

# Актуальні питання нафтогазової галузі

УДК 551.343:550.838

## ПРОГНОЗУВАННЯ ТА ПОПЕРЕДЖЕННЯ ЗСУВІВ НА ГІРСЬКИХ ТРАСАХ ГАЗОПРОВОДІВ

<sup>1</sup>Є.І.Крижанівський, <sup>2</sup>В.П.Рудко, <sup>3</sup>В.М.Саломатін, <sup>1</sup>Л.Є.Шкіца<sup>1</sup>ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42264,  
e-mail: rector@nung.edu.ua<sup>2</sup>ДП "Прикарпаттрансгаз", 76000, м. Івано-Франківськ, вул. Незалежності, 67,  
тел. (03422) 25451<sup>3</sup>Кримська академія природоохоронного та курортного будівництва,  
95034, м. Сімферополь, вул. Київська, 181, тел. (0652) 222459

*Експериментально встановлена можливість предупреждения аварийных ситуаций объектов газотранспортной системы находящихся в сложных горных условиях с помощью использования метода естественного импульсного электромагнитного поля земли.*

*There has been experimentally determined the opportunity to prevent emergency situations of the objects of gas transport system situated in complex mountainous area by using the method of natural pulse electromagnetic Earth's gravitation field.*

Об'єкти газотранспортної системи часто розміщуються в геодинамічних активних зонах складних рельєфів і за відповідних кліматичних умов піддаються діям механічних навантажень від гірських порід. У кінцевому результаті це може призвести до деформації і руйнувань труб та інших технологічних конструкцій. Особливо небезпечними є зсуви в гірській місцевості. Отже, важливо вміти прогнозувати процеси геодинамічної активності гірських порід з метою попередження аварійних ситуацій.

Для виявлення напруженого стану гірських порід використовують різні методи фізичних досліджень, серед яких в останній час чільне місце займає метод природного імпульсного електромагнітного поля Землі (ПЕМПЗ).

Загальноприйняті теоретичні обґрунтування методу ПЕМПЗ ґрунтуються на роботах А.А.Воробйова [1], який, власне, запропонував назву методу. Впровадження, розробка методики, використання методу для вирішення різних інженерно-геологічних завдань відображено в роботах В.М.Саломатіна [2, 3, 4]. На зсувних схилах завжди присутні умови, сприятливі для виникнення електромагнітних імпульсних емісійних процесів [5]. Накопичення напружень у породах до критичних значень і релаксація їх, розвиток мікро- і макротріщин, явище електроадгезії, трибополяризації, дегідратації, руйнування подвійних електричних шарів, фазові пе-

реходи, тертя призводять у результаті до утворення різних за інтенсивністю імпульсних електромагнітних полів. Залежно від масштабів зсуву і геологічних умов його розвитку частотний діапазон електромагнітних імпульсів може бути широким.

Для вивчення стадій розвитку зсуву, впливу різних факторів на механізм зсуву [5] проводились локальні експерименти в Карпатах на активних глибоко-щебнисто-суглинових відкладах кривлі. Експерименти багато дали для розуміння механізму генерування електромагнітних імпульсів і закономірностей поведінки поля, допомогли визначитися з вимогами до апаратури і напрацювати методичні рекомендації щодо використання методу ПЕМПЗ. Важливим результатом експерименту було те, що штучно провоковані дії на розвиток локального зсуву викликали порушення добових закономірних варіацій ПЕМПЗ і миттєву реакцію на зміну напруженого стану.

Дослідження і спостереження за зсувами однозначно вказують, що метод ПЕМПЗ може бути ефективним для прогнозування зсувів. Адже він вказує на локальне підвищення напружень та деформацій, що є важливою передумовою формування зсуву. Ці процеси не є швидкоплинними на початкових етапах формування умов утворення зсуву, що дає можливість виконати відповідні інженерні роботи і змен-

шити важкі негативні наслідки зсуву. Особливо це важливо для таких небезпечних об'єктів, як магістральні газопроводи та газопроводи розподільних мереж різних тисків.

