

УДК 681.1:622.323

КОМП'ЮТЕРНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИБОРУ НАФТОГАЗОПЕРСПЕКТИВНИХ ОБ'ЄКТІВ ДЛЯ ПЕРШОЧЕРГОВОГО ПОШУКОВОГО БУРІННЯ

Г.О.Жученко, В.О.Лозинський, О.Є.Лозинський (ІФНТУНГ, Івано-Франківськ),
І.Р.Окрепкий (ЦНДЛ ВАТ «Укрнафта», Івано-Франківськ)

В статті дано опис та обґрунтування геолого-математичної моделі експертної системи для вибору підготовлених локальних нафтогазоперспективних структур до першочергового пошукового буріння на основі розпізнавання образів методом послідовного статистичного аналізу. Розкрито основні принципи побудови та функціонування розробленої комп'ютерної технології. Наведено обґрунтування вибору критерійних геологічних ознак нафтогазоносності для Бориславсько-Покутської зони Передкарпатського прогину. Описано та проаналізовано результати апробації комп'ютеризованої експертної системи ЕксОЛос на локальних об'єктах Надвірнянського нафтогазоносного району.

Приріст розвіданих запасів нафти, газу і конденсату в країні забезпечується успішним проведенням пошукового буріння, яке можливе лише за умови значного підвищення надійності прогнозування нафтогазоносності надр територій конкретних нафтогазоносних районів. Особливу увагу при цьому слід приділити якості прогнозованої оцінки нафтогазоносності. В старих, добре вивчених нафтогазопромислових районах розв'язання цієї проблеми автори вбачають у підборі оптимального комплексу геологічних, геохімічних і гідрогеологічних критеріїв, які дають змогу надійно діагностувати процеси нафтогазоутворення і нафтогазонакопичення, що проходять в надрах, а звідси і наявність в надрах району промислових скупчень нафти і газу.

Підвищення геологічної результативності та економічної ефективності пошуково-розвідувальних робіт на нафту і газ значною мірою залежить від достовірності і точності оцінки перспектив нафтогазоносності окремих локальних об'єктів. Як правило, недостатня достовірність і точність прогнозу нафтогазоносності конкретних локальних структур компенсується збільшенням обсягів пошуково-розвідувального буріння. В умовах різкого зменшення обсягів пошукового буріння така постановка задачі неприпустима. Постала нагальна проблема радикального підвищення достовірності і точності прогнозу можливої продуктивності нафтогазоперспективних структур в конкретних геологічних умовах. Вирішення цієї проблеми потребує створення науково обґрунтованої методики локального прогнозування із залученням новітніх прогресивних технологій його прове-

The article deals with description and ground of geology-mathematical model of expert system for selection of prepared local oil and gas perspective structures before first-coming prospecting drilling on the basis of image recognition by method of logical statistic analysis. Basic principles of construction and operation of elaborated computer technology have been revealed. The ground for selection of criteria geological oil signs for Boryslavsko-Pokutska area of Precarpathian sag has been presented. The results gained in the process of exploitation of computer expert system ExOLOs on local objects of Nadvirna oil-bearing area have been analysed.

дення. Перспективним напрямком для досягнення поставленої мети, на нашу думку, є впровадження спеціально розроблених комп'ютеризованих експертних систем для прогнозу нафтогазоносності локальних структур. Розробка та використання таких експертних систем передбачає побудову цифрових моделей об'єктів досліджень за допомогою геолого-математичних методів з метою відтворення окремих моментів геологічної історії та створення комп'ютерної технології комплексної інтерпретації всієї сукупності геолого-геофізичних і геохімічних показників, які є в наявності для вирішення конкретних геологічних задач.

Аналіз інформаційних потоків, які характеризують прогнозування нафтогазоносності надр окремих локальних структур, свідчить, що експертну оцінку фахівцю, який приймає рішення, необхідно виконувати в умовах інформаційної невизначеності. Тому для прийняття керівного рішення пропонується використовувати розроблену нами комп'ютеризовану експертну систему ЕксОЛос. Це комплекс програм для ПЕОМ, призначений для виконання своїх функцій спеціалістами в складних ситуаціях, які вимагають надання розумних порад з метою прийняття кваліфікованих рішень.

