво Франції), захисне ізоляційне покриття – "полікен" двошаровий. Глибина залягання труби становила не менше 1,7 м (до верху труби), тип ґрунтів засипки – глинисті, з прошарками мергелів. Рельєф вивченої ділянки – пологий схил балки; рослинний покрив – трав'яний.

Обстеження станцій катодного захисту (СКЗ) та самого трубопроводу на згаданій ділянці показали, що захист працює в нормальному режимі, однак у певних локальних або протяжних зонах має місце відхилення його параметрів від вимог НД. Зокрема, виявлено цілий ряд ділянок, де значення захисного потенціалу ($U_{т-3}$) по модулю вищі за нормативні (згідно з ГОСТ 25812-83 вони повинні складати $-0,9... -1,0$ В), але при застосуванні методики інтенсивних обстежень рівень поляризаційного потенціалу (U_p) нижчий від нормативного ($-0,85$ В). Це означає, що при врахуванні "омічної складової" потенціал $U_{т-3}$ становить $-1,1... -1,2$ В, а поляризаційний $U_p = -0,7... -0,8$ В, і ділянка є електро-незахисною.

Саме в цих точках, визначених за методикою ДП "Укроргтехдіагностика", існувала велика імовірність пошкодження ізоляції. З метою перевірки таких припущень виконувалось шурфування, під час якого вивчався стан матеріалу ізоляції і труби, ряд техніко-фізичних параметрів та відбирались проби ґрунтів на хімічний аналіз.

Відбір проб здійснювався згідно вимог ГОСТ 26423-85 [5] безпосередньо після закладання шурфа з центральної частини кожного ґрунтового інтервалу (горизонту, типу ґрунту) над трубою, на рівні труби та під нею, до дна шурфа. Для проб, що взяті безпосередньо біля стінок труби, відбирались додаткові проби з тієї ж глибини та горизонту, але з бокової стінки шурфа (материнські породи).

Водна витяжка готувалась згідно з вимогами ГОСТу [5]. Частина аналізів (визначення рН, E_h , питомого електроопору) проводилась безпосередньо в польових умовах працівниками ДП "Укроргтехдіагностика"; стаціонарні дослідження – у лабораторії геохімії та екології

Львівського відділення Українського державного геолого-розвідувального інституту (ЛВ УкрДГРІ).

Загалом опрацьовано результати аналізів більше 30 проб ґрунту, ізоляційного матеріалу та продуктів корозії. За результати аналізу приймалися значення кожного одиничного вимірювання; після цього для частини проб проводились контрольні визначення. Отримані результати порівнювались з польовими для визначення абсолютного та відносного відхилень. В усіх випадках вони входили в межі, визначені відповідною нормативною документацією.

Враховуючи достатню збіжність результатів окремих визначень, а також значний об'єм числового табличного матеріалу, автори наводять лише найбільш інформативні з них, приурочені до типових випадків пошкоджень ізоляції, що призвели до значних корозійних пошкоджень.

За результатами робіт на вивченій ділянці можна виділити 3 основних моменти.

1. Найбільш значні пошкодження матеріалу труби (каверни у металі діаметром до 20 мм та глибиною близько 2 мм) мали місце у місцях пошкодження ізоляції в поєднанні з механічними навантаженнями на трубу (каміння та інші сторонні тверді предмети у матеріалі засипки, деформація під впливом сезонних перепадів температур тощо). При цьому в точках локального навантаження (контакт з камінням) ділянка пошкодження мала чітко виражену форму "кратера" (рис. 1), утвореного білою (з жовтуватими прожилками) кристалічною фракцією продуктів корозії. Навколо основного "кратера" (на відстані 1-2 см, "на периферії" пошкодження) під захисною плівкою розміщався шар продуктів корозії у вигляді коричневих кристалів та зеленкувато-сірий аморфний наліт на ізоляційному матеріалі на значному віддаленні (порядку кількох сантиметрів) від основної ділянки пошкоджень. При цьому захисне ізоляційне покриття відділилось від металу, розшарувалось і змінило структуру (стало крихке).

