

УДК 550.832

ANALYSIS THE EFFICIENCY OF USEED THE RESULTS OF ACOUSTIC LOGGING IN CASED WELLS AT DNIPROVO-DONETSKA FOREDEEP

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ АКУСТИЧНОГО КАРОТАЖУ В ОБСАДЖЕНИХ СВЕРДЛОВИНАХ ДНІПРОВО-ДОНЕЦЬКОЇ ЗАПАДИНИ

Kashuba G.O. / Кашуба Г.О.

s.geol.s. / к.геол.н.

Public Company «Ukrigasvydobuvannia»,

Kyiv, 26/28 Kudriavska str., 04053

ПАТ «Укргазвидобування»,

Київ, вул. Кудрявська 26/28, 04053

Fedoriv V.V. / Федорів В.В.

s.geol.s., as.prof. / к.геол.н., доц.

Ivano-Frankivsk national technical university of oil and gas

Ivano-Frankivsk, Karpatskaya 15, 76019

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,

Івано-Франківськ, вул. Карпатська 15, 76019

Анотація. У роботі розглядаються результати дослідження акустичними методами порід-колекторів, які розташовані в умовах необсаджених та обсаджених свердловин. Враховуючи те, що на даний час буріння свердловин проводиться в дуже малих об'ємах, виникає необхідність проводити переінтерпретацію результатів геофізичних досліджень свердловин старого фонду нафтогазових родовищ України з метою виявлення нових перспективних на нафту і газ об'єктів. Тому постає питання достовірності отриманих результатів дослідження акустичним методом обсаджених свердловин.

У результаті порівняльного аналізу встановлено, що результати досліджень акустичного методу в обсаджених свердловинах можна використовувати при визначенні колекторських властивостей порід-колекторів Дніпрово-Донецької западини.

Ключові слова: обсаджена, необсаджена, свердловина, акустичний метод

Вступ.

Акустичний каротаж на сьогоднішній час є одним із перспективних методів геофізичних досліджень свердловин при вивченні порід-колекторів складної геологічної будови. Даний метод базується на зміні пружних властивостей гірських порід. Пружні властивості гірських порід безпосередньо пов'язані з їх фізико-механічними властивостями, пористістю, особливістю структури порового простору та типом флюїду, що насичує поровий простір.

Огляд літератури.

Великий вклад у розвиток акустичного каротажу було зроблено Є.В. Карусом [1, 2]. Зокрема Є.В. Карусом було створено перший трьохелементний зонд акустичного каротажу.

Стан розробок і використання вітчизняних приладів АК змінився у 90-ті роки після появи цифрової обчислювальної техніки. Численні спроби модернізації приладів попереднього покоління (АКВ-1, АКШ, АК-4, МАК-5, АК-П і ін.) з метою цифрової реєстрації повних хвильових пакетів не знаходять широкого використання, що пов'язане з проблемами розділення хвильових пакетів на типи хвиль [3] та надійністю визначення початку хвильової картини [4].

На сьогоднішній час особливу увагу набуває апаратура АМАК багатозондового акустичного каротажу, яка дозволяє вирішувати великий спектр як геологічних так і технічних задач [5, 6]. Необхідно відмітити, що використовуючи дану апаратуру, акустичні дослідження свердловин можна проводити як у необсаджених так і в обсаджених свердловинах [7, 8, 9].

Основний текст.

Враховуючи те, що на даний час буріння свердловин проводиться в дуже малих об'ємах, виникає необхідність проводити переінтерпретацію результатів геофізичних досліджень свердловин старого фонду нафтогазових родовищ України з метою виявлення нових перспективних на нафту і газ об'єктів. Тому постає питання достовірності отриманих результатів дослідження акустичним методом обсаджених свердловин.

Аналіз стану родовищ та проведених промислово-геофізичних робіт на них дозволяє виділити такі основні проблеми та недоліки у результаті яких неможливо коректно оцінювати колекторські властивості:

- 1) Наявність сталюї колони, особливо, із поганим щепленням цементного каменя із нею;
- 2) Відсутність низки основних методів ГДС у старому комплексі (при виконанні старого комплексу ГДС відсутні такі основні методи як АК, ІК, а інколи МБК, БК та ін.);
- 3) Недосконалість методичних підходів до інтерпретації.