Внутрішня логічна структура запропонованої експертної системи проілюстрована на структурній схемі, поданій на рис. 1. Тут зображено шлях проходження знань експертів (геологів-дослідників) через систематизацію і ґрунтовну обробку наявних фактичних геолого-геофізичних і геохімічних даних до кінцевого споживача (геолога-проектувальни-

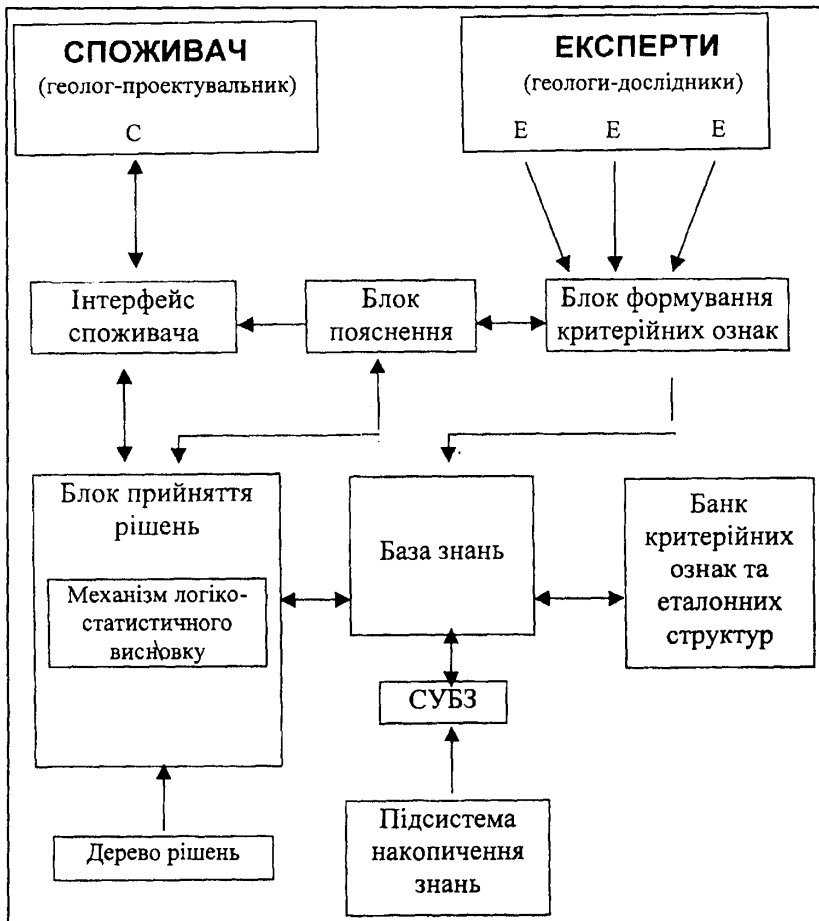


Рисунок 1 — Структурна схема інформаційних потоків знань у експертній системі розпізнавання продуктивності локальних структур

ка), який, зібравши інформацію про критерійні ознаки продуктивності певної локальної структури, може впевнено передбачити, продуктивна ця структура чи непродуктивна, чи, можливо, потребує додаткових досліджень.

Створеній за поданою структурною схемою експертній системі притаманні інтелектуальні риси. Вона може:

- 1) навчатися на даних критерійних ознаках еталонних об'єктів;
- 2) формувати вирішальне правило для віднесення локальної структури до продуктивних чи непродуктивних об'єктів;
- 3) проводити самооцінку якості навчання;
- 4) давати рекомендації щодо доцільності введення кожного перспективного об'єкта в пошукове буріння;
- 5) рейтингувати рекомендовані до буріння перспективні об'єкти в порядку черговості введення їх у буріння.

При побудові комп'ютеризованої ЕС використовуються три таких принципи [3]:

- 1) потужність ЕС спочатку залежить від обсягу інформації в базі знань, а потім визначається процедурами формування результату, що використовуються в ній. Тобто,

важливо мати достатні для розв'язування задач знання, а не складні процедури висновку;

2) знання експерта є переважно евристичними, невизначеними, правдоподібними, але не істинними. Це пояснюється тим, що завдання, які вирішуються, є важкоформалізованими. Знання експерта мають суб'єктивний характер. Часто експерт до кінця не знає, як він вирішить поставлене завдання;

3) у зв'язку з труднощами формалізації завдань, що вирішуються, і евристичним суб'єктивним характером знань, які використовуються, споживач повинен брати участь в безпосередній взаємодії з ЕС, що проходить у діалоговому режимі ПЕОМ.