2. Проби ґрунтів, відібрані безпосередньо біля "кратера", на вигляд мали явно виражений тип суглинків з прошарками мергелів (карбонатні породи). Проби, відібрані на деякому віддаленні від пошкодження, за зовнішнім виглядом були в цілому подібні до попередніх, однак містили значно менше таких прошарків.

3. Паралельно з правого боку трохі вище труби МА прокладено інший трубопровід, який у плані кілька разів перетинає аміакопровід та захисний потенціал якого має вище значення по модулю. Саме на перетині цих трубопроводів на стінках МА у місцях пошкодження ізоляції виявлено найбільші корозійні руйнування.

За результатами хімічних аналізів (табл. 1), виконаних у лабораторії геохімії та екології ЛВ УкрДГРІ, кристалічна фракція білого кольору (проба № 1) складається, в основному, з карбонатів та гідрокарбонатів натрію і калію (частково також тривалентного заліза), у значно меншій кількості – їх хлоридів. Присутність сульфат- та нітрат-іонів не виявлена. У катіонному

складі, крім натрію, калію і заліза, виявлено значну кількість іонів амонію. Середовище у водній витяжці з цієї проби лужне, середньо-окисне (значення рН та Eh).

Мікросталічна фракція коричневого кольору (проба № 2), крім високого вмісту карбонатів та гідрокарбонатів лужних металів,

дових слід виділити дуже високий вміст карбонатів (особливо гідрокарбонатів) та практично однаковий з першою пробом вміст хлоридів. Середовище водної витяжки, як і у випадку першої проби, лужне та середньо-окисне.

Зеленкуватий наліт на ізоляційному матеріалі на віддаленні від місця пошкодження ізо-



Рисунок 1 — Зовнішній вигляд ділянки пошкодження ізоляції, вкритої кристалічними продуктами корозії у вигляді “кратера” (ізоляційне покриття знято)

складена, очевидно, ще й гідроксидними комплексами трьохвалентного заліза (іони двохвалентного заліза не виявлені); присутні також значні кількості іонів амонію. З аніонних скла-

дів складений фракціями біогенного походження. На це вказують погана розчинність проб в неорганічних розчинниках та утворення колоїдних розчинів при спробах отримання високо-

температурних водних витяжок. Крім того, явище утворення глеєподібних зеленкуватосірих фракцій на поверхні металічних споруд чи ізоляційного матеріалу в умовах вологих ґрунтів є загальновідомим, і описується як продукти діяльності анаеробних бактерій, що використовують у процесах своєї життєдіяльності сполуки заліза. Більш детальний аналіз складу цих фракцій вимагає проведення мікробактеро-

Проби ґрунтів з кількох ділянок, де виявлені пошкодження ізоляції, показали дуже високий вміст карбонатів (більше 30 мас. %). При цьому його значення є досить близькими як для тих ділянок, де виявлено велику кількість продуктів корозії в місцях пошкодження ізоляції, так і там, де пошкодження ізоляції є, а продуктів корозії мало або немає зовсім. Середовище в усіх пробах ґрунтів біля пошкоджених діля-

Таблиця 1 — Результати хімічного аналізу кристалічних продуктів корозії у місця пошкодження захисної ізоляції (у вигляді "кратера")