Якщо третю причину можна виправити, то перші дві є незалежними від нас і їх потрібно вирішувати за допомогою нових технічних засобів

дослідження свердловин через сталі колони.

Розглянемо свердловину, яка обсаджена зацементованою металічною колоною. У такій свердловині розповсюджуються ті ж хвилі, що і в необсадженій свердловині. Однак просторове часове розподілення енергії імпульсу, випроміненого в такій свердловині, характеризується появою специфічних хвиль, які пов'язані з коливанням, що виникають в обсадній колоні та цементному камені.

У залежності від поставленої геофізичної задачі хвилі кожного типу можуть розглядатися або як корисний сигнал, або як перешкода. Наприклад, при вивченні акустичних властивостей розрізу хвиля, яка розповсюджується по колоні, розглядається як перешкода, а при цементометрії – як корисний сигнал.

Динамічні (інтенсивність) і кінематичні (швидкість) характеристики хвиль основних типів при фіксованій базі спостереження визначаються, в першу чергу, щільністю (довершеністю) механічного і акустичного контакту на границях цементного каменя з колоною і з породою, співвідношенням хвильових опорів ρv (де ρ – щільність середовища, v – швидкість розповсюдження пружної хвилі в ньому) в контактуючих ділянках, а також відношенням довжини падаючої хвилі до товщини колони і цементного каменя.

Розрахунки проведені в роботі [10] і експериментальні дані дозволяють окремо розглядати характер хвильового поля для п'яти найбільш простих, але достатньо характерних випадків цементування затрубного простору:

- 1) жорсткий контакт цементного каменя на границях з обсадною колоною і гірською породою;
- 2) жорсткий контакт цементного каменя з гірською породою але ковзаючий з колоною;
- 3) жорсткий контакт цементного каменя з колоною, але ковзаючий з гірською породою;
- 4) ковзаючий контакт цементного каменя (в заданому інтервалі) як з колоною, так і гірською породою;
- 5) в затрубному просторі цементний камінь відсутній і зазор між

колоною і стіною свердловини заповнений рідиною, тобто контакт на границі колона – порода ковзаючий.

Безпосередньо до задач акустичного каротажу через обсадну колону і цементне кільце важливо оцінити різницю швидкостей та коефіцієнтів затухання, одержаних на частотах нижче 10–15 кГц в обсаженій і необсаженій свердловинах. Аналіз результатів лабораторних і свердловинних досліджень показують, що при частотах нижчих 15 кГц обсадна колона, що жорстко зв'язана з цементом і породою, декілька зменшує абсолютний рівень амплітуд, змінює спектр імпульсу в сторону зменшення переважаючої частоти и практично не впливає на значення інтервальних швидкостей і коефіцієнтів затухання головних $P_0P_1P_0$ і $P_0S_1P_0$ хвиль. Власне ці результати послужили основою для утворення в колишньому СРСР низькочастотного акустичного каротажу обсаджених свердловин [10].

Аналіз експериментальних лабораторних і свердловинних даних показує [10], що при не досить жорсткому щепленні (наприклад, через глинисту кірку) між цементним кільцем і породою стержнева хвиля (по колоні і цементі) затухає на декілька більшій відстані, ніж при ковзаючому контакті. Однак з точки зору виділення хвилі, яка розповсюджується по породі, цей випадок є таким же складним, як і у випадку ковзаючого контакту. Найбільш швидко ця хвиля затухає при жорсткому контакті. З метою надійного виділення хвилі, яка розповсюджується в гірській породі, на фоні хвилі, яка розповсюджується по колоні, акустичні вимірювання в інтервалах нежорсткого прилягання колони до цементного каменю доцільно проводити під підвищеним гідростатистичним тиском на колону. Приклади технічної реалізації таких вимірів наведені нижче.