При потребі за допомогою системи аналізу ЕС можна пояснити, чому рекомендовано дане рішення. Передбачається за запитом споживача виведення йому всієї інформації, що є в банку даних, з питання, що його цікавить.

Основним складовим елементом ЕС є база знань. При заповненні бази знань конкретними, отриманими від експерта предметної області, даними виникає проблема надійності фактів і тверджень. В своїй практичній діяльності експерт часто працює з неповними і неточними даними і незважаючи на це приймає рішення з високим ступенем надійності. Тому надзвичайно важливим завданням є створення інструментів в базі знань, за допомогою яких ЕС змогла би теж успішно здійснювати логічний висновок в умовах інформаційної невизначеності. Для цього при проектуванні ЕС передбачається:

- 1) всі ознаки, що містяться в базі знань, повинні мати коефіцієнти інформативності;
- 2) всім правилам, що використовуються системою логіко-статистичного висновку, повинні присвоюватися відповідні рівні ймовірностей помилок першого і другого роду;
- 3) всі дані, які система одержує від споживача через діалогові запити в процесі висновку, необхідно перевіряти на коректність значень.

При якісній оцінці перспектив нафтогазонасності проблемним є вибір нафтогазоперспективних об'єктів (локальних структур) для першочергової постановки пошукового буріння. Для вирішення цієї проблеми в практи-

ку пошукових робіт доцільно залучати експертні системи на основі методу розпізнавання образів, який базується на принципі аналогії і використанні надійної статистичної обробки. В процесі розпізнавання образів необхідно сформулювати правила для встановлення належності певного об'єкта до одного із задалегідь виділеного класу об'єктів (образу).

В запропонованій роботі суть процесу розпізнавання образів в експертній системі полягає в порівнянні геологічних ознак досліджуваного об'єкта (локальної нафтогазоперспективної структури) з такими ж геологічними ознаками інших відомих об'єктів – еталонів (відкритих родовищ і «порожніх структур»), в результаті чого робиться висновок про найбільш правдоподібну їхню відповідність. При цьому процес розпізнавання проводиться в три стадії: навчання, контроль методу, іспит. Для ефективної роботи вибраного методу нами вибраний шлях комп'ютерного моделювання і створення інформаційно-аналітичної комп'ютерної технології оцінки перспектив нафтогазоносності локальних структур.

Існують дві процедури розпізнавання образів при побудові експертних систем: паралельна і послідовна. При паралельній процедурі використовується одночасно вся можлива інформація і проводиться одне підсумкове обчислення на її основі. Проте паралельні процедури перевірки геолого-статистичних гіпотез при розпізнаванні перспективних локальних структур передбачають постійний для кожної конкретної задачі (розпізнаваної структури) набір критеріїв продуктивності. При розпізнаванні структур за допомогою цих процедур необхідно визначити всі ознаки для кожної структури, що не завжди можливо і доцільно, адже не всі властивості однаково інформативні (важливі) для розпізнавання. Таким чином, виникає потреба формулювання такої процедури розпізнавання, яка враховувала б неоднакову вагу (інформативність) властивостей об'єктів.

У випадку послідовної процедури здійснюється перехід від однієї змінної до іншої з врахуванням інформації, одержаної на кожному кроці послідовно для всіх ознак. В підсумку послідовна процедура після того, як зібрана вся інформація, повинна дати той же результат, що й паралельна процедура. Якщо ж для одержання якогось висновку постійно необхідна вся інформація, то різниця між цими двома процедурами чисто символічна.

Отже, якщо якийсь висновок може бути одержаний на основі використання лише частини всієї можливої інформації, то більш доцільно застосовувати послідовну процедуру, оскільки результат вдається одержати набагато швидше.

Нами розроблена комп'ютерна технологія, яка реалізує ідеї послідовного статистичного аналізу А. Вальда [1] стосовно вибору першочергових об'єктів для пошукового буріння. Суть методу полягає в такому. Для певного нафтогазоносного регіону вибирається певна кількість еталонних об'єктів двох альтернативних класів з різко протилежними властивостями, а саме:

1) клас П – продуктивні структури, до яких належать структури з доведеною промисловою нафтогазоносністю, тобто відкриті родовища нафти і газу;

2) клас Н – непродуктивні (або «порожні») структури, до яких належать структури, виведені з пошукового буріння як такі, на яких відсутня промислова нафтогазоносність, тобто структури з доведеною непродуктивністю.