Проба № 1 ("кратер")					
Маса наважки – 1,50 г; об'єм води – 50 мл; pH = 8,9; Eh = +150 мВ					
Катіони	Вміст катіонів		Аніони	Вміст аніонів	
	мг/л	мг (факт.)		мг/л	мг (факт.)
Na ⁺	870	43,5	Cl ⁻	124,1	6,21
K ⁺	95	4,75	Br ⁻	не виявл.	0
NH ₄ ⁺	0,08	0,004	J ⁻	не виявл.	0
Ca ²⁺	не виявл.	0	CO ₃ ²⁻	900	45
Mg ²⁺	не виявл.	0	HCO ₃ ⁻	4514	225,7
Fe ²⁺	не виявл.	0	NO ₃ ⁻	не виявл.	0
Fe ³⁺	0,8	0,04	SO ₄ ²⁻	не виявл.	0
			NO ₂ ⁻	0,05	0,002
Разом	965,9	48,3		5538,2	276,9
Сухий залишок (факт., мг/л)			6680		
Сума кат. + ан. (розрах., мг/л)			6504		
Нерозчинний залишок (факт., мг)			1174,8		
Проба № 2 ("периферія")					
Маса наважки – 0,90 г; об'єм води – 50 мл; pH = 8,7; Eh = +157 мВ					
Катіони	Вміст катіонів		Аніони	Вміст аніонів	
	мг/л	мг (факт.)		мг/л	мг (факт.)
Na ⁺	740	37	Cl ⁻	124	6,2
K ⁺	52	2,6	Br ⁻	не виявл.	0
NH ₄ ⁺	1,2	0,06	J ⁻	не виявл.	0
Ca ²⁺	не виявл.	0	CO ₃ ²⁻	1800	90
Mg ²⁺	не виявл.	0	HCO ₃ ⁻	13420	671
Fe ²⁺	не виявл.	0	NO ₃ ⁻	не виявл.	0
Fe ³⁺	1,4	0,07	SO ₄ ²⁻	не виявл.	0
			NO ₂ ⁻	0,08	0,004
Разом	794,6	39,7		15344,1	767,2
Сухий залишок (факт., мг/л)			16000		
Сума кат. + ан. (розрах., мг/л)			16139		
Нерозчинний залишок (факт., мг)			93,1		

логічного аналізу.

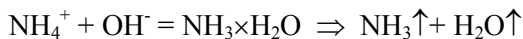
Проби ізоляційного матеріалу з досліджуваної ділянки трубопроводу також піддавались хімічному аналізу. Зокрема, вони показали лужну та середньо-окисну реакцію. Враховуючи те, що згідно технічних вимог при виготовленні ізоляційних матеріалів вони повинні показувати нейтральну реакцію за значеннями pH, отримані результати вказують на зміни в структурі матеріалу ізоляції під впливом корозійних процесів.

нок досить лужне (8,5-9,2 одиниць) та середньоокисне. Враховуючи також їх питомий опір, за значеннями критерію K_{фх} [3] такі ґрунти можна віднести високо-агресивних в плані корозійності.

Аналізуючи отримані результати, можна зробити декілька висновків.

Часткове неспівпадання величин розрахованої суми мас катіонів та аніонів з масою сухого залишку після висушування водної витяжки з проби № 1 є цілком закономірним – частина солей при висушуванні не віддають криста-

лізаційної води, або навпаки – ряд іонів при нагріванні розкладаються до газоподібних речовин:



З тих же позицій можна пояснити перевагу розрахованої суми мас катіонів та аніонів над масою сухого залишку у пробі № 2. Очевидно, частину іонів амонію у процесі висушування проби втрачено за рахунок розкладу гідратованого аміаку. Як видно з рівняння реакції, такому процесові сприяє високий вміст у пробі гідроксильних груп (високе значення рН).

У пробі № 1 помітно виділяється великий вміст нерозчинного у воді залишку. Він близький за значенням до різниці між масою наважки та розрахованою сумою мас катіонів та аніонів у водній витяжці (мінералізація). Очевидно, нерозчинний залишок складений алюмосилікатами (основа більшості глин), що увійшли в контакт з металом труби разом з переміщенням ґрунту у місці розриву ізоляції.

У пробі № 2 маса нерозчинного залишку значно менша ніж у пробі № 1. Поясненням цього може бути затруднена фільтрація важкорозчинних алюмосилікатів через щілини між ізоляційною плівкою та металом, адже, як сказано вище, кристалічна фракція коричневого кольору формувалась саме там.

Проби ґрунтів з інших місць шурфа (над трубою, збоку, знизу, материнські породи) аналізувались на питанні рН та Eh. Практично всі вони показували лужне або слаболужне середньо-окисне середовище. Спостерігалось також незначне зростання величини рН з глибиною, причину якого автори пояснювали у попередніх публікаціях [3, 4]. Враховуючи питомий опір цих ґрунтів, за значеннями критерію $K_{\text{фх}}$ їх також можна віднести до високо-агресивних в корозійному плані.