Для різних випадків кріплення затрубного простору групою авторів на чолі із Івакіним Б.Н. проводилось вивчення кінематичних і динамічних параметрів хвиль, які проходять по колоні і цементному кільці, на основі спектрального аналізу реальних хвильових картин, зареєстрованих в обсаджених свердловинах в інтервалах неякісного цементування. Вибиралися ділянки свердловин в інтервалах рівного стовбуру, а також розміщені навпроти каверн

різноманітного радіусу (тобто, при різноманітній товщині цементного кільця).

Підтвердженням загальних висновків є отримані нами результати у свердловині 3–Північно-Коробочкинська (Рис. 1).

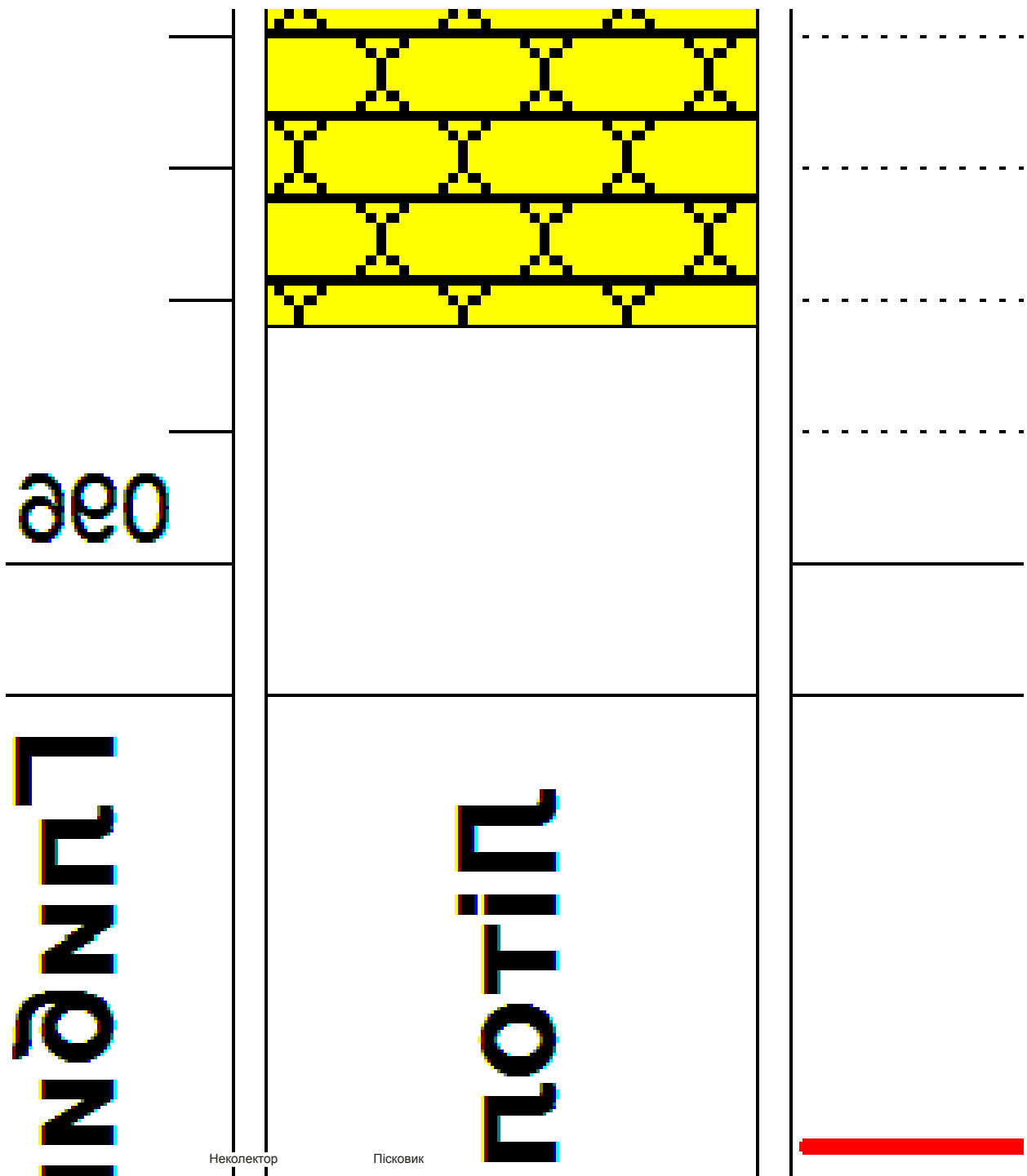


Рисунок 1 – Порівняння інтервального часу розповсюдження повздовжньої хвилі отриманого серійною апаратурою у незакріпленій свердловині та АМАК–2 у обсадженої свердловині стальними трубами