Для вивчення впливу локальних глибинних напружень на зміну інтенсивності ПЕМПЗ на різних глибинах гірської породи проводили дослідження на Богородчанському підземному сховищі газу (ПСГ). Глибина газосховища 1150÷1250 м. На всій глибині сховища гірська порода — це глини з пропластками пісковиків. Вивчення ПСГ даним геофізичним методом дало можливість отримати уточнену інформацію щодо розподілу зон підвищеного напружено-деформованого стану (НДС) гірських порід і зон релаксації напружень для визначення меж території з можливим розвитком деформаційних процесів, а також визначити просторову неоднорідність у загальному полі механічних напружень.

Польові роботи виконувались у модифікації картування. Загалом виконано 512 спостережень за розподілом характеристик ПЕМПЗ на різних напрямках вимірювального елемента — вертикального ( $H_z$ ) і набору горизонтальних через  $45^\circ$  ( $E_x$ ,  $E_y$ ). У тому числі проводились повторні вимірювання для контролю за варіаціями електромагнітного фону. Повторні контрольні спостереження проводились періодично протягом зйомки обсягом 25% від загальної кількості пікетів. При цьому похибка вимірювань не перевищувала 10%. Для більш точного встановлення ймовірного розміщення аномальних явищ у ґрунтовому масиві крок між вимірюваннями становив 25 м. Кожна точка спостережень фіксувалась на місцевості пікетом з його прив'язкою на топографічній основі з масштабом 1:5000.

Спостереження за розподілом поля напружень проводилось двома приладами типу "АДОНІС-32М", виготовленими спеціально для вимірювання кількості електромагнітних імпульсів за одиницю часу в компактному переносному варіанті з малим енергоспоживанням.

Обробка польових даних полягала в усередненні отриманих замірів на точці з відніманням регіональних варіацій електромагнітного фону. У ході обробки використовувався комплекс статистичних методів аналізу спостережень для визначення їх достовірності при оцінці виявлених аномалій. Як фізико-геологічну модель у процесі інтерпретації польових спостережень приймаємо, що спостережувані значення величини ПЕМПЗ в кожній досліджуваній області мають випадковий характер. Якщо область однорідна за своєю геологічною будовою, геофізичними властивостями, то випадкові значення ПЕМПЗ повинні належати до однієї генеральної сукупності, а їх відхилення мають випадковий характер.

Для характеристики однорідності серії замірів в одній точці і відсіву випадкових відхилень використовувалась нуль-гіпотеза з використанням параметричних критеріїв [6] і перевіркою вибірок на належність їх до нормально-го закону розподілу.

Експеримент проводили за різних заповнень газосховища, тобто за різних внутрішніх тисків. Перші заміри проводились у червні місяці за мінімально заповненого сховища з внутрішнім тиском газу 58 атмосфер. Другі заміри виконували в тих самих пікетах у грудні місяці за максимально заповненого сховища з внутрішнім тиском газу 93 атмосфери. Результати досліджень зображувались у вигляді карт ізольованої середньої інтенсивності ПЕМПЗ для поверхневих вогнищ НДС на глибині 60-100 м та глибинних вогнищ НДС на глибині 600-800 м. Фрагмент однієї з карт ізольованої досліджуваної ділянки сховища зображено на рис. 1.

Важливість проведеного натурального експерименту полягала в можливості виявити небезпечні зони за різних режимів роботи газосховища та прослідкувати залежності зміни інтенсивності ПЕМПЗ зі зміною завантаженості. За різних тисків порівнювались результати в одних і тих самих точках. Для прикладу розглянемо ділянку довжиною 100 м між пікетами 29 та 49 (рис. 1).

Проведені порівняльні оцінки дозволяють зробити висновок, що в разі збільшення внутрішнього тиску в ПСГ зменшується амплітуда зміни інтенсивності ПЕМПЗ для глибинних (рис. 2) та поверхневих (рис. 3) явищ НДС. Тобто, за більш високого тиску в ПСГ зменшуються механічні напруження в гірському масиві над сховищем. Це можна пояснити тим, що ПСГ — вичерпане газове родовище, гірський масив якого знаходився в зрівноваженому стані до початку розробки родовища. Видобуток газу призвів до порушення природної рівноваги та створив вогнища механічних напружень у гірській породі. Під час заповнення підземного сховища газом відбувається зворотній процес — повернення до зрівноваженого стану гірського масиву, що підтверджують вимірювання інтенсивності ПЕМПЗ.