Обидва класи структур були охарактеризовані кількісними геологічними ознаками. Наведемо короткий опис інформаційного вмісту вибраного нами раціонального комплексу критеріїв нафтогазоносності палеогенових відкладів Бориславсько-Покутської зони Передкарпатського прогину.

Всі критерії нафтогазоносності об'єднані в дві групи показників:

1) показники, що характеризують продуктивний комплекс, який досліджується;

2) показники, що характеризують перекриваючі відклади. До першої групи нами включені такі показники:

а) структурно-тектонічні:

– кут нахилу осі складки в блоці (в градусах). Цей показник містить інформацію про можливість накопичення й утримання нафтогазових флюїдів у конкретній пастці;

– щільність розломів на одиницю площі (в км/км²). Характеризує можливість збереження покладів нафти і газу в пастці даного стратиграфічного комплексу;

– перевищення блоку, що досліджується, відносно максимально зануреного блоку в складці (по склепінню в м). Даний показник характеризує конкретний локальний об'єкт у плані загального гіпсометричного положення в складці та його тектонічну ізольованість, що створює сприятливі умови для збереження покладів нафти і газу;

– відстань до крупних поперечних розломів (в км). Характеризує положення даного блоку відносно головних шляхів міграції нафтогазових флюїдів;

– положення в покриві (ярусі) складок (I, II, III ярус). За схемою диференційного вловлювання найбільш сприятливі умови для акумуляції вуглеводнів створені в пастках фронтальної лінії складок і першої в насуві;

– відстань до уступу в прогині (в км), яким є поздовжній регіональний Передкарпатський розлом. Рекомендується нами через

кращі можливості міграції нафтогазових флюїдів через площини розломів і прирозломні зони дроблення із джерел нафтогазоутворення в структури-пастки;

б) літолого-фаціальні:

– загальна товщина (в м) палеогенового комплексу;

– товщина алевропщаних пластів (у м).

Кількісно характеризує встановлену або прогнозу наявність порід-колекторів у палеогенових відкладах локального об'єкта;

– алевропщанистість (у %). Характеризує частку колекторських різновидів порід;

в) нафтогазоносність:

– нафтогазопрояви – нафтогазоносність відкладів, виявлена під час буріння;

– нафтогазові припливи – нафтогазоносність палеогенових відкладів, виявлена під час випробування свердловин;

г) гідрохімічні характеристики пластових вод:

– мінералізація (в г/л). Даний показник відображає загальний склад речовин, які знаходяться у пластовій воді у розчиненому та колоїдному вигляді;

– метаморфізація (Na/Cl). Показник, який вказує на ступінь палеогідрогеологічної закритості басейну;

– вміст іонів хлору Cl^- (в мг/л). Серед аніонів Cl^- відіграє головну роль в складі вод нафтових родовищ;

– вміст сульфат-іонів SO_4^{2-} . Недонасиченість пластових вод сульфат-іонами при наявності відновних форм сірки є критерієм нафтогазоносності;

– вміст іонів йоду I^- (в мг/л). Відомо, що пластовим водам, які контактують із ароматичними конденсатами та газовими покладами, властивий підвищений вміст йоду;

– вміст бромиду, Br^- (в мг/л). В межах нафтогазоносних областей максимальна кількість бромиду пов'язана із структурами, які характеризуються високою продуктивністю і найбільшою гідрогеологічною закритістю;

– коефіцієнт сульфатності, $(SO_4^{2-}/Cl^-) \times 100\%$;

– хлор-бромний коефіцієнт, Cl^-/Br^- . Даний коефіцієнт розглядають як геохімічний показник близького розташування нафтових родовищ;

– вміст амонію, NH_4^+ (в мг/л). Його концентрація в водах нафтоносних площ вища, ніж в ненафтоносних, оскільки вуглеводні сприяють збільшенню розчинності амонію в пластових водах;

д) характеристика водорозчинних газів:

– наявність в пластових водах розчинених вуглеводнів та інших газів є прямим показником нафтогазоносності надр;

газонасиченість (в cm^3/cm^3) вуглеводневими газами в умовах ізольованості окремих

тектонічних блоків є показником збереженості покладів вуглеводнів;

– вміст метану CH_4 (в %);

– вміст важких вуглеводнів (ВВ) (в %).