Дослідження апаратурою АМАК–2 проводилися у технічній колоні та зіставлялися з кінематичними характеристиками повздовжньої хвилі

отриманими серійною апаратурою у незакріпленій свердловині. Слід відмітити дуже добре співпадіння інтервальних часів повздовжньої хвилі (ΔT_n) отриманих різною апаратурою та при різних умовах дослідження (закріплена та незакріплена свердловина). Слід відмітити, що на виміри АМАК–2 не впливають умови щеплення цементного каменю із колоною та породою. Навпроти виділених, за даними комплексу ГДС, порід-колекторів спостерігається співпадання кінематичних характеристик повздовжньої хвилі незалежно від щеплення цементного каменю.

Безпосередньо до задач акустичного каротажу через обсадну колону і цементне кільце важливим було обґрунтувати та показати на реальних матеріалах, що різниці кінематичних параметрів та, в деякій мірі динамічних, одержаних на частотах нижче 10–15 кГц в обсаджений і необсаджений свердловинах практично немає.

Оскільки основна задача при дослідженні обсаджених свердловин методом АК є визначення коефіцієнта пористості, то необхідно провести аналіз достовірності отриманих результатів.

Наші дослідження показують, що при визначенні пористості за даними інтервального часу повздовжньої хвилі, отриманої в умовах обсадженої свердловини, потрібно розглядати два випадки:

- 1) визначення K_n за даними ΔT_n відразу після спуску обсадної колони;
- 2) визначення K_n за даними ΔT_n після розформування зони проникнення (на старих родовищах).

Розглянемо перший випадок. Для визначення коефіцієнту пористості в даному випадку можна використати загальновідоме рівняння Віллі-Грегори [11]. Основою для такого твердження служить ще не розформована зона проникнення фільтрату бурового розчину в пласт. Тобто умови дослідження доволі близькі, як і в необсадженому стовбурі свердловини – поровий простір породи-колектора займає рідкий флюїд.

Практично всі різновиди рівняння Віллі-Грегори передбачують оцінку пористості у необсаджений свердловині і в умовах обсадженої – будуть не

самодостатніми, тобто такими, які потребують використання того чи іншого геофізичного параметру.

З метою правомірності використання рівняння Віллі-Грегорі при обсадженій свердловині нами проведено визначення пористості за результатами досліджень в обсадженій та необсадженій свердловинах Північно-Коробочкинського родовища. На рисунку 2 показано їх співставлення між собою.

Досить тісний кореляційний зв'язок основної групи точок (Рис. 2) підтверджує можливість визначення коефіцієнтів пористості у обсадженій свердловині при не розформованій зоні проникнення.

Розглянемо другий випадок - визначення K_n за даними Δt_p після розформування зони проникнення.

У літературі [6] відмічено випадки коли результати дослідження методом АК в необсадженій та обсадженій свердловинах, на окремих інтервалах розрізу, не співпадають. Як причина цьому дослідники наводять дуже багато факторів, основні із яких ми пререрахуємо:

- неоднакові умови розміщення свердловинних приладів відносно осі свердловини;
- різні кінематичні і динамічні ефективності акустичних ізоляторів;
- неоднакова точність обробки за допомогою обчислювальних пристроїв і т.д.

Безперечно, певною мірою, вони всі впливають на точність оцінки кінематичних і динамічних характеристик головних хвиль. Але ці фактори мають місце і при дослідженні необсаджених свердловин, де спостерігається ідентичність записів. В іншому випадку різні прилади неможна розглядати як вимірювальні пристрої, а просто – як індикатори фізичної величини.