Серед усіх кристалічних фракцій, що надавались хімічному аналізу, можна виділити активні чинники та побічні продукти. Зокрема, глеєподібний зеленкуватий наліт на ізоляційному матеріалі та мікрокристалічна коричнева карбонатно-гідроксидна фракція на периферії ділянки пошкодження не можуть виступати в якості причин корозійних процесів, оскільки вони є закономірними їх продуктами. Основну увагу в плані корозійної агресивності на дослідженій ділянці слід приділити саме карбонатній складовій у ґрунтах, які мають безпосередній контакт з трубопроводом.

Слід згадати, що двоокис вуглецю (CO_2) присутній практично у всіх природних водах. При частковій гідратації він утворює малодисоційовану вугільну кислоту (H_2CO_3), вміст якої називають вільним двоокисом вуглецю; присутність його у вигляді карбонатів (CO_3^{2-}) – карбонатним; присутність у вигляді гідрокарбонатів (HCO_3^-) – відповідно, гідрокарбонатним.

Високий вміст гідрокарбонатної складової робить воду агресивною до будівельних матеріалів (особливо до бетону) і до металів, тому її часто називають “агресивним двоокисом вуг-

лецю”. У нашому випадку ми маємо справу саме з підвищеним її вмістом в продуктах корозії. Візуальний огляд проб ґрунтів, відібраних в безпосередній близькості від ділянки пошкодження, та результати лабораторних хімічних аналізів вказують на присутність значних кількостей мергелевих фракцій, утворених карбонатними породами. При цьому важко однозначно сказати, яка саме частина матеріалу засипки труби є головним “поставником” гідрокарбонат-іонів, оскільки джерелом їх можуть бути і мергелеві фракції в ґрунті на безпосередньому контакті з трубою, і ґрунтові води досліджуваної ділянки. Оскільки вона знаходиться на схилі балки, не можна виключати можливості переносу значних кількостей гідрокарбонатних вод з вищезалягаючих по рельєфу ділянок.

Заслугує на увагу значний вміст іонів амонію у продуктах корозії. Глибина каверн у місцях виносу металу є не настільки критичною, щоб допустити можливість прямої дифузії продукції через стінку труби. Однак, враховуючи загальновідомий факт, що під дією таких газів як водень чи аміак, сталь може поглинати досить великі їх кількості з порушенням власної структури і підвищенням крихкості, можна допустити, що метал труби у місці пошкодження зазнав значних змін, які призвели до часткової втрати його щільності, і як наслідок – дифузії продукції назовні. Крім того, аміак сприяє утворенню гідроксидних комплексів, які і були виявлені у продуктах корозії.

До речі, згідно загальноприйнятих уявлень [6, 7 та ін.], високе значення рН (лужне середовище) повинно сповільнювати процес корозії сталі за рахунок процесів пасивації її поверхні. Це положення підтверджено цілим рядом експериментів на модельних установках. Однак у даній роботі, як і в кількох попередніх, автори відмічають, що в реальних ситуаціях у місцях значних корозійних пошкоджень ґрунти досить часто мають слабо-лужну або лужну реакцію. Очевидно, цей параметр не можна розглядати окремо від хімічного складу ґрунту, його фізичних параметрів, умов контакту з трубою тощо.

Окремо варто розглянути вплив катодного захисту на протікання вищезгаданих процесів. Зокрема, наявність захисного негативного потенціалу на металі труби виключає можливість розрядки карбонат- або гідрокарбонат-іонів з утворенням кристалічних комплексів. Проте, при достатньо високих значеннях негативного потенціалу поляризації труби може мати місце процес розрядки катіонів H^+ до вільного водню (за даними ряду авторів, активна фаза цього процесу починається вже при потенціалі поляризації сталеві труби -850 мВ). Розчинення водню у сталі призводить до значного підвищення її крихкості, здатності до розтріскування та проникності.