Для цих двох показників нафтогазоносності спостерігається пряма залежність концентрації CH_4 і ВВ від наявності нафтогазового покладу;

– вміст вуглекислого газу CO_2 (в %) можна використовувати як критерій нафтогазоносності лише спільно з іншими характеристиками водорозчинених газів;

– вміст вільного азоту, N_2 (в %) в газовій фазі порід зростає із збільшенням відстані від склепіння антиклінальної складки, ця залежність існує і в пластових водах;

е) термобаричні характеристики:

– зміна пластової температури з глибиною; основні позитивні температурні аномалії спостерігаються над нафтогазовими родовищами і пояснюються наявністю вертикальної міграції флюїдів з глибин;

– пластовий тиск на абсолютній позначці –2000 м (в МПа). Найбільш високі тиски в Бориславсько-Покутській зоні трапляються у водоносних, а середні – у нафтогазоносних горизонтах. Критерії, що характеризують перекриваючі відклади:

а) структурно-тектонічні:

– товщина успадкованої покривки (в м).

Важливо встановити її мінімальне значення, необхідне для збереження покладів нафти і газу в районі досліджень;

– товщина тектонічної покривки (в м) містить інформацію про можливість збереження покладів нафтогазових флюїдів;

б) нафтогазоносність. Через наявність вертикальної зональності в розміщенні покладів нафти і газу в геосинклінальних областях, в тому числі і в Передкарпатському прогині, дану характеристику перекриваючого комплексу відкладів ми рекомендуємо як показник нафтогазоносності;

– нафтогазопрояви в перекриваючому комплексі (як поверхневі, так і в процесі буріння свердловин);

– непромислові припливи нафти, газу (в результаті випробування свердловин);

– наявність покладів нафти і газу.

в) характеристики водорозчинних газів.

Показники даної групи беруться аналогічно показникам, які рекомендувались для дослідження продуктивного комплексу. Таким чином, до вихідної сукупності ввійшло 47 показників нафтогазоносності.

Апробація розробленої комп'ютерної технології проведена на локальних нафтогазоперспективних об'єктах Надвірнянського нафтогазопромислового району.

Для того, щоб експертна система змогла виробити певне правило віднесення локальної

структури до одного з двох класів структур – продуктивних або непродуктивних (порожніх), – необхідно провести навчання системи [3]. Навчання проводилось шляхом формування фонду еталонних об'єктів – структур, продуктивність чи непродуктивність яких достовірно встановлена пошуково-розвідувальним бурінням. В еталонну сукупність, за якою відбувався відбір та аналіз інформативних ознак нафтогазоносності, увійшло 24 продуктивні локальні об'єкти в межах 12 структур, які лежать в межах Надвірнянського нафтогазопромислового району Бориславсько-Покутської зони Передкарпатського прогину. Серед них: 4 блоки Майданської складки, 1 – Молодьків-Бабченської, 2 – Старої Копальні, 2 – Газової Бухтівецької, 2 – Росільнянської, 4 – Битківської, 1 – Космацької, 1 – Раковецької, 2 – Гвіздецької, 2 – Пнівської, 2 – Пасічнянської, 1 – Слобода-Рунгурської.

В еталонну сукупність непродуктивних локальних об'єктів увійшло 20 тектонічних блоків в межах 11 структур. Серед них: 1 блок Майданської складки, 3 – Луквинської, 5 – Богрівської, 4 – Ясенсько-Сливки-Яблунської, 1 – Зеленецької, 1 – Микуличинської, 1 – Чемигівсько-Кременецької, 1 – Росільнянської, 1 – Луквинської глибинної, 1 – Гвіздецької, 1 – Пнівсько-Старунської.

Числові значення 47 критерійних геологічних ознак обидвох груп структур за допомогою спеціальної математичної процедури розбиваються на діапазони. Для кожного діапазону значень геологічної ознаки за певною процедурою вираховується коефіцієнт правдоподібності. Далі для кожної геологічної ознаки вираховуються коефіцієнти інформативності і формується послідовний спадний ряд за їхнім рангом.

Розподіл об'єктів на класи (продуктивні і непродуктивні об'єкти) проводиться шляхом сумування коефіцієнтів правдоподібності окремих геологічних ознак в порядку спадання їхньої інформативності до тих пір, поки одержана сума не дасть змоги прийняти рішення про віднесення нерозпізаного об'єкта до одного із альтернативних класів.