Із викладеного вище випливає, що будь-яке втручання в рівновагу гірського масиву провокує утворення вогнищ механічних напружень, тобто є концентратором напружень і джерелом зародження майбутніх зсувів за відповідних умов. Такими концентраторами напружень є прокладені в горах траси магістральних газопроводів.

Зсувне тіло являє собою динамічно розвинену систему, в якій під дією різних факторів відбувається зміна напруженого стану, що характеризується величиною коефіцієнта мобілізованого опору зсуву  $tg\theta$  [7]. Залежно від значень величини  $tg\theta$  в тілі зсуву виділяються зони жорсткості ( $0 < tg\theta < tg\theta_0$ , де  $\theta_0$  — поріг повзучості), в якій деформації відсутні; зона глибинної повзучості, для якої коефіцієнт мобілізованого опору зсуву обмежений відношенням  $tg\theta_0 < tg\theta < tg\varphi'$ , де  $tg\varphi'$  — межа міцності на зріз, в якій відбуваються тривалі деформації [8], зона пластичності (за  $tg\theta = tg\varphi'$ ), в якій відбувається зріз і рух зсуву по поверхні ковзання. Порооди, що входять в різні зони, відрізня-

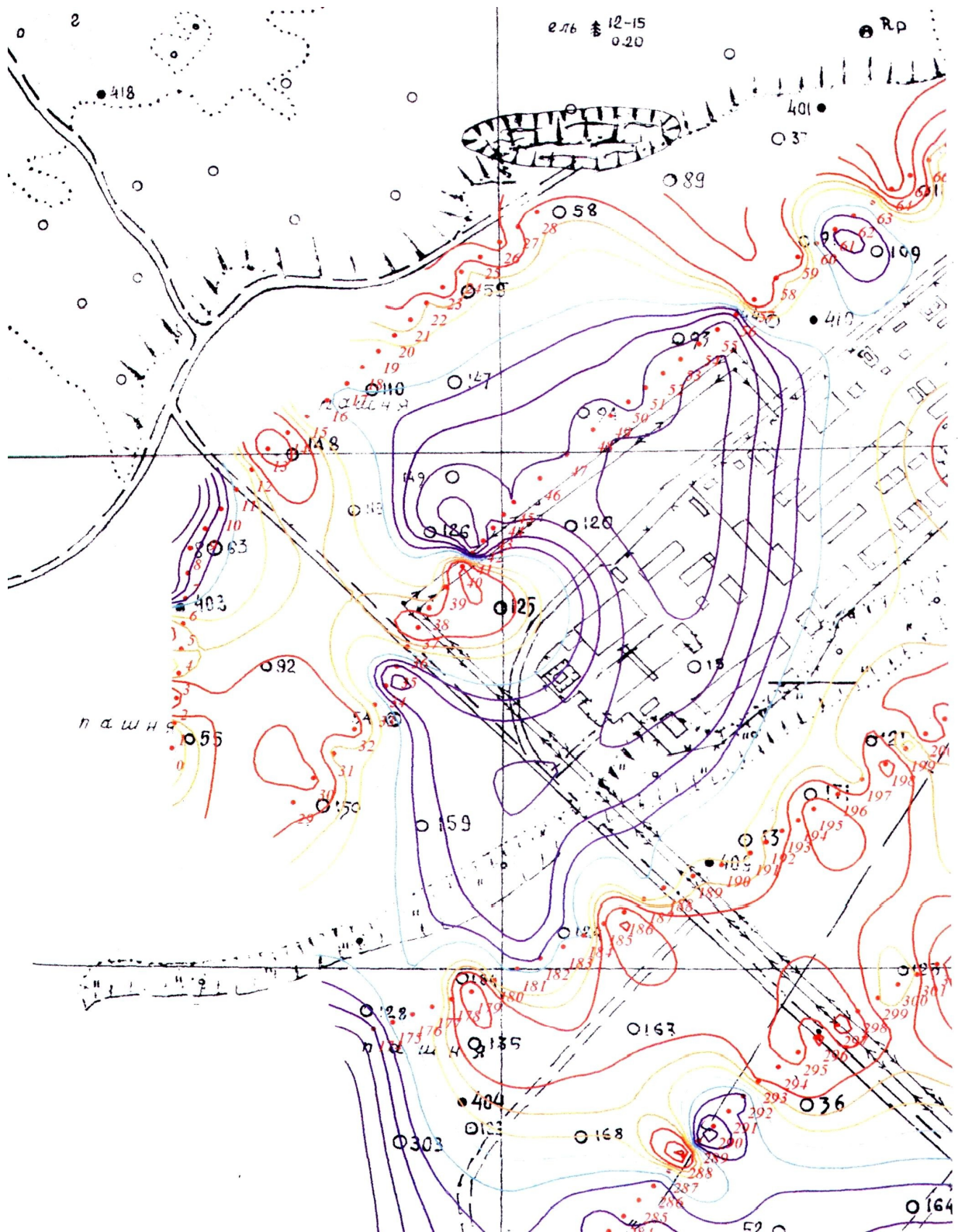
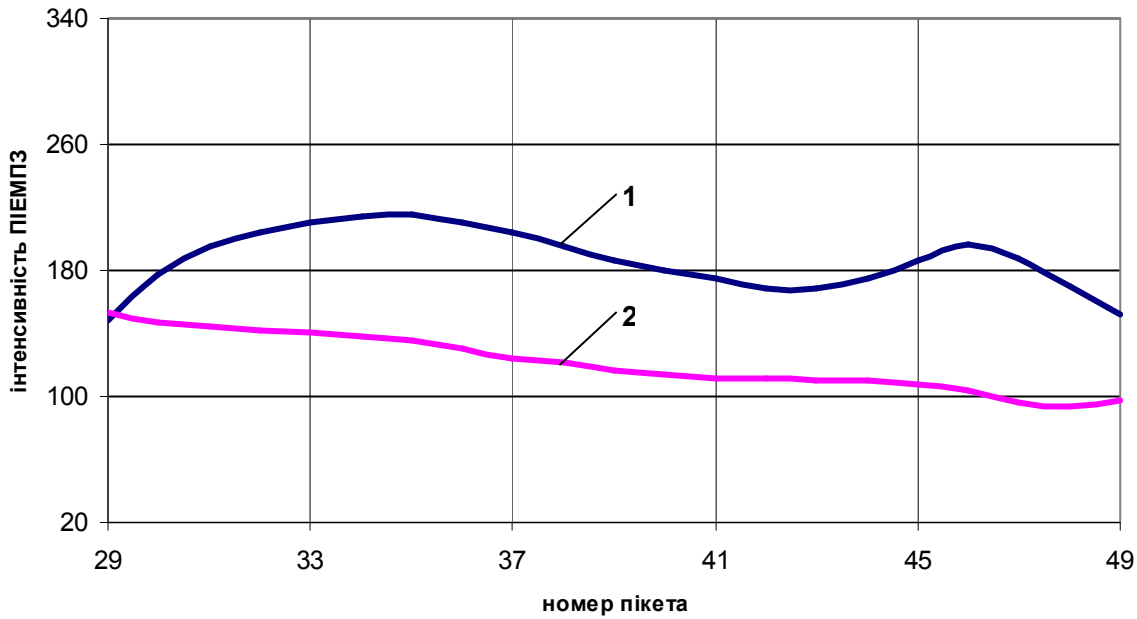


Рисунок 1 — Карта ізолій середньої інтенсивності ПЕМПЗ, що характеризує поверхні вогнища НДС (60-100 м) на площі Богородчанського ПСГ