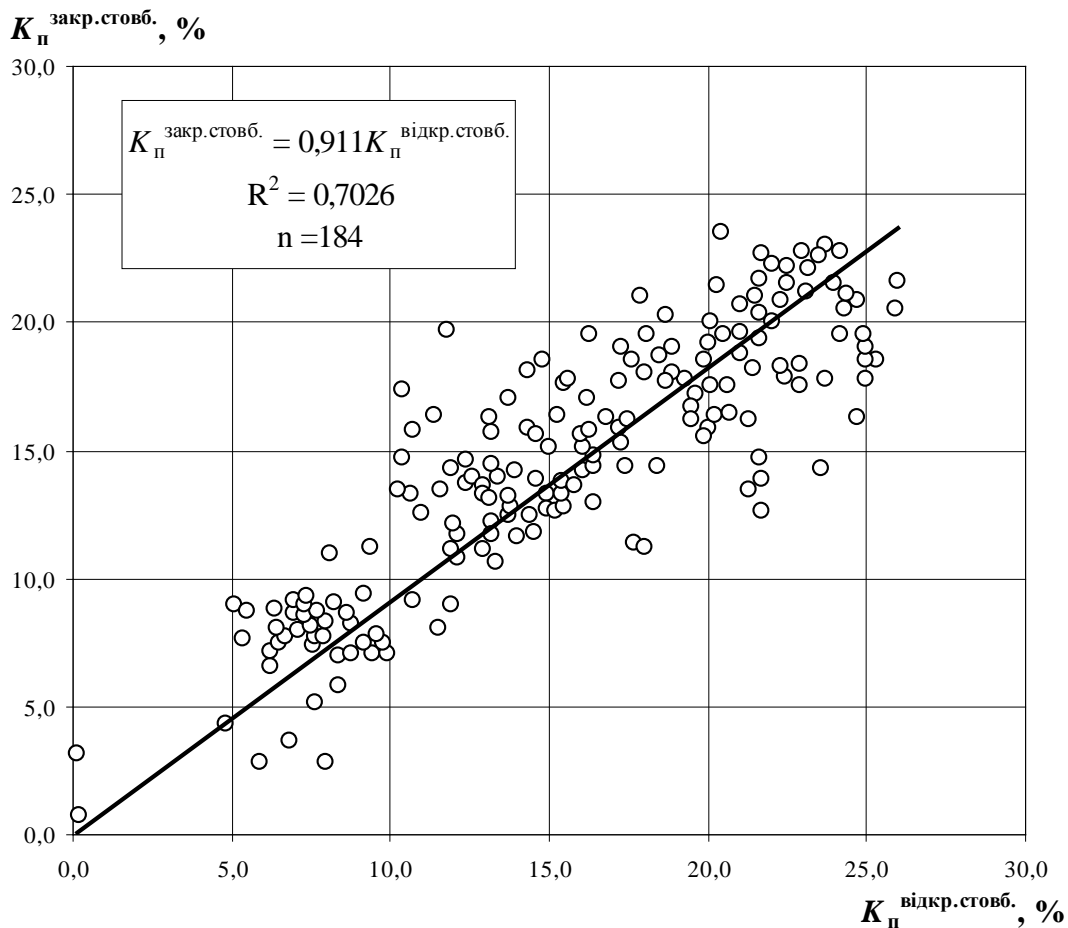


Рисунок 2 – Співставлення коефіцієнтів пористості визначених за даними АК проведеними у обсаджений ($K_{п}$ закритий стовбур) і не обсаджений ($K_{п}$ відкритий стовбур) свердловині

На нашу думку суть даної проблеми полягає в іншому. Основою для такого твердження служить розформована зона проникнення фільтрату бурового розчину в пласт. Тобто умови дослідження стають різними в порівнянні із необсадженим стовбуром свердловини. Порувий простір породи-колектора при дослідженні необсадженого стовбура займає рідкий флюїд (фільтрат бурового розчину), а в обсаджений свердловині (після розформування зони проникнення) можуть мати місце три випадки:

- порувий простір насичений газом;
- порувий простір насичений нафтою;
- порувий простір насичений пластовою водою, яка згідно пружних властивостей не відрізняється від фільтрату бурового розчину.