Оперуючи банком даних критеріїв нафтогазоносності структур певного регіону, ми підтвердили або відкинули гіпотезу про перспективність кожної локальної структури, а на основі одержаних результатів визначили об'єкти для постановки першо-

чергового пошукового буріння.

За результатами іспиту експертної системи серед всіх представлених 24 продуктивних і 20 непродуктивних еталонних локальних об'єктів:

– правильно розпізнано – 23 об'єкти класу продуктивних, 12 – класу непродуктивних, всього – 35 (80%);

– неправильно розпізнано – 0 об'єктів класу продуктивних, 4 – класу непродуктивних, всього – 4 (9%);

– не визначено – 1 об'єкт класу продуктивних, 4 – класу непродуктивних, всього – 5 (11%).

Оскільки 80% структур під час іспиту розпізнано правильно, було дано позитивну оцінку якості навчання експертної системи на еталонних об'єктах. Після такого успішного іспиту експертна система була переведена з режиму навчання в режим експертизи підготовлених до пошукового буріння, але не розпізнаних об'єктів.

В межах Надвірнянського нафтогазопромислового району експертиза проводилась на підготовлених перспективних локальних об'єктах і дала результати, що зведені в таблиці 1.

Загалом серед 18 локальних об'єктів, поданих на експертизу, 15 структур (83%) визначені експертною системою як продуктивні і рекомендовані нами до першочергового

Таблиця 1 — Результати експертизи підготовлених локальних об'єктів системою ЕксОЛос

Складка	Блок	Критерій
Структури, рекомендовані ЕС ЕксОЛос до першочергового буріння (в порядку черги)		
1. Західномикуличинська	Микуличинський	248
2. Північнодзвиняцька	Майданський(ПнС)	217
3. Тереснянська	Слобода-Рунгурський	216
4. Південногвіздецька	Любіжнянський(ПнЗ)	202
5. Любіжнянська	Любіжнянський(ПнЗ)	183
6. Стеришорська	Березівський	166
7. Любіжнянська	Любіжнянський(ПдС)	164
8. Північногвіздецька	Раковецький(Старун.)(ПнЗ)	145
9. Північногвіздецька	Раковецький(Старун.)(ПдС)	145
10. Південнобитківська	Делятинський	144
11. Західномикуличинська	Яремчанський	144
12. Північнодзвиняцька	Яремчанський	141
13. Південнобитківська	Яремчанський	136
14. Сливкинська	Небилівський	134
15. Стеришорська	Слобода-Рунгурський	129
Структури, визнані експертною системою як порожні		
Тереснянська	Березівський	-133
Західномикуличинська	Делятинський	-134
Структури, не визначені ЕС ЕксОЛос		
Північнодзвиняцька	Майданський(ПдЗ)	-93

пошукового буріння, 2 структури (11%) – як порожні, і лише одна структура (6%) за нашою методикою не була визначена.

Базуючись на одержаних результатах застосування розробленої комп'ютерної технології, можна з великим ступенем надійності стверджувати, що вона є потужним і ефективним засобом для впевненого вибору нафтогазоперспективних об'єктів для першочергової постановки на них пошукового буріння.

2. Жученко Г.О., Лозинський О.Є., Жученко Н.О. Діагностування продуктивності локальних структур з використанням експертної системи // Матер. 6-ї Міжнар. наук.-практ. конф. «Нафта і газ України-2000». – Івано-Франківськ, 2000. – Т. 1. – С. 69.

3. Лозинський В.О. Принципи побудови експертної системи для прогнозування нафтогазоносності надр // Матер. 6-ї Міжнар. наук.-практ. конф. «Нафта і газ України-2000». – Івано-Франківськ, 2000. – Т. 1. – С. 68.

1. Вальд А. Последовательный анализ. – Л.: Физматгиз, 1960. – 483 с.

Орган з сертифікації продукції нафтогазового машинобудування запрошує до співпраці!

Атестат акредитації в системі УкрСЕПРО:
UA № 4.001.116 від 22.02.2000 р.

Галузі акредитації:

- труби нафтового сортаменту,
- обладнання та інструмент для буріння свердловин;
- обладнання та інструмент для експлуатації освоєння та ремонту свердловин;

Орган має угоди про співпрацю з акредитованими в системі УкрСЕПРО випробувальними лабораторіями.

Проведення сертифікації підвищить конкурентно-спроможність продукції і гарантує її безпечну експлуатацію

ІФНТУНГ, вул. Карпатська 15, м. Івано-Франківськ 76019
тел. 994-112