Присутність інших сталевих труб з другого боку у безпосередній близькості до МА також вносить свій негативний вклад. Зокрема, не маючи необхідного рівня захисного потенціалу, вони виступають своєрідним екраном, що стя-

гує на себе негативний заряд з МА, тим самим послаблюючи дію ЕХЗ аміакопроводу.

Крім того, при виникненні сильних механічних деформацій у певних місцях труби (а саме вони, очевидно, і стали причиною пошкодження ізоляції) цілком імовірно є поява анодних зон на критичних ділянках труби, що неминуче призводить до процесів електрохімічного окислення матеріалу її стінок [6]. Наявність таких зон можна вважати причиною того, що при однаково агресивному складі ґрунту у місцях, де труба зазнала механічної деформації внаслідок присутності каміння (проба № 1) чи перепадів температур, корозійні процеси відбуваються у значних масштабах, а там де ізоляція зміщена на великій площі, але без помітних деформаційних змін труби, корозійних ділянок значно менше або немає зовсім.

Таким чином, причинами значних корозійних руйнувань матеріалу стінок трубопроводу на вивченій ділянці можна вважати ряд факторів. У першу чергу це, звичайно, пошкодження ізоляції, спричинені як температурними рухами труби, так і технологічними помилками – недотримання будівельними організаціями відповідних вимог при засипці трубопроводу ґрунтом. Як перші, так і другі сприяють виникненню анодних зон, які не завжди вдається нейтралізувати методами ЕХЗ. На їх фоні хімічно агресивний ґрунт, що безпосередньо контактує з металом, та ґрунтові води, які мають змогу омивати трубопровід завдяки особливостям рельєфу, виступають ініціаторами початку корозії і при відповідних умовах доводять його до необоротних втрат частини металу стінок, а з часом і цілої ділянки трубопроводу.

Література

- ГОСТ 9.602-89. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии.
- Жук Н.П. Курс теории коррозии и защиты металлов. – М: Наука, 1976. – 472 с.
- Медведык О.В., Слободян Б.В., Сыса Л.В., Яворский Г.А. Оценка степени коррозионной агрессивности ґрунтов на участках прохождения трубопроводов по комплексному физико-химическому критерию // Техн. диагн. неразр. контр. – 2002. – №4. – С. 32-35.
- Медведик О.В., Сиса Л.В., Слободян Б.В., Яворський Г.А. Обґрунтування оптимальних значень фізико-хімічного критерію корозійної агресивності ґрунтів окремих ділянок газопроводів // Методи та прилади контролю якості. – 2002. – №8. – С.80-82.
- ГОСТ 26423-85. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки.
- Романив О.Н., Гута О.М., Генега Б.Я., Василечко В.О. Вплив напружень на електрохімічну корозію сталі у водних середовищах // Фізико-хімічна механіка матеріалів. – 1996. – №6. – С. 113-115.
- Улич Г.Г., Рєви Р.У. Коррозия и борьба с ней. – Л.: Химия, 1989. – 456 с.

Міжнародна науково-технічна конференція

Інтегровані системи управління в гірничо-металургійному комплексі (ІСГМК-2004)

м. Кривий Ріг
(17-20 травня 2004 р.)

Оргкомітет конференції

50027, м. Кривий Ріг, вул. XXII партз'їзду, 11,
Оргкомітет "ІСГМК-2004"

Тел: +38(0564) 74-55-53
факс +38(0564) 74-39-95

E-mail: kai@comfort.com.ua

В.М. Назаренко, А.І. Купін, Н.В. Смирнов, 117

А.А. Жосан, Л.В. Ільченко

Тематика конференції:

- Геоінформаційні системи (ГІС) у гірничому виробництві
- Системи технічного зору в технології гірничо-металургійного виробництва
- Системи технічної діагностики гірничих машин та технологічних ситуацій
- Автоматизація роботи гірничого обладнання.
- Автоматизація великих систем, прогресивні інформаційні технології та проблеми штучного інтелекту в гірничій справі
- Нові підходи в навчанні та виховному процесі
- Проблеми охорони інтелектуальної власності в сфері інформаційних технологій