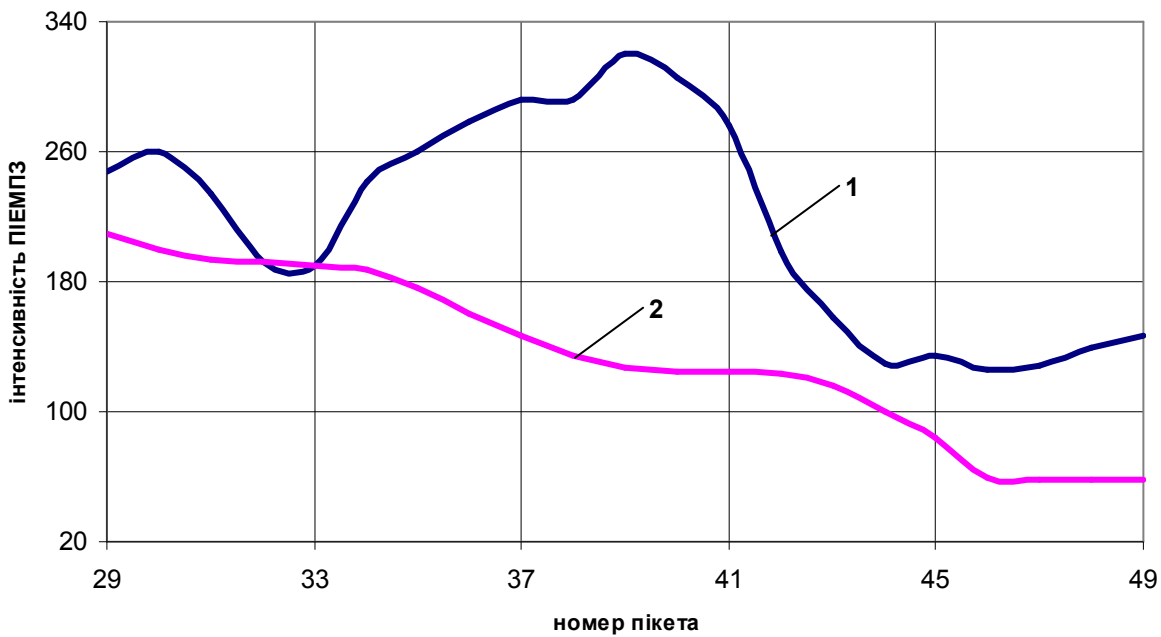
ються ступенем порушення структури [9]. Для зон жорсткості і пластичності структурні зв'язки ще не порушені або вже частково порушені. У зоні повзучості процеси порушення структури відбуваються найбільш інтенсивно [7].

Порушення структурних зв'язків супроводжуються утворенням мікро- і макротріщин у твердій фазі гірських порід і зміною концентрації іонів дифузійного шару і рідкій фазі. Обидва процеси призводять до появи імпульсів електромагнітного поля. У зоні жорсткості під-



1 – незаповнене сховище; 2 – заповнене сховище

**Рисунок 2 — Інтенсивність ПЕМПЗ, що характеризує глибинні вогнища напружено-деформованого стану Богородчанського газосховища на ділянці довжиною 100 м**



1 – незаповнене сховище; 2 – заповнене сховище

**Рисунок 3 — Інтенсивність ПЕМПЗ, що характеризує поверхневі вогнища напружено-деформованого стану Богородчанського газосховища на ділянці довжиною 100 м**

вищуються внутрішні механічні порушення, які також стимулюють появу імпульсів електромагнітного поля. Отже, на початковій стадії утворення зсуву спостерігається зміна параметрів ПЕМПЗ, за допомогою яких можемо визначити межі ймовірного зсуву і об'єм гірської породи, яка буде задіяна в зсуві. Маючи механічні та силові фактори зсувного тіла, можна

визначити, які навантаження воно буде створювати на ґрунт та різні інженерні споруди на шляху свого руху.

Таким чином, використання методу ПЕМПЗ на зсувонебезпечних ділянках газопроводів дає можливість здійснювати контроль за навантаженістю на труби і в поєднанні з методиками оцінки міцності та профілактик-

чними заходами забезпечити їх надійну довготривалу експлуатацію.

### Література

1. Воробйов А.А. Равновесие и преобразование энергии в недрах. – Томск: Изд-во Томского ун-та, 1980. – 211 с.
2. Бессмертный А.Ф., Саломатин В.Н. Решение инженерно-геологических задач на основании результатов наблюдений естественно-го импульсного электромагнитного поля Земли // Геофизический журнал НАН Украины. – 1999. – № 1. – Т. 21. – С. 119-126.
3. Матов Ш.Р., Саломатин В.Н., Яворович Л.В. Выявление степени деформации участков оползня методом регистрации импульсов электромагнитного поля // Инженерная геодезия. – 1983. – № 2. – С. 98-101.
4. Саломатин В.Н. Закономерности геологических процессов и явлений, их связь с импульсной электромагнитной эмиссией: Докт. дисс. .... – Симферополь, 1987. – 412 с.

них доліт порівняно із закордонними аналогами. Статистика свідчить, що на буріння однієї глибокої свердловини (понад 4500 м) у середньому

5. Ерыш И.Ф., Саломатин В.Н. Оползни Крыма. Часть 2. Методы изучения оползней. – Симферополь: Апостроф, 1999. – 175 с.
6. Справочник по математическим методам в геологии / П.А.Родионов, Р.И.Коган, В.А.Голубева и др. – М.: Недра, 1987. – 335 с.
7. Тер-Степанян Г.И. Геологические основы анализа оползневых процессов и их применение при установлении механизма оползней, обвалов и селевых потоков / Вып. 2. – М.: Изд-во МГУ, 1976. – С. 98.
8. Тер-Степанян Г.И. Новые методы изучения оползней. – Ереван: Изд-во АН АрмССР, 1978. – С. 135.
9. Саломатин В.Н., Матов Ш.Р., Защинский Л.А. и др. Методические рекомендации по изучению напряженного состояния пород методом регистрации естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ). – Симферополь: КИПКС, Союз НИО Крыма, 1991. – 88 с.

УДК 622.24.051

## СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ РСД-ДОЛІТ

<sup>1</sup>О.Т.Драганчук, <sup>2</sup>Т.О.Пригорювська

<sup>1</sup>НАК “Нафтогаз України”, 01001, м. Київ, вул. Б. Хмельницького, 6, тел. (044) 4612422  
e-mail: public@ifdtung.if.ua

<sup>2</sup>ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422)  
e-mail: spring@ifdtung.if.ua

*Рассмотрены пути усовершенствования РСД-долот ведущих фирмами-производителями мира. Приведены отдельные новые конструкторские и технологические мероприятия, повышающие работоспособность долот. Обоснована необходимость учёта зарубежного опыта долотостроения отечественными производителями.*

*The ways of PDC-bits improvement by the leading firms of the world are considered. Some new design and technological measures to raise working ability of the bits are described. Necessity of due account of foreign experience by home bit producers is substantiated.*

Сьогодні більшість родовищ, що перебувають в експлуатації, характеризуються значною вичерпаністю (до 80% і більше) запасів нафти і газу, що вимагає введення в експлуатацію нових родовищ. Зростання обсягів буріння, а також глибин буріння висуває нові вимоги до породоруйнівного інструменту, від якості і технічних характеристик якого залежить економіка бурових робіт. Створення ефективного породоруйнівного інструменту – один з розділів широкої комплексної проблеми, розв'язання якої забезпечить перехід на нові високопродуктивні та економічні системи розробки нафтових і газових родовищ. Порівняльна оцінка параметрів буріння з використанням доліт вітчизняної конструкції та доліт компанії Reed-Hycalog [1] свідчить про досить низьку стійкість вітчизня-

зараз витрачають: у США – 19 доліт, у Європі – 60 доліт, у країнах СНД (у тому числі і в Україні) – близько 300 доліт [2]. В останні роки через низьку об'єктивних причин економічного характеру і недостатню увагу вітчизняних виробників бурового інструменту до нових наукових розробок якість виготовлення і показники роботи вітчизняних доліт значно знизилась порівняно з долотами провідних закордонних фірм. Перспективним та комерційно доцільним є застосування доліт, оснащених РСД-різцями, що яскраво демонструють результати відпрацювання таких доліт на переважно твердих породах – у Північному морі та на переважно м'яких – у північній Америці [3]. Такі долота виявилися конкурентоспроможними в традиційних областях застосування шарошкових доліт. Полікрис-