Другий та третій випадок передбачають наявність у поровому просторі рідини і на зміну ΔT_p практично впливати не повинні. У першому випадку заміна пластової води газом безперечно призведе до збільшення ΔT_p , у порівнянні з таким отриманим для необсадженої свердловини, що є власне основою якісної оцінки характеру насичення порід-колекторів за даними АК у обсадженої свердловині.

Висновки. Отже, коефіцієнт пористості порід-колекторів може визначатися при дослідженні методом АК у обсаджених свердловинах Дніпрово-Донецької западини. Коректність його визначення залежить, в основному, від вибору конкретної моделі (рівняння), яка враховує ті фактори, що мають місце при дослідженні.

Література:

1. Карус Е.В. Изучение физико-механических свойств горных пород при использовании геоакустических методов / Е.В. Карус // Геоакустика. М.: Наука, 1960. – С. 69–76.
2. Карус Е.В. Геоакустические исследования механических свойств горных пород, вскрытых скважинами. Дисс. на соиск. уч. степ, докт. физ.-мат. наук. М., ИФЗ АН СССР, 1966. 276 с.
3. Ахметсакфин Р.Д. Частотно-временное разделение волнового акустического каротажа ВАК / Р.Д. Ахметсакфин, А.А. Булгаков // НТВ“Каротажник”. – Тверь: Изд. АИС. – 2002. – Вып.90. – С. 46 – 49.
4. Федорів Р.Ф. Система автоматичного пошуку, виділення та відбору першого вступу сигналу акустичного зонда / Р.Ф. Федорів, Г.О. Кашуба // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. – М.: Івано-Франківськ. – 1997. – Вип. 34, том 1. – С. 131 – 142.
5. Аркадьев Е.А. Аппаратурно-методический комплекс многозондового акустического каротажа АМАК-2 / Е.А. Аркадьев, А.М. Блюменцев, Е.В. Забнев, В.П. Цирульников // НТВ “Каротажник”. – Тверь: “АИС”. – 2004. – Вып.122. – С.66-76.

6. Базин В.В. Обработка данных многоэлементного акустического зонда / В.В. Базин, Н.Е. Пивоварова // НТВ "Каротажник". Вып. 53. Тверь: ГЕРС. 1998. С. 82-86.

7. Белоконь Д.В. Акустические исследования нефтегазовых скважин через обсадную колонну / Д.В. Белоконь, Н.В. Козяр, Н.А. Смирнов // НТВ "Каротажник". – Тверь: ГЕРС. – 1996. – Вып. 29. – С. 8-30.

8. Карус Е.В. Акустический каротаж обсаженных скважин / Е.В. Карус, О.Л. Кузнецов // Изв. АН СССР. Сер. Физика Земли. – М.: Наука. – 1975. – №4. – С. 22–34.

9. Lavigne J C. Methods and apparatus for acoustic logging through casing. [Schlumberger Technology Corp.]: Пат. кл.340-15.5 ВН, (G01V1/40), №3909775 США / Lavigne J C.; Заявл. 26.10.73, № 409.788; Оpubл. 30.09.75.

10. Ивакин Б.Н. Акустический метод исследования скважин / Б.Н. Ивакин, Е.В. Карус, О.Л. Кузнецов // М.: Недра. – 1978. – 320 с.

11. Willie M.R.J. Elastic wave velocities in heterogeneous and porous media / M.R.J. Willie, A.R. Gregory, L.W. Gardner // Geophysics. – 1956. – V.21. – №1. – P. 41-70.

Annotation. In this paper, the results of study acoustic methods for rock-collectors, which are located in not cased and cased wells, are considered. Taking into account that at present drilling wells is carried out in very small volumes, there is a need to reinterpret the results of geophysical well researches in old fund oil and gas deposits at Ukraine in order to identify new promising oil and gas objects. Therefore, the question arises about reliability the results of acoustic method in cased wells.

As a result of comparative analysis, it was established that the results of acoustic method in the cased wells can be used for determining the collecting properties of reservoirs at Dniprovo-Donetska foredeep.

Keywords: cased, not cased well, acoustic method

Стаття відправлена 06.03.2019 р.

© Кашуба Г.О., Федорів В